

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
PROGRAMA INTEGRADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E  
RECURSOS NATURAIS

**USO DO FINO DE CARVÃO VEGETAL E DA ADUBAÇÃO  
POTÁSSICA NA PRODUÇÃO DE BERINJELA (*Solanum melongena* L.)  
EM LATOSSOLO AMARELO ANTRÓPICO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

**JOSÉ DA CUNHA MEDEIROS JÚNIOR**

Manaus - Amazonas

Maio de 2007

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
PROGRAMA INTEGRADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E  
RECURSOS NATURAIS

**USO DO FINO DE CARVÃO VEGETAL E DA ADUBAÇÃO  
POTÁSSICA NA PRODUÇÃO DE BERINJELA (*Solanum melongena* L.)  
EM LATOSSOLO AMARELO ANTRÓPICO DA AMAZÔNIA CENTRAL**

**JOSÉ DA CUNHA MEDEIROS JÚNIOR**

Orientador: NEWTON PAULO DE S. FALCÃO

Co-orientadora: Sonia Sena Alfaia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO.

Manaus - Amazonas

Maio de 2007

À minha amada esposa Tatiana  
À linda filha Beatriz  
Aos amados pais José e Tamar,  
Aos amados irmãos Rafael e Thamara.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus pelo dom da vida e por ter me dado forças para ultrapassar todas as dificuldades impostas pela vida;

Ao Dr. Newton Paulo de Souza Falcão pela orientação e contribuição para minha formação profissional.

À Dra. Sonia Sena Alfaia pela co-orientação.

Aos funcionários do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, em especial aos técnicos do laboratório temático de Solos e Plantas

À coordenação de pós-graduação do curso de Agricultura no Trópico Úmido, pela oportunidade de participar do curso de mestrado. Em especial a Dra. Joana D'arc "in memoriam" e ao Coordenador Rogério de Jesus.

À FAPEAM por financiar o projeto de pesquisa (Pedologia, Fertilidade e Biologia de Solos Antrópicos (Terra Preta de Índio) na Amazônia Central – PIPT processo 816/04, e também pela bolsa de estudos concedida.

Aos demais amigos e parentes que torceram por esta conquista e pela realização profissional. Em especial, a Acácia Neves, pela contribuição para este trabalho.

À minha esposa, minha filha, meus pais, irmãos, pelo amor, carinho dedicação e compreensão, o que proporcionou a realização deste sonho.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pela oportunidade.

Aos agricultores da Costa do Açutuba que ajudaram no experimento.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação acadêmica.

## RESUMO

Na Amazônia, a maioria dos solos de terra firme apresenta boas características físicas e baixa fertilidade química natural. Nessas áreas, destaca-se a ocorrência de manchas de solos com horizonte superficial de cor escura, denominada Terra Preta, com elevados níveis de fertilidade, sendo por isso, utilizados para a exploração agrícola de forma ampla e intensa. Apesar disso, observa-se que estes solos apresentam uma redução de sua fertilidade natural após anos de intensa utilização agrícola, que afeta, principalmente, a disponibilidade de potássio. Dessa forma, torna-se necessário buscar alternativas de manejo da fertilidade desses solos. Nesse sentido, dado a alta disponibilidade de resíduos de carvão na região, foi conduzido este trabalho envolvendo doses de carvão e de potássio com o objetivo de avaliar os efeitos da adição do fino de carvão vegetal (resíduo) e de cloreto de potássio sobre a disponibilidade de nutrientes no solo, estado nutricional e na produtividade de berinjela (*Solanum melongena* L.). O experimento foi conduzido em Latossolo Amarelo com A Antrópico localizado no km 30 da Rodovia AM – 070, no Ramal da Serra Baixa, Município de Iranduba – AM, com coordenadas geográficas 03° 30' S e 60° 20' W. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao caso, em esquema fatorial 5x3, com quatro repetições, onde o primeiro fator testado foi o potássio aplicado como KCl nas doses de 0, 125, 250, 375, 500 kg ha<sup>-1</sup> e o segundo fator o carvão nas quantidades de 0, 5, 10 ton ha<sup>-1</sup>. Antes e depois do ensaio foram coletadas amostras de solos das camadas de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm de profundidade para análise da fertilidade. Na época da floração foram coletadas amostras de folhas para determinação da concentração de nutrientes. A cultivar de berinjela utilizada foi a Ciça. De forma isolada, as doses de KCl aumentaram o pH e os teores de K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup> e o Mn do solo, e também afetaram positivamente os teores foliares de Ca, Mg e K, porém reduzindo os de Zn e de Mn. Enquanto isso, o carvão afetou negativamente os teores de Mg<sup>++</sup> no solo e de Ca e Mg nas folhas. Houve interação entre os fatores de adubação em relação às variáveis concentração foliar de Mg, K e P e produtividade que, por sua vez teve resposta à adubação potássica de tendência quadrática crescente até a dose de 301 kg ha<sup>-1</sup> de KCl. Os melhores lucros foram obtidos com 375 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (Relação Benefício/Custo = 5,79) e com a combinação de 250 kg de KCl ha<sup>-1</sup> e 10 ton de carvão ha<sup>-1</sup> (Relação Benefício/Custo = 5,69).

## ABSTRACT

In the Amazonia, most of the soils of firm earth presents good physical characteristics and low natural chemical fertility. In those areas, it stands out the occurrence of stains of soils with superficial horizon of dark color, denominated Terra Preta (Anthrosol of Amazonia), with high fertility levels being, for that, used for the agricultural exploration in a wide and intense way. In spite of that, it is observed that these soils, they present a reduction of the natural fertility after years of intense agricultural use, that it affects, mainly, availability potassium. In that way it becomes necessary to look for alternatives of fertility management of those soils. In that sense, given the high availability of residues of charcoal in the area, this study was developed with doses of charcoal and of potassium with the objective of evaluating the effects of the addition of the fine charcoal (waste) and potassium about the availability of nutrients in the soil, nutritional state and in the eggplant productivity. The experiment was growth in an Terra Preta (Anthrosol of Amazonia) in the km 30 of Road AM - 070, in the Extension of the Serra Baixa district of Iranduba, AM with geographical coordinates 03° 30' S and 60° 20' W. The experimental design was in the casual blocks, in factorial 5x3, with four repetitions, where the first tested factor was the potassium in form of potassium chloride in five levels of KCl, 0, 125, 250, 375, 500 kg ha<sup>-1</sup> and the second tested factor was charcoal in three levels 0, 5, 10 ton ha<sup>-1</sup>. Before and after the experiment samples of soils of the 0 - 20 cm layers and 20 - 40 cm of depth were collected for fertility analysis. At that time of the flora samples of leaves were collected for obtain of the concentration of nutrients in the leaves. The variety of eggplant was Ciça. Doses of KCl increased the pH and K<sup>+</sup>, Mg<sup>++</sup> and Mn contents of the soil, and they also made positive the leaf content of Ca, Mg and K, however reducing the Zn and Mn. Meanwhile, the charcoal affected negative the contents of Mg<sup>++</sup> in the soil and of Ca and Mg in the leaves. There was interaction among the fertilizer and charcoal factors on the variables concentration of the leaf content of Mg, K and P and productivity that, for its time it had answer the KCl of growing quadratic tendency to the dose of 301 kg ha<sup>-1</sup> of KCl. The best profits were obtained with 375kg ha<sup>-1</sup> of KCl (Benefit/Cost = 5,79) and with the combination of 250 kg of KCl ha<sup>-1</sup> added of 10 ton ha<sup>-1</sup> of charcoal (Benefit/Cost = 5,69).

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Listagem dos tratamentos.....	26
Tabela 2. Resumo da planilha para a análise econômica.....	28
Tabela 3. Algumas características químicas do solo da área experimental nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, antes da instalação do experimento, Iranduba – AM, Março de 2005.....	30
Tabela 4. Algumas características químicas do fino de carvão utilizado no experimento, Iranduba – AM, Março de 2005.....	32
Tabela 5. Quantidades de nutrientes equivalentes às doses aplicadas do fino de carvão utilizado no experimento, Iranduba – AM, Março de 2005.....	33
Tabela 6. Valores dos quadrados médios das fontes de variação, grau de liberdade (GL) e coeficientes de variação, obtidos mediante análises da variância para os resultados analíticos das amostras de solo coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	35
Tabela 7. Valores dos quadrados médios das fontes de variação, grau de liberdade (GL) e coeficientes de variação, obtidos mediante análises da variância para os resultados analíticos das amostras de solo coletadas nas profundidades de 20 – 40 cm, Iranduba – AM, agosto de 2005.....	38
Tabela 8. Valores dos quadrados médios das fontes de variação, grau de liberdade (GL) e coeficientes de variação, obtidos mediante análises da variância para os resultados de teores de nutrientes nas folhas de berinjela Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	42
Tabela 9. Valores dos quadrados médios das fontes de variação, grau de liberdade (GL) e coeficientes de variação, obtidos mediante análises da variância para os resultados de produtividade de frutos de berinjela, Iranduba – AM, agosto de 2005.....	50

Tabela 10. Valores médios de produtividade, produção de frutos por planta, massa de frutos e número de frutos por planta de berinjela sob doses de cloreto de potássio e do fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	52
Tabela 11. Análise econômica por hectare do cultivo de berinjela submetido a doses de cloreto de potássio e do fino de carvão, Iranduba – AM, agosto de 2005, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	55
Tabela 12. Influência dos níveis de cloreto de potássio e do fino do carvão, sobre algumas características químicas do solo na profundidade de 0-20 cm, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	57
Tabela 13. Influência dos níveis de cloreto de potássio e fino do carvão, sobre algumas características químicas do solo na profundidade de 20 - 40 cm, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	58
Tabela 14. Influência dos níveis de cloreto de potássio e fino do carvão, sobre os teores de nutrientes nas folhas de berinjela, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	59
Tabela 15. Análise econômica detalhada para o cultivo de um hectare de berinjela em Latossolo Amarelo Antrópico, submetida a doses de potássio e do fino de carvão. Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	60



**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1.	Distribuição das áreas de Terra Preta mapeadas na Amazônia.....	16
Figura 2.	Estrutura aromática do carvão pirogênico.....	21
Figura 3.	Croqui experimental do delineamento fatorial 5 x 3.....	25
Figura 4.	Detalhe de parcela experimental.....	25
Figura 5.	Valores médios de $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ do solo na profundidade de 0 – 20 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	35
Figura 6.	Valores médios de $\text{Mg}^{++}$ do solo na profundidade de 0 – 20 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	36
Figura 7.	Valores médios de $\text{K}^+$ do solo na profundidade de 0 – 20 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	36
Figura 8.	Valores médios de $\text{Mg}^{++}$ do solo na profundidade de 0 – 20 cm sob doses do fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	37
Figura 9.	Valores médios de $\text{Mg}^{++}$ do solo na profundidade de 20 – 40 cm sob doses do fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	39
Figura 10.	Valores médios de $\text{K}^+$ do solo na profundidade de 20 – 40 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	39
Figura 11.	Valores médios de Mn do solo na profundidade de 20 – 40 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	40
Figura 12.	Valores médios dos teores de Ca contidos na folha de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	42
Figura 13.	Valores médios dos teores de Mg contidos na folha de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	43
Figura 14.	Valores médios dos teores de K contidos na folha de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	43

Figura 15. Valores médios dos teores de Zn contidos na folha de berinjela sob doses do cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	44
Figura 16. Valores médios dos teores de Mn contidos na folha de berinjela sob doses do cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	44
Figura 17. Valores médios dos teores de Mg contidos na folha de berinjela sob doses do fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	45
Figura 18. Valores médios dos teores de Ca contidos na folha de berinjela sob doses do fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	46
Figura 19. Superfície de resposta da interação de doses de KCl e doses do fino de carvão sobre o teor de P na planta de berinjela, Iranduba – AM, agosto de 2005.....	46
Figura 20. Superfície de resposta da interação de doses de KCl e doses do fino de carvão sobre o teor de Ca na planta de berinjela, Iranduba – AM, agosto de 2005.....	47
Figura 21. Superfície de resposta da interação de doses de KCl e doses do fino de carvão sobre o teor de Mg na planta de berinjela, Iranduba – AM, agosto de 2005.....	47
Figura 22. Valores médios de produtividade de frutos de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	50
Figura 23. Valores médios de produção de frutos por planta de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	51
Figura 24. Valores médios de número de frutos por planta de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.....	51
Figura 25. Efeito de doses de KCl dentro de doses do fino de carvão sobre a produtividade de frutos de berinjela, Iranduba – AM, Agosto de 2005...	53
Figura 26. Superfície de resposta da interação de doses de KCl dentro de doses do fino de carvão sobre a produtividade de frutos de berinjela Iranduba – AM, agosto de 2005.....	53

<b>SUMÁRIO</b>	
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos.....	14
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
3.1 Os Solos Antrópicos (Terra Preta de Índio) da Amazônia Central.....	15
3.2 Cultura da berinjela.....	22
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
4.1 Área de Estudo.....	24
4.2 Delineamento Experimental.....	24
4.3 Coleta de solos e análises químicas.....	26
4.4 Coleta de amostras de folhas e análise química.....	27
4.5 Análise do fino de carvão.....	27
4.6 Fertilização.....	27
4.7 Avaliação da produção.....	28
4.8 Análise econômica.....	28
4.9 Procedimentos Estatísticos.....	29
<b>5 RESULTADOS DISCUSSÃO</b> .....	<b>30</b>
5.1 Fertilidade do Solo da Área experimental.....	30
5.2 Algumas características químicas do fino de carvão vegetal utilizado.....	32
5.3 Efeito dos tratamentos em algumas características químicas do solo.....	34
5.4 Efeito dos tratamentos no estado nutricional das plantas.....	40
5.5 Efeito dos tratamentos sobre a produtividade da berinjela.....	48
5.6 Análise econômica.....	54
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>61</b>

## 1 . INTRODUÇÃO.

Os solos da planície amazônica utilizados para a agricultura podem ser divididos em dois grupos: solos de terra firme (>90%), que não sofrem influência das inundações provocadas pelos rios, e os solos de várzea, localizados em áreas sujeitas às inundações periódicas causadas pelos rios de águas brancas na época das cheias (Sioli, 1951; Junk, 1997).

A maioria dos solos de terra firme são geologicamente antigos e, em geral, apresentam boas características físicas e baixa fertilidade química natural. Devido ao alto grau de intemperismo, a maior parte destes solos apresentam acidez elevada e pouca disponibilidade de nutrientes, fazendo com que a produção agrícola na região dependa da adição de fontes orgânicas e inorgânicas de nutrientes para o aumento e a manutenção da fertilidade a longo prazo (Sanchez *et al.*, 1982; Alfaia & Souza, 2002). Os solos de várzea são mais férteis, dada a deposição de sedimentos quaternários holocênicos durante as inundações periódicas, resultando em uma camada nova de solo (Lima, 2001; Alfaia & Souza, 2002), porém limitantes para cultivos não tolerantes à saturação do solo durante certo período do ano (em geral, de quatro a seis meses).

Nas áreas de terra firme, destaca-se a ocorrência de manchas de solos com horizonte superficial de cor escura, com elevados níveis de fertilidade quando comparados com solos adjacentes, sendo, por isso, utilizados pelas populações amazônicas para a exploração agrícola de forma ampla e intensa, durante todo o ano (Kern & Kampf, 1989; Zech *et al.*, 1990; Falcão, 2001; Lima, 2001; Madari *et al.*, 2004). Estes solos são denominados localmente como Terra Preta de Índio ou Terra Preta. A atribuição antrópica é a teoria mais aceita para a origem desses solos, onde se encontra uma ocorrência grande de carvão pirogênico (carvão vegetal, carvão), de fragmentos de cerâmicas e materiais líticos, de resíduos de caça e pesca (Glaser *et al.*, 2001; Denevan, 2004). No caso dos solos de Terra Preta, possivelmente o carvão pirogênico seja oriundo de materiais orgânicos carbonizados provenientes, principalmente, da combustão incompleta de material vegetal usado em fornos de cozinhas durante assentamentos indígenas pré-colombiano e, em menor escala, da

prática de derruba e queima e de incêndios naturais (Fearnside *et al.*, 1999, 2000; Glaser, 2001; Kern *et al.*, 2004).

A manutenção de altos níveis de matéria orgânica estável e de nutrientes disponíveis em solos de Terra Preta está associada a uma grande e prolongada entrada de carvão pirogênico (Glaser *et al.*, 2001; Lehmann *et al.*, 2002, 2003b). Glaser *et al.* (2001) determinaram, com  $^{14}\text{C}$ , a idade de 1000 a 2000 anos para carvão pirogênico encontrado em solos de Terra Preta da Amazônia brasileira. A persistência do carvão pirogênico por um longo período sob condições tropicais úmidas e taxas de mineralização altas se deve à estabilidade química causada por sua estrutura aromática, o que limita a ação dos microrganismos decompositores do solo (Swift *et al.*, 1979; Seiler & Crutzen, 1980; Orjuela, 1989; Glaser *et al.*, 1998; Schmidt *et al.*, 1999; Trompowsky *et al.*, 2005). Graças à capacidade físico-química do carvão, a sua adição resulta em menor perda de nutrientes por lixiviação: 1) os nutrientes da solução do solo são retidos fisicamente nos micro e mesoporos da superfície do carvão e 2) ocorre uma lenta oxidação biológica nas bordas dos esqueletos aromáticos do carvão, produzindo grupos carboxílicos e um conseqüente aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) (Glaser *et al.*, 1998; Liang *et al.*, 2006).

Apesar do exposto anteriormente, observa-se que os solos de Terra Preta, assim como todos os solos de terra firme da região, apresentam uma redução de sua fertilidade química natural após anos de intensa utilização agrícola, ocasionada, sobretudo, pelos processos de lixiviação e de exportação de nutrientes via colheita que afeta, principalmente, a disponibilidade de potássio nos agrossistemas tropicais (Sombroek *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003a).

O potássio, ao contrário do nitrogênio e fósforo, não entra na formação de nenhum composto orgânico na planta. Sua função principal está ligada ao metabolismo da planta. Um adequado nível de K na planta aumenta a sua taxa fotossintética, reduz a velocidade de respiração, aumenta a síntese de proteínas, promove a turgidez dos tecidos (mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos), é responsável pela manutenção do potencial osmótico das células, favorece a translocação dos metais pesados dentro da planta, ativa as enzimas (são conhecidas mais de 40 enzimas ativadas pelo K) e controla suas velocidades de reação, melhora a textura das flores e aumenta a resistência às pragas (Malavolta, 1980; Homheld, 2005).

A adição de nutrientes na camada mais superficial do solo, onde ocorre uma maior concentração de raízes dos cultivos, é uma forma de manejo para aumentar a disponibilidade e o uso eficiente de nutrientes pelos cultivos e reduzir os efeitos da lixiviação. Em geral, duas principais práticas são utilizadas (Fageria, 1998; Lehmann *et al.*, 2003b): 1) a adição de nutrientes orgânicos através de esterco animal, cobertura verde/morta, compostos e vermicompostos; e 2) a adição de nutrientes inorgânicos, via fertilizantes químicos comerciais. Fertilizantes orgânicos promovem uma liberação mais lenta de nutrientes, o que leva a uma menor produção de resíduos contaminantes para o ambiente, e seu efeito sobre a fertilidade do solo ocorre e se mantém por um longo prazo, podendo ser elaborados a partir de resíduos vegetais e animais disponíveis na propriedade, reduzindo o custo de produção. Fertilizantes químicos promovem uma liberação rápida de nutrientes e devem ser aplicados repetidamente para suprir as necessidades nutricionais do cultivo. Quando aplicados contribuem para uma maior contaminação residual no ambiente e para uma menor eficiência agronômica e econômica.

Uma técnica recentemente resgatada<sup>1</sup> e estudada é a fertilização orgânica a partir da adição de carvão pirogênico moído em solos degradados ou em processo de degradação. Desta forma, busca-se aumentar a disponibilidade de nutrientes em solos pobres baseando-se no princípio que deu origem à Terra Preta, o que poderia representar uma alternativa de manejo sustentável para a agricultura na região amazônica. Por tratar-se de um estudo recente, faz-se necessário uma maior avaliação do efeito da adição de carvão sobre a fertilidade do solo e a produtividade e sustentabilidade dos cultivos.

---

<sup>1</sup> Acredita-se que esta prática já era utilizada pelos índios locais há séculos e para o mesmo fim (Steiner *et al.*, 2004).

## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos da adição do fino de carvão vegetal (resíduo) e de potássio sobre a disponibilidade de nutrientes no solo, estado nutricional e na produção de berinjela.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Avaliar os efeitos do fino de carvão, do potássio e da interação desses fatores sobre a produtividade da cultura e na nutrição das plantas de berinjela.
- Definir a proporção (combinação) do fino de carvão vegetal e de cloreto de potássio de maior eficiência econômica.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Os Solos Antrópicos (Terra Preta de Índio) da Amazônia Central

Os solos antrópicos ou solos de Terra Preta Arqueológica (Smith, 1980; Eden, *et al.*, 1984; Kern & Kampf, 1989) podem ser encontrados desde as Cordilheiras dos Andes até a Ilha de Marajó, no Oceano Atlântico, associados a uma variedade de solos e paisagens. Na Amazônia Central são conhecidos como Terra Preta de Índio ou Terra Preta e encontram-se principalmente sobre Latossolos, mas podem ser encontrados também sobre Nitossolos, Argissolos e Cambissolos (Smith, 1980; Lima, 2001; Kern *et al.*, 2004).

A descoberta das áreas de Terra Preta pelo homem não índio se deu no século XIX (Woods, 1995), mas, somente há aproximadamente 40 anos foram iniciadas as pesquisas científicas com relação as suas origens e suas propriedades físico-químicas, como também, a sua distribuição geográfica e suas características biológicas (Sombroek, 1966).

Na figura 1, se apresenta a distribuição das áreas de Terra Preta conhecidas na Amazônia (Glaser *et al.*, 2001). Apesar de haver uma grande quantidade de sítios arqueológicos já conhecidos na região, as áreas de Terra Preta ainda não se encontram totalmente mapeadas. Na Amazônia brasileira, a estimativa é que existam centenas de sítios espalhados pela região; em Caxiuanã (PA) foram descobertos 28 sítios arqueológicos com Terra Preta (Kern *et al.*, 1999).

Tem-se conhecimento de quatro diferentes teorias tentando explicar a origem das manchas de solos com horizonte superficial de cor escura e de alta fertilidade química quando comparados com solos adjacentes (Gourou, 1949; Kern & Kampf, 1989; Lima, 2001; Kern, 2002; Neves *et al.*, 2003): 1) antigos depósitos de cinzas vulcânicas; 2) deposição fluvial; 3) sedimentação no fundo de lagos antigos; 4) formação antrópica, resultante do uso contínuo do solo como lugar de residência ou de cultivo por períodos relativamente prolongados. Com o avanço da pesquisa pedológica em solos de terra preta, foi constatado que estes não diferem mineralogicamente dos solos adjacentes. Portanto, todas as hipóteses de



geogênese podem ser descartadas, reforçando o argumento da formação de terra preta por ação antrópica (Lima, 2001; Glaser *et al.*, 2004).

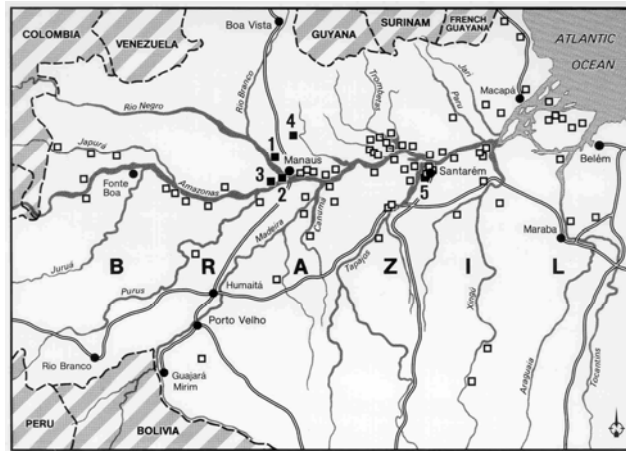


Figura 1. Distribuição das áreas de Terra Preta mapeadas na Amazônia. Fonte: Glaser *et al.*, 2001

As evidências da passagem do homem por essas áreas são os próprios elementos que faziam parte do cotidiano dos povos pré-colombianos da Amazônia (Kern, 2002). A matéria orgânica que deu origem a terra preta é composta principalmente por carvão e cinzas (principalmente de fornos de cozinha), por folhas que serviam para a cobertura das habitações, além de sementes, cipós e restos de animais (espinhas de peixes, ossos, carapaças, conchas), depositada em locais específicos da área.

Para Meggers *et al.* (1988), citados por Denevan (2001), o tamanho do sítio não refletiria uma continuidade na ocupação, mas sim uma seqüência de abandonos e reocupações do mesmo local por populações. No entanto, Roosevelt (1989) acredita que grandes sítios de Terra Preta refletiriam assentamentos humanos contínuos de longa duração.

Associados aos solos de Terra Preta, encontram-se solos de cor mais clara e de maior extensão, denominados de Terra Mulata (Sombroek, 1996; Woods & McCann, 1999). Em geral, a Terra Mulata está localizada entre a Terra Preta e o solo original e, devido suas características químicas (altas taxas de matéria orgânica, pouco ou nenhum fragmento de cerâmica, menores teores de P, Ca e Mg que as Terras Pretas, porém mais elevados que os solos adjacentes), acredita-se que os solos de Terra Mulata teriam se formado sob agricultura intensa (Sombroek, 1966; Denevan, 2001; Neves *et al.*, 2003).

Relatos históricos do século XVI atestam a existência de grandes assentamentos humanos localizados às margens do rio Amazonas e seus tributários (Denevan, 1996). A população que aí existia era sustentada por intensa agricultura em terra firme, caça e pesca, complementada por uma agricultura sazonal nas áreas inundáveis das várzeas. Várias formas de uso dos solos de terra firme poderiam ter sido praticadas (Denevan, 1998): 1) pomares caseiros, em que lotes permanentes são cultivados com espécies anuais e perenes, ao redor das casas, com intenso controle de invasoras e manejo do solo; 2) cultivo em manchas, em que o plantio de espécies úteis se dá em clareiras naturais, ou locais onde a vegetação é mais facilmente derrubada e 3) sistemas agroflorestais, em que há manipulação da floresta por adição de espécies úteis ou supressão de espécies indesejadas. Lotes seriam cultivados de maneira permanente ou semi-permanente, com o constante uso de fertilizantes orgânicos, aditivos inorgânicos, cobertura vegetal, uso do fogo, controle de pragas, doenças e plantas invasoras etc.

A derrubada da floresta com utensílios de pedra era muito dispendiosa em tempo e energia para ser efetuada constantemente e o modelo de cultivo itinerante que alterna curtos períodos de plantio com longos períodos de pousio é uma aquisição pós-conquista, quando a substituição dos machados de pedra por aqueles de metal torna a derruba da floresta menos laboriosa, favorecendo um maior uso dessa prática (Denevan, 1992).

O manejo dos agrossistemas associados ao extrativismo teriam contribuído para a criação de florestas antropogênicas, ou florestas semi-manejadas, com um grande número de espécies úteis agrupadas (Balée, 1989; Roosevelt, 1989; Denevan, 1998). Balée (1989) estima que essas áreas correspondam a, no mínimo, 12% da floresta amazônica brasileira, compreendendo os castanhais, as florestas de palmeiras, as florestas de cipó etc.

A coloração escura da camada superficial é o principal critério arqueológico para reconhecer e delimitar os solos com Terra Preta, os quais, na Amazônia, ocorrem em pequenas manchas de 2 a 3 ha, ocorrendo exceções, como no caso da Estação Científica Ferreira Penna - Floresta Nacional de Caxiuanã (PA), onde se pode encontrar manchas de Terra Preta maiores que 100 ha (Kern *et al.*, 1999; Woods & Mccann, 1999; Glaser *et al.*, 2001).

Estes solos para serem considerados antrópicos tem que apresentar um horizonte A antrópico que varia de 18 a 80 cm de profundidade (Kern *et al.*, 2004),

podendo alcançar até 2m (Smith, 1980;). A profundidade das camadas estaria relacionada com o tempo de ocupação humana e o número de indivíduos da aldeia (Smith, 1980; Kern, 1996). Estima-se que 1 cm de solo corresponderia a 10 anos de ocupação humana (Smith, 1980).

Estudos sobre a composição química de Latossolos Amarelos Antrópicos na região (Kern & Kämpf, 1989; Lima, 2001) avaliados segundo Cochrane *et al.* (1985), indicam os seguintes resultados para o horizonte (A):

- **pH do solo** - os valores de pH se situam entre teores considerados baixo e médio, variando de 4,0 a 4,6 em Oriximá – PA<sup>2</sup> e de 6,2 a 6,5 em Iranduba - AM<sup>3</sup>. O pH da Terra Preta foi até 1,5 vezes maior que os solos adjacentes.
- **Teor de cálcio** – Os teores de cálcio se situam acima do nível considerado alto, variando de 5,55 a 16,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Os teores de cálcio trocável da Terra Preta foram até 50 vezes maiores que os solos adjacentes.
- **Teor de magnésio** - Os teores de magnésio trocável no solo se situam acima do nível considerado alto, variando de 1,32 a 16,2 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.
- **Teor de alumínio trocável** - O alumínio trocável apresentou valores baixos a médios. Os valores observados variaram de 0 a 1,1 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>.
- **Teor de fósforo** - Os teores de fósforo se situam acima do nível considerado alto, variando de 139 a 321 mg/dm<sup>3</sup>.
- **Teor de potássio** - Os teores de potássio se situam entre baixo e médio, variando de 0,12 a 0,16 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, porém são mais elevados quando comparados aos solos adjacentes.

A alta fertilidade e sustentabilidade dos solos de Terra Preta se devem aos elevados níveis da matéria orgânica do solo (MOS), cuja fonte principal provém de resíduos orgânicos de combustão incompleta (carvão pirogênico, carvão vegetal ou carvão) (Glaser *et al.*, 2001; Lehmann *et al.*, 2002; Madari *et al.*, 2003; Zech *et al.*, 1990). Glaser *et al.* (2001) observaram uma quantidade cerca de 70 vezes maior de carvão pirogênico em Terra Preta e valores cerca de 6 vezes maior de MOS mais

---

<sup>2</sup> Kern & Kämpf (1989).

<sup>3</sup> Lima (2001).

estável que nos solos adjacentes sem horizonte antrópico (Glaser *et al.*, 2001). Estes solos estão sendo utilizados por produtores familiares da Amazônia, que conseguem obter alta produtividade sem a utilização de insumos ou com a utilização de uma quantidade bem menor de fertilizantes químicos (Sombroek *et al.*, 2002).

A MOS representa um papel importante no condicionamento de propriedades físicas e químicas em solos tropicais, como por exemplo, no incremento da capacidade de troca catiônica (CTC), na estruturação e retenção de umidade, além de constituir o principal compartimento para o carbono orgânico seqüestrado no solo (Orjuela, 1989; Batjes & Sombroek, 1997).

A degradação do solo reduz o conteúdo de MOS, o que repercute negativamente sobre a disponibilidade de nutrientes e o seqüestro de C, principalmente em agrossistemas terrestres (Lal *et al.*, 1997; Batjes & Sombroek, 1997). Práticas convencionais para a implantação e manutenção de agrossistemas geralmente promovem perdas de MOS ocasionadas (Oades, 1984; Lal *et al.*, 1997): 1) pela degradação acelerada do solo (erosão, compactação, ruptura de agregados); 2) pelo incremento das taxas de mineralização devido a mudanças no teor de umidade do solo, e 3) pelas baixas taxas de retorno da biomassa vegetal ao solo. A magnitude e velocidade com que se produzem estas alterações são determinadas, principalmente, pelo tipo de manejo e pelas características climáticas (Burke *et al.*, 1995). Assim, a seleção do tipo de fertilizante a ser empregado para recuperação e manutenção do estoque de nutrientes em agrossistemas deve considerar a estabilidade e a reatividade da MOS sob o ponto de vista agrônomo, econômico e ambiental, principalmente no que se refere às mudanças climáticas globais (Batjes & Sombroek, 1997).

O potássio é um dos nutrientes mais limitantes em agrossistemas subtropicais e tropicais, devido à remoção pelas plantas e exportação pela colheita e à lixiviação de nutrientes. Portanto a otimização do fornecimento deste nutriente é fundamental para aumentar a produtividade e reduzir os custos de produção (Malavolta *et al.*, 2002).

As quantidades de K lixiviadas perfil abaixo dependem (Malavolta *et al.*, 2002; Mielniczuk, 2005): 1) da quantidade de chuvas; 2) do teor de K solúvel e trocável; 3) do teor de matéria orgânica; 4) do conteúdo de argila e 5) da capacidade de troca do solo.

A demanda de potássio pelas plantas é elevada, constituindo-se de 1% a 6% (10 a 60 g kg<sup>-1</sup>) da matéria seca. Quando sua disponibilidade é baixa, o crescimento da planta é retardado, provocando uma queda na produção do cultivo (Mielniczuk, 2005), o que leva ao uso de fertilizantes químicos potássicos pelos produtores, mais comumente na forma de cloreto de potássio, com 62% de K<sub>2</sub>O.

Diminuição do teor de potássio também é observada em solos de Terra Preta cultivados seguidamente (Sombroek *et al.*, 2002, Lehmann *et al.*, 2003a). Há uma relação de antagonismo entre o potássio e o cálcio e magnésio porque utilizam os mesmos sítios de adsorção (Malavolta *et al.*, 2002). Como os solos de Terra Preta contêm altos teores de cálcio e magnésio, isto provavelmente seja um agravante para a eficiência da fertilização potássica nestes solos.

Uma alternativa para a reposição e manutenção de níveis altos de nutrientes em curto, médio e longo prazo é a adição de resíduos da produção de carvão vegetal (carvão moído e cinzas), sozinhos ou combinados com fertilizantes orgânicos e minerais (Glaser, 2002; Lehmann *et al.*, 2003b; Steiner *et al.*, 2004).

O carvão pirogênico, principal constituinte da MOS de Terra Preta, é formado por compostos orgânicos de alta resistência à decomposição, além de apresentarem grupos funcionais capazes de reter água e adsorverem substâncias orgânicas, reduzindo perdas de nutrientes por lixiviação, contribuindo para o aumento da CTC e para a estruturação do solo por meio da interação com a matriz mineral (Zech *et al.*, 1990; Piccolo *et al.*, 1997; Glasser *et al.*, 2001). Carvão pirogênico apresenta maior superfície trocável que o material vegetal não pirogênico decomposto devido à oxidação de C aromático e à formação de grupos carboxílicos (Glasser *et al.*, 1998).

A persistência do carvão pirogênico por um longo período sob condições tropicais de alta umidade e alta taxa de mineralização se deve à estabilidade química causada por sua estrutura aromática (Figura 2), aliada a uma grande quantidade de microporos, o que o torna inacessível para os microrganismos do solo, sendo por isso decomposto mais lentamente que outros materiais orgânicos (Glaser, *et al.*, 1998; Lehmann *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003b)

A composição química do carvão vegetal varia de acordo com o material de origem. Na Amazônia, Lehmann *et al.* (2003b) determinaram teores de 708 g C kg<sup>-1</sup>; 10,9 g N kg<sup>-1</sup>; 6,8 g P kg<sup>-1</sup>; 0,32 g Mg kg<sup>-1</sup>; 1,3 g Ca kg<sup>-1</sup> e 0,89 g K kg<sup>-1</sup>. Dada sua característica de alta estabilidade e reatividade, o carvão vegetal apresenta um grande potencial de uso como condicionador de solos tropicais fortemente

intemperizados, onde a fração argila apresenta baixa CTC (Steiner *et al.*, 2004), apresentando algumas vantagens:

- 1) Aumento do nível de MOS e da capacidade de retenção física e química de nutrientes, reduzindo perdas por lixiviação e aumentando a disponibilidade de nutrientes às plantas (Glasser *et al.*, 2001; Lehmann *et al.*, 2003b; Woods & Glaser, 2004).
- 2) Aumento da quantidade e estabilidade da MOS, o que contribui para um maior seqüestro de carbono (Batjes & Sombroek, 1997).
- 3) Aumento da germinação e da biomassa vegetal (Chidumayo, 1994).
- 4) Aumento da produção (Lehmann *et al.*, 2003a; Oguntude *et al.*, 2004).

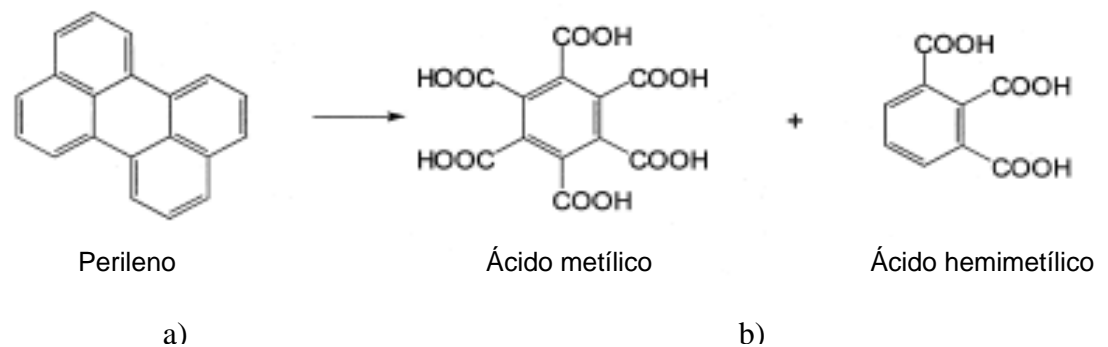


Figura 2. Estrutura aromática do carvão pirogênico (a) e grupos carboxílicos (b) gerados por oxidação, que contribuem para o aumento da CTC do solo. Fonte: Glaser *et al.* (1998).

Experimentos realizados, mostram aumento de até 324% (Oguntude *et al.*, 2004) do potássio disponível ao adicionar resíduo de carvão, devido as cinzas que fazem parte do resíduo de carvão e que inevitavelmente são adicionados ao solo, ao realizar esta prática (Glaser *et al.*, 2002; Steiner *et al.*, 2004).

O Brasil é o maior produtor mundial de carvão vegetal, com um sistema de produção bastante rudimentar, com baixo rendimento e taxa de conversão madeira-carvão (em torno de 35%) e condições de trabalho precárias, com alguns casos de

exploração de mão-de-obra infantil e escrava (ABRACAVE, 2002; Coelho, 2003). Durante o processo de produção de carvão, é perdida uma grande quantidade de carbono à atmosfera na forma de CO<sub>2</sub> via fumaça (Coelho, 2003), mas, atualmente, já existe tecnologia que reduz tais perdas (Syred *et al.*, 2006).

Em geral, do total de carvão vegetal produzido, apenas 85% são utilizados, pois o restante se quebra em pequenas partes ou se transforma em pó, ou fino de carvão (FC), não servindo para a geração de calor. Este resíduo poderia ser mais bem utilizado como fertilizante orgânico (Steiner *et al.*, 2004), o que seria altamente desejável e estratégico para a promoção da sustentabilidade em agrossistemas tropicais (Steiner *et al.*, 2004).

### 3.2 Cultura da berinjela

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma espécie da família Solanácea, originária de regiões tropicais do Oriente, sendo cultivada há muitos séculos por chineses e árabes (Filgueira, 2000). É arbustiva, com pouco mais de 1 m de altura, de caule semilenhoso e resistente. Apresenta ramificação lateral bem desenvolvida e seu sistema radicular pode chegar a 1 m, com maior concentração de raízes nas camadas mais superficiais. As flores são hermafroditas, ocorrendo autofecundação e baixa incidência de polinização cruzada. O fruto é uma baga carnosa, de formato alongado e cor variada, comumente escura.

Essa espécie necessita de temperaturas elevadas e bastante luminosidade ao longo do ciclo. Os solos excessivamente úmidos prejudicam a berinjela, sobretudo nas primeiras fases do desenvolvimento, por provocarem deficiência de oxigênio para as raízes (Carvalho, 2004), o que limita o cultivo de berinjela em solos amazônicos mais sujeitos à inundação, como em áreas de várzea. O pH ótimo está entre 5,5 e 6,8, o que limita o cultivo sustentável na maioria dos solos de terra firme da Amazônia, exceto em solos antrópicos onde os níveis de pH são mais elevados que os solos adjacentes.

A berinjela mostra a seguinte ordem decrescente de requerimento de macronutrientes: K → Ca → N → Mg → S → P. Na falta de informações regionais, Filgueira (2000) sugere a seguinte formulação de fertilizantes N-P-K (kg ha<sup>-1</sup>): 40 -

350 a 600 - 120 a 180. Segundo Raij *et al* (1996), a faixa de teores adequados de potássio em folhas de berinjela é de 35 a 60g kg<sup>-1</sup>.

Atualmente está havendo um aumento no consumo desta hortaliça, motivado pela procura por parte dos consumidores de produtos com propriedades medicinais. Neste aspecto, a berinjela se destaca pela sua propriedade redutora do nível de colesterol (Filgueira, 2000). O híbrido Ciça, lançado pela EMBRAPA em 1991, obteve uma grande aceitação junto aos produtores, dada a sua elevada precocidade e produtividade, tamanho do fruto e resistência a doenças. Com o híbrido Ciça, o produtor pode obter, em média, 23 frutos (5,85 kg) por planta e 267 g de massa média por fruto.



## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Área de estudo**

O experimento foi conduzido em Latossolo Amarelo com A Antrópico de uma propriedade agrícola à margem direita do Rio Negro com coordenadas geográficas 03° 30' S e 60° 20' W, com acesso via fluvial e terrestre através de entrada vicinal, com entrada no km 30 da AM – 070, no Ramal da Serra Baixa, Município de Iranduba. O clima apresenta duas estações bem definidas: uma estação seca (junho a outubro), com temperatura média máxima de 33° C, e outra estação chuvosa (novembro a maio), com temperatura média mínima de 23° C. A umidade relativa varia de 77% (agosto) a 87% (fevereiro). O regime pluviométrico anual fica em torno de 1800 a 2200 mm (SUDAM, 1984).

A área vem sendo utilizada seguidamente para a produção agrícola, com aplicação de fertilizantes químicos e uso intensivo de máquinas agrícolas, com cultivos intercalados de mamão, pimenta-de-cheiro, berinjela, maracujá e pimentão. Nos últimos dois anos a área foi cultivada com mamão e recebeu apenas fertilização orgânica de 3 kg de esterco bovino por cova.

### **4.2 Delineamento Experimental**

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao caso, em esquema fatorial 5x3 (Figura 3), com quatro repetições, onde o primeiro fator testado foi o potássio que foi aplicado na forma de cloreto de potássio (KCl) em cinco níveis de KCl, 0,125, 250, 375, 500 kg ha<sup>-1</sup> e o segundo fator testado foi o fino de carvão em três níveis: 0, 5, 10 ton ha<sup>-1</sup>; portanto, 15 tratamentos totalizando 60 parcelas experimentais (Tabela 1). Cada parcela foi constituída de 8 plantas, totalizando 480 plantas. Porém, foram avaliadas para a produção somente as plantas 2, 3, 6 e 7. as demais 1, 4, 5 e 8 foram usadas como bordadura. O espaçamento adotado foi de 2,0 m entre linhas e 0,8 m entre plantas. O tamanho de cada parcela foi de 3,2 m x

2,0 m, com área útil de 2,0 m x 1,6 m. Os detalhes das parcelas experimentais são mostrados na Figura 4 e o croqui experimental se encontra na Figura 3.

O solo da área experimental foi preparado com uma aração profunda, seguida de revolvimento, destorroamento e gradagem. A cultivar de berinjela utilizada foi a Ciça, desenvolvida pela Embrapa. Essa cultivar é bastante aceita pelos produtores da região produtora. As mudas foram produzidas em sementeira, onde o substrato utilizado foi a terra preta. Após oito dias, as mudas foram transplantadas para copos de plásticos individuais onde ficaram por mais 15 dias, quando foram transplantadas para o campo. Durante o ciclo, foram realizados todos os tratos culturais recomendados para o cultivo: tutoramento, eliminação das brotações laterais até a primeira bifurcação, capinas, irrigação e controle de pragas e doenças com agrotóxicos.

B-I	T11	T3	T15	T4	T2	T1	T9	T5	T12	T10	T6	T8	T7	T14	T13
B-II	T3	T15	T14	T13	T4	T2	T10	T1	T11	T12	T9	T7	T5	T8	T6
B-III	T9	T2	T3	T4	T11	T15	T10	T6	T13	T1	T5	T8	T14	T7	T12
B-IV	T6	T1	T3	T12	T11	T7	T10	T9	T14	T13	T4	T2	T5	T8	T15

Figura 3. Croqui experimental do delineamento fatorial 5 x 3

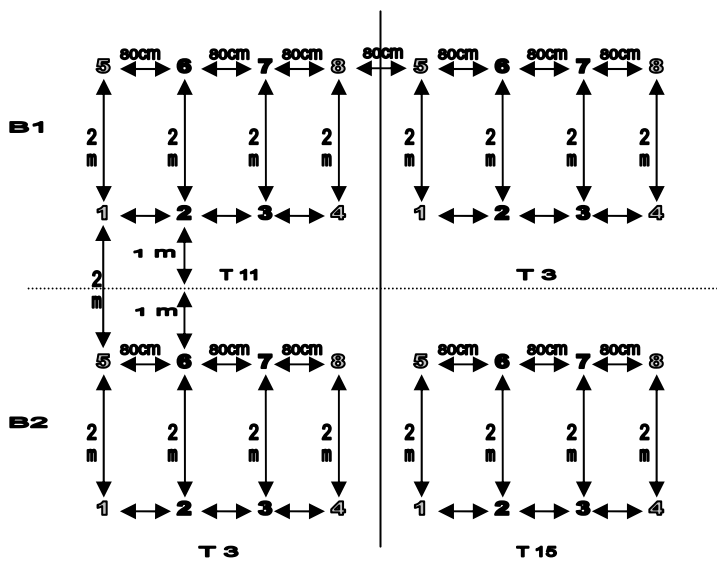


Figura 4. Detalhe de parcela experimental

Tabela 1. Listagem dos tratamentos

Trat.	KCl (kg/ha)	Fino de Carvão (Ton/ha)	Trat.	KCl (kg/ha)	Fino de Carvão (Ton/ha)
T1	0	0	T9	250	10
T2	0	5	T10	375	0
T3	0	10	T11	375	5
T4	125	0	T12	375	10
T5	125	5	T13	500	0
T6	125	10	T14	500	5
T7	250	0	T15	500	10
T8	250	5			

### 4.3 Coleta de solos e análises químicas

Amostras de solos das camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade foram coletadas em cada parcela experimental com o auxílio de um trado, antes e depois do ensaio, e durante a época de floração. Em cada parcela foram coletadas 4 amostras simples na projeção da copa para formar uma única amostra composta. Após a coleta, as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e transportadas para a casa de vegetação do CPCA/INPA, onde foram secas ao ar e homogeneizadas com uma peneira de 2 mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA).

Posteriormente, os solos dos diferentes tratamentos foram conduzidos ao laboratório de solos para análises químicas de pH (H<sub>2</sub>O), pH (KCl), P, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe (EMBRAPA, 1999).

#### **4.4 Coleta de amostras de folhas e análise química.**

No começo da frutificação foram coletadas amostras foliares (folhas recém maduras) (Malavolta *et al.*, 1997), para avaliar o estado nutricional das plantas. Cada 16 folhas, quatro para cada planta útil, representaram uma amostra composta por parcela. As amostras foram colocadas em sacos de papel devidamente etiquetados e secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, até atingir peso constante; em seguida foram moídas. Depois de moídas foram submetidas a uma digestão nitro-perclórica (Sarruge & Haag, 1974), obtendo-se um extrato no qual foram efetuadas as determinações analíticas dos teores de cálcio, magnésio, potássio, zinco, manganês e ferro por espectrometria de absorção atômica e o fósforo, por colorimetria. Os níveis adequados de nutrientes nas plantas de berinjela foram observados de acordo com Embrapa (1999).

#### **4.5 Análise do fino de carvão.**

Foram coletadas antes da aplicação ao solo, pequenas quantidades de 50 gramas de 20 sacos de resíduos, que formaram quatro amostras compostas. As amostras foram colocadas em sacos de papel devidamente etiquetados, secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, até atingir peso constante, em seguida foram moídas. Depois de moídas foram submetidas a uma digestão nitro-perclórica (Sarruge & Haag, 1974), obtendo-se um extrato no qual foram efetuadas as determinações analíticas dos teores de cálcio, magnésio, potássio, zinco, manganês e ferro por espectrometria de absorção atômica e o fósforo, por colorimetria.

#### **4.6 Fertilização.**

As doses do fino de carvão vegetal foram aplicadas na projeção da copa apenas uma vez, sete dias após o transplante das mudas para o campo. As doses de cloreto de potássio também foram aplicadas na projeção da copa, porém parceladas em duas vezes, sendo a primeira 10 dias após o transplante das mudas para o campo e a segunda, no início da frutificação. As doses potássio foram escolhidas segundo recomendação de Silva *et al.* (1999) que avaliaram o efeito de

três doses de cloreto de potássio e obtiveram como melhor produtividade 250 kg ha<sup>-1</sup>. Esta dose representou a dosagem média entre os tratamentos com adubação potássica.

#### 4.7 Avaliação da produção

Esta avaliação foi realizada semanalmente, durante sete semanas, a partir de 15 de junho de 2005.

Foram manualmente colhidos e mensurados, apenas os frutos comerciáveis, com comprimento superior a 15 cm (Antonini *et al.*, 2002), colocados em sacolas identificadas por cada planta e depois pesados.

Foram analisadas a produção em peso médio de frutos por planta, massa média dos frutos, número médio de frutos por planta, e a produtividade por hectare.

#### 4.8 Análise econômica

A avaliação econômica foi realizada a partir da análise demonstrada na seguinte planilha:

Tabela 2. Resumo da planilha para a análise econômica

Tratamento	Custo (A)	Receita bruta (B)	Lucro (B-A)
1.....15			

Onde:

Custo A = custo fixo + custo do tratamento individual

Custo fixo = implementação + capinas + pulverizações, irrigação etc.

Custo do tratamento individual = quantidade de carvão e de cloreto de potássio por tratamento + mão de obra para aplicação.

Receita bruta = produção por tratamento x preço por quilograma pago na propriedade.

#### **4.9 Procedimentos estatísticos**

Os resultados foram digitados em planilha eletrônica, e analisados pelo procedimento estatístico G.L.M. do programa S.A.S (S.A.S. Institute, 1999). Inicialmente utilizou-se o teste F, e em seguida, havendo significância, os dados foram submetidos a regressão polinomial (superfície de resposta), com o auxílio do procedimento estatístico RSREG. Os gráficos foram obtidos com o auxílio do programa Mathematica 5.2 (Wolfram Research, 2005).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Fertilidade do Solo da Área Experimental

Os resultados das análises de amostras de solo da área experimental coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm antes da instalação do ensaio constam na Tabela 3. Observa-se nesta, que em ambas as profundidades, os valores de  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  5,83 e 5,63 respectivamente, são considerados médios segundo Cochrane *et al.* (1985). Resultados semelhantes foram encontrados por Falcão & Borges (2006), em experimento realizado na mesma área. Por outro lado, altos teores de P disponível (Mehlich-1), estão acima do nível considerado alto conforme os critérios publicados por Cochrane *et al.* (1985). Em estudos com Terra Preta, outros autores também encontraram altos teores de P disponível (Mehlich-1), (Smith, 1980; Kern & Kämpf, 1989; Kern & Costa, 1997; Lima, 2001, Falcão & Borges, 2006; Silva, 2006). Estes altos teores de P encontrados em Terra Preta é um indicador químico de ação antrópica, já que a fonte primária do P presente nas áreas foram os resíduos domésticos incorporados aos solos pelas populações precolombianas, principalmente restos de peixe, ossos de mamíferos e quelônios (Kern & Kämpf, 1989; Lima 2001).

Tabela 3. Algumas características químicas do solo da área experimental nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, antes da instalação do experimento, Iranduba – AM, Março de 2005.

Profundidade	$\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$	$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	$\text{K}^+$	P	Fe	Zn	Mn
Cm	$\text{H}_2\text{O}$	-----cmolc $\text{kg}^{-1}$ -----			-----mg $\text{kg}^{-1}$ -----			
0-20	5,8	3,5	0,6	0,2	218	343	7,3	20,9
20-40	5,6	2,5	0,4	0,1	218	428	3,6	12,9

Análises realizadas no laboratório do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA/CPCA – Manaus – AM.

Observa-se que na profundidade de 0 - 20 cm, os teores de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{K}^+$  foram mais altos do que na camada de 20 - 40 cm, os quais se assemelham aos resultados relatados em trabalhos desenvolvidos por outros autores (Kern & Kämpf, 1989; Lima, 2001; Falcão & Borges, 2006). De acordo com os critérios de Cochrane *et al.* (1985), tanto na camada superficial (0 - 20 cm) como na subsuperficial (20 - 40 cm), os teores de cálcio encontrados (3,48 e 2,50  $\text{cmolc kg}^{-1}$ ) são considerados altos. Estes altos teores de cálcio trocável encontrados, principalmente na camada superficial, podem estar diretamente relacionados com a grande quantidade de resíduos orgânicos que foram depositados nessas áreas ao longo de centenas de anos (Kern, 2002). O alto teor de cálcio trocável tem sido utilizado para caracterizar áreas de Terra Preta, considerando que mais de 75% dos solos que predominam na Amazônia (Latosolos e Argissolos) não apresentam teores de  $\text{Ca}^{++}$  tão elevados quanto os encontrados nesses solos de origem antrópica (Sombroek *et al.*, 2002).

Os teores de Mg (0,58 e 0,42  $\text{cmolc kg}^{-1}$ ) respectivamente em ambas as profundidades analisadas, segundo os critérios de Cochrane *et al.* (1985), foram considerados médios, o mesmo ocorrendo com o teor de  $\text{K}^+$  obtido na camada de 0 - 20 cm (0,19  $\text{cmolc kg}^{-1}$ ), enquanto que, na profundidade de 20 - 40 cm o teor de  $\text{K}^+$  observado (0,13  $\text{cmolc kg}^{-1}$ ) é classificado como baixo. Valores semelhantes foram encontrados por Kern & Kämpf (1989), Lima (2001), Falcão & Borges (2006) e Silva (2006). Vários autores relatam que áreas de terra preta apresentam baixos níveis de potássio (Sombroek *et al.*, 2002; Falcão & Borges, 2006; Silva, 2006).

Falcão & Borges (2006) e Silva (2006) afirmam que, geralmente, existe um grande desequilíbrio no balanço nutricional nos solos classificados como Terra Preta, provocado pelos altos teores de P,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e baixo teor de  $\text{K}^+$ , sendo este último elemento um fator limitante para um melhor aproveitamento destas áreas.

Com relação aos micronutrientes analisados, os teores de zinco e manganês foram considerados satisfatórios em ambas as profundidades segundo os critérios de Cochrane *et al.* (1985); porém, na camada superficial foram encontrados valores mais altos.

O teor de ferro, em ambas as profundidades, está muito acima do considerado alto (Cochrane *et al.*, 1985).



## 5.2 Algumas características químicas do fino de carvão vegetal utilizado.

O fino de carvão utilizado foi adquirido na feira do carvão situado no bairro de Educandos da cidade Manaus - AM, este material não tem valor comercial e os comerciantes apenas cobram pelo saco que colocam o resíduo. Sendo assim, um saco com mais ou menos 25 kg custa 50 centavos de real. Não foi possível saber de que madeira se originou o material, nem a temperatura de carbonização, mas sabe-se que esses dois fatores influem muito nas características químicas do material carbonizado (Glaser *et al.*, 2002). Porém o objetivo deste estudo foi utilizar o resíduo da forma como ele é disponível, sem nenhuma seleção ou tratamento especial,

Na Tabela 4 encontram-se algumas características químicas do fino do carvão utilizado no experimento.

Tabela 4. Algumas das características químicas do fino de carvão utilizado no experimento, Iranduba – AM, Março de 2005

Material	C	N	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn
	-----g kg <sup>-1</sup> -----					-----mg kg <sup>-1</sup> -----		
Fino do Carvão	873	8,9	6,2	1,3	2,1	0,1	12	67

Análises realizadas no laboratório do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA/CPCA – Manaus – AM.

Nota-se na Tabela 4 que o teor de carbono encontrado no fino de carvão é bastante elevado. Não obstante, em um experimento desenvolvido na Guiana Francesa, Topoliantz *et al.* (2005), encontraram valores superiores a esses para C, N, P, K e Ca.

O alto teor de carbono e sua alta estabilidade causada por sua estrutura aromática, limita a ação dos microorganismos decompositores presentes no solo (Swift *et al.*, 1979; Seiler & Crutzen, 1980; Orjuela, 1989; Glaser *et al.*, 1998; Schmidt *et al.*, 1999; Trompowsky *et al.*, 2005) característica que pode ser usada no seqüestro de carbono no solo, contribuindo para a diminuição do efeito estufa (Glaser *et al.*, 2002 Lehmann, 2006). Este argumento também reforça um novo

modelo de agricultura para os trópicos úmidos, chamado de agricultura de corte e carbonização da biomassa, defendido por Glaser *et al.* (2002), Lehmann *et al.* (2002), Steiner *et al.* (2004), Lehmann (2006). Atualmente, o corte e queima da floresta vem sendo bastante utilizada, e está sendo muito criticada, principalmente pelas emissões de dióxido de carbono e pela não sustentabilidade do sistema, onde é necessário o abandono da área, após poucos anos de exploração (Fearnside, 2000).

Na Tabela 5 estão os valores dos nutrientes adicionados ao solo relacionados com as doses do fino de carvão utilizadas neste experimento.

Relacionando as grandes quantidades aplicadas do fino de carvão 5 e 10 toneladas, verifica-se que são baixos os teores de nutrientes que foram incorporados ao solo, discordando de Glaser *et al.* (2002) e Steiner *et al.* (2004), que afirmam que o carvão, além de ser um bom condicionador físico e químico, também poder ser considerado como uma boa fonte de nutrientes. Porém não foi levantado o tempo que o resíduo ficou exposto aos intempéries do ambiente, já que este resíduo foi coletado em plena época chuvosa em Manaus, e isso pode ter afetado a quantidade de nutrientes contidos no resíduo, em especial o potássio, pois autores como Glaser *et al.* (2002), Oguntude *et al.* (2004) e Steiner *et al.* (2004) comentam que as cinzas contidas no fino do carvão são uma boa fonte de potássio, sendo assim, a chuva pode ter contribuído com a lixiviação das cinzas e conseqüentemente do potássio, antes da sua aplicação ao solo.

Tabela 5. Quantidades de nutrientes equivalentes às doses aplicadas do fino de carvão utilizado no experimento, Iranduba – AM, Março de 2005

Fino do Carvão Ton ha <sup>-1</sup>	C	N	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn
	-----kg ha <sup>-1</sup> -----						-----g ha <sup>-1</sup> -----	
5	4366	44	31	6,5	10	0,8	60	335
10	8732	89	62	13	20	1,6	120	670

### 5.3 Efeito dos tratamentos em algumas características químicas do solo.

Nas Tabelas 6 e 7 são apresentados as fontes de variação, os valores dos quadrados médios, resíduos, grau de liberdade (GL) e coeficientes de variação, obtidos mediante análises da variância para os resultados analíticos das amostras coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm e 20 – 40 cm, respectivamente.

Na Tabela 6, na camada superficial do solo, observa-se que a adubação potássica afetou os valores de  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ , o  $\text{Mg}^{++}$  e o  $\text{K}^+$ , enquanto que a aplicação do fino de carvão afetou apenas o teor de  $\text{Mg}^{++}$ . Os demais parâmetros não foram afetados pela adubação potássica nem tampouco pela aplicação do fino de carvão. O  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  teve comportamento de natureza quadrática com o aumento das doses de cloreto de potássio (Figuras 5), indicando que existe uma dose máxima acima da qual o  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  diminui, a qual pode ser calculada por meio da equação obtida.

Quanto ao teor de  $\text{Mg}^{++}$  (Figura 6), o efeito das doses de KCl seguiu uma tendência polinomial cúbica, onde existe um valor inicial que evolui até um máximo, que tende a diminuir até outra determinada dose de onde o teor inicia outro seguimento de ascensão com doses crescentes de KCl. Neste caso, o teor de Mg aumenta ao máximo na dose de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl, a partir da qual há um decréscimo do teor até o mínimo ao redor da dose com  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl a partir da qual se inicia novo processo de incremento do teor de  $\text{Mg}^{++}$ .

Na Figura 7 nota-se o efeito quadrático invertido onde os teores de potássio aumentam com as doses crescentes de KCl se pronunciando a partir da dose de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl até o final do ensaio.

Em relação ao uso do fino de carvão, este proporcionou reposta quadrática negativa para o teor de magnésio (Figura 8). Ou seja, há uma pequena elevação no teor de Mg ao redor da dose de 5 toneladas de carvão que em seguida se reduz a medida que aumenta a quantidade do fino de carvão. Estes resultados estão, de certa forma, coerentes com Lehmann *et al.* (2002) quando afirmam que a adição de carvão em Latossolo Amarelo distrófico reduz os teores N e o de Mg e aumenta os de P, Ca e dos micronutrientes Mn e Cu. Por outro lado, Topoliantz *et al.* (2005) encontraram aumento na disponibilidade de Ca e Mg com o uso do carvão. Oguntude *et al.* (2004) relataram um aumento significativo na disponibilidade de potássio com a utilização de carvão vegetal, porém não ocorreu neste experimento.

Tabela 6. Valores dos quadrados médios das fontes de variação, grau de liberdade (G.L.) e coeficientes de variação, obtidos mediante análises da variância para os resultados analíticos das amostras de solo coletadas nas profundidades de 0 – 20 cm, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

Fontes de variação	G.L.	pH <sub>(H2O)</sub>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	P	Fe	Zn	Mn
K	4	0,20**	0,93	0,03*	0,67**	16691	21	53	126
C	2	0,04	0,88	0,04*	0,002	53480	4	11	86
C x K	8	0,08	0,09	0,0038	0,03	14828	17	13	187
Bloco	3	1,05	3,14	0,04	0,078	68753	175	249	601
Resíduo	42	0,06	0,40	0,01	0,05	15706	21	25	166
C.V.(%)		4,1	26,1	36,9	67,7	41,1	22,2	39,2	22,0

K = doses de KCl, C= doses do fino de carvão, C.V. = coeficiente de variação, \* e \*\* níveis de significância de 5% e 1 %, respectivamente.

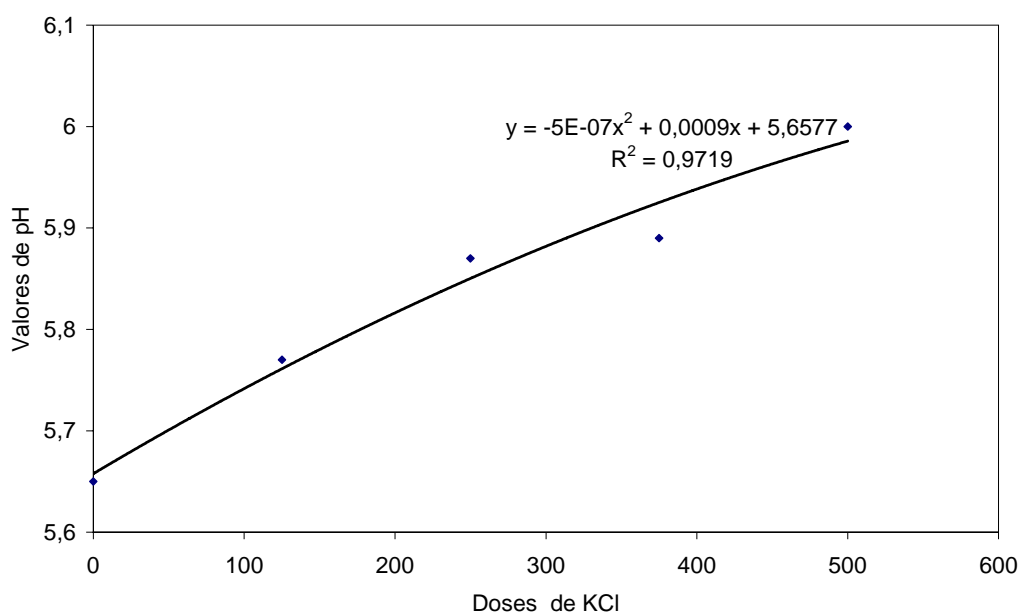


Figura 5. Valores médios de pH<sub>(H2O)</sub> do solo na profundidade de 0 – 20 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

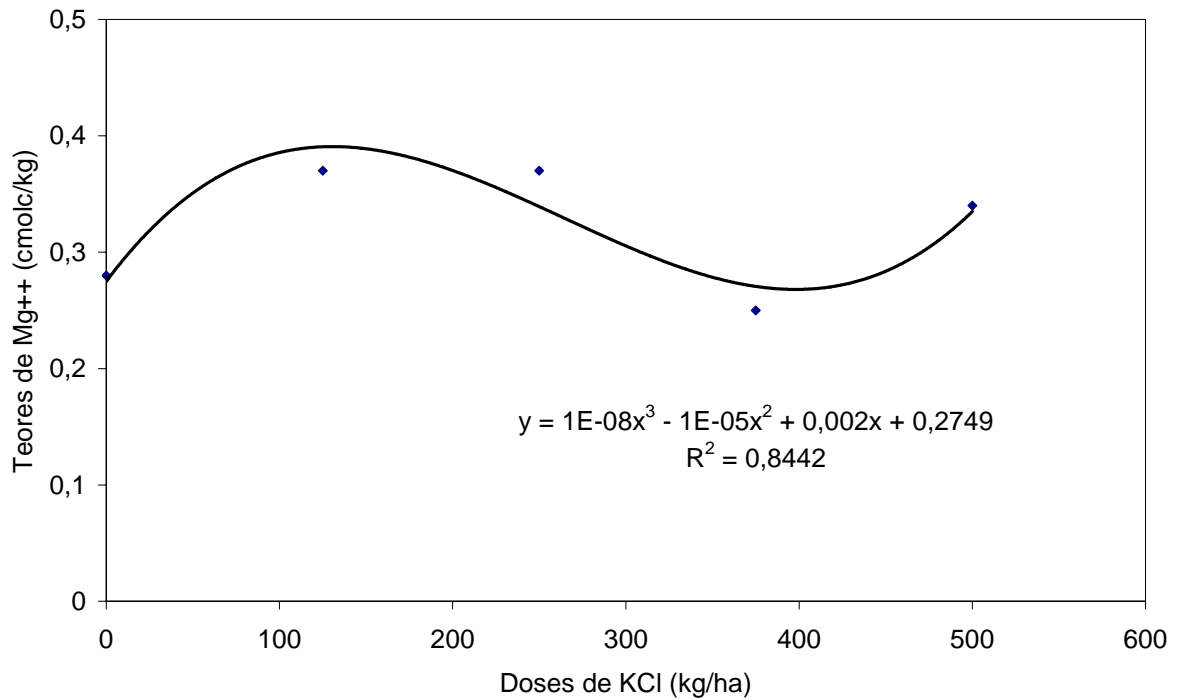


Figura 6. Valores médios de Mg<sup>++</sup> do solo na profundidade de 0 – 20 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

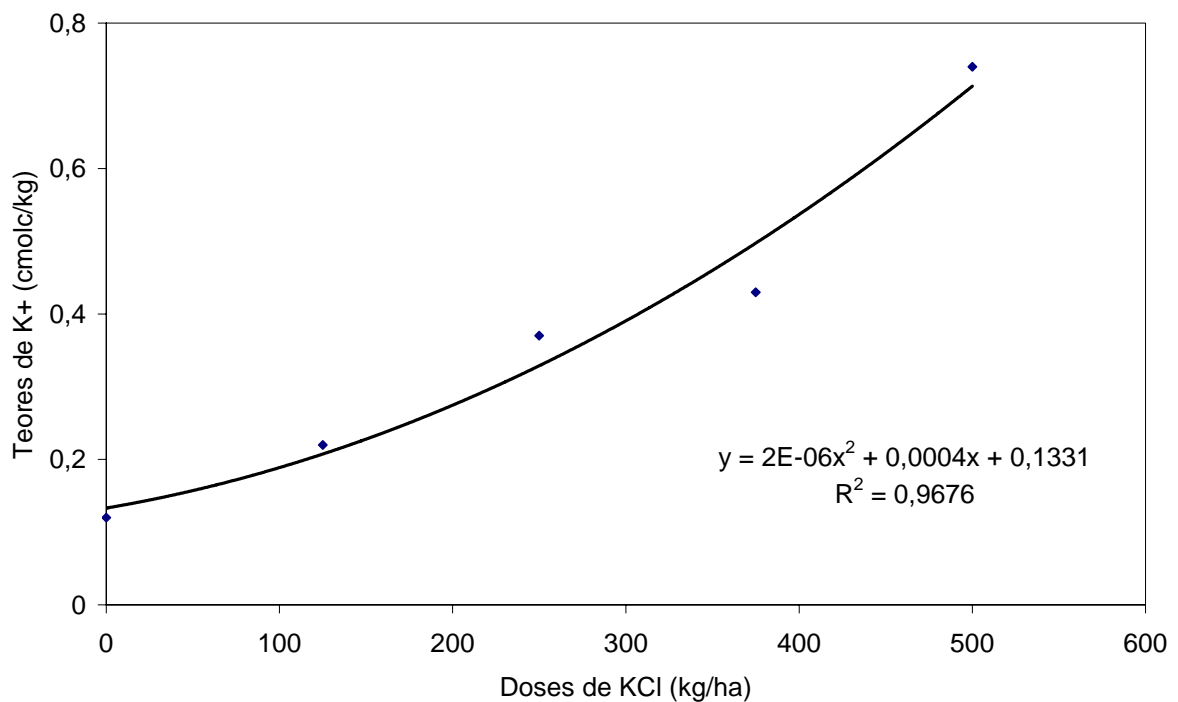


Figura 7. Valores médios de K<sup>+</sup> na profundidade de 0 – 20 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

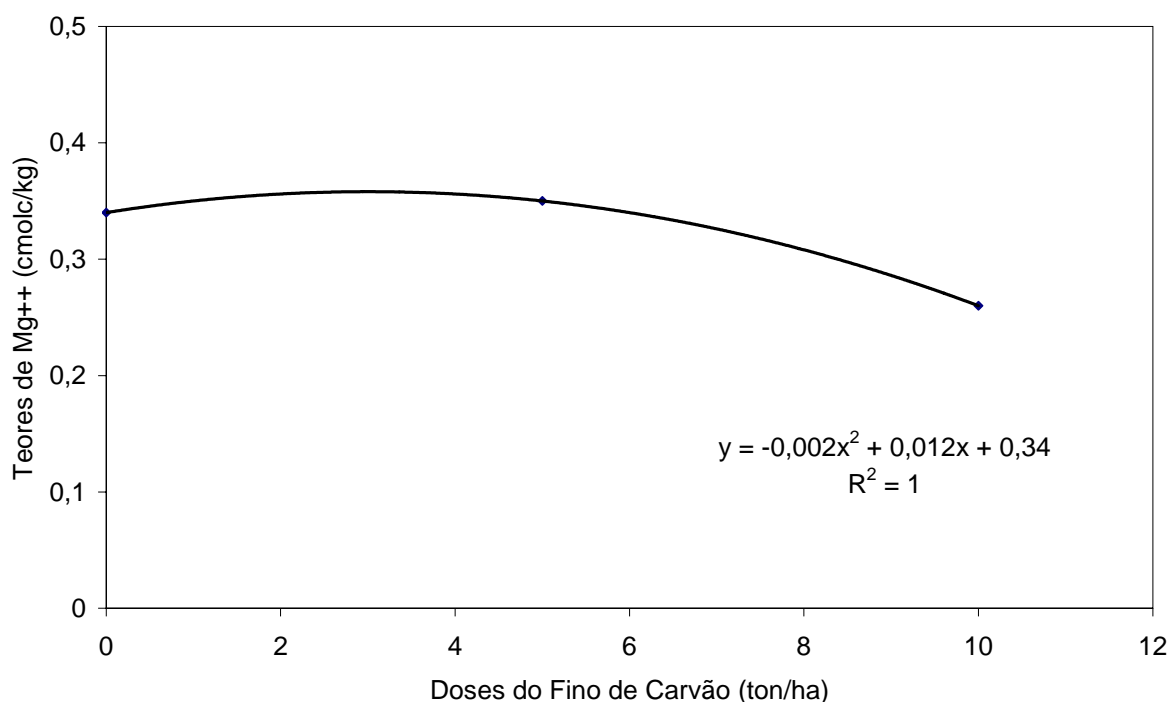


Figura 8. Valores médios de Mg<sup>++</sup> do solo na profundidade de 0 – 20 cm sob doses do fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

Quanto aos resultados obtidos na camada subsuperficial 20 – 40 cm, a adubação potássica afetou apenas os teores dos macronutrientes e K<sup>+</sup> e o teor do micronutriente Mn (Tabela 7). Por outro lado, a aplicação do fino de carvão, não apresentou significância nas variáveis estudadas.

Quanto ao teor de Mg<sup>++</sup>, observa-se na Figura 9 que o efeito das doses de KCl seguiu uma tendência quadrática, com ponto de mínimo; isto é, o teor de Mg<sup>++</sup> decresceu com o aumento da dose de KCl até um ponto mínimo na dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> a partir da qual começou a aumentar até ao final.

Na Figura 10 nota-se que a resposta do teor de K<sup>+</sup> à adubação potássica na camada de 20 – 40 cm foi semelhante àquela ocorrida na superfície, sendo que o efeito quadrático das doses crescentes de KCl nos teores de potássio se pronunciaram a partir da dose de 125 kg ha<sup>-1</sup> de KCl.

Quanto ao teor de manganês (Figura 11), o efeito das doses de KCl seguiu uma tendência polinomial cúbica, onde o teor de Mn aumenta gradativamente até a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de KCl quando tende a diminuir até a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de

KCl a partir da qual o teor inicia outro seguimento de ascensão com doses crescentes de KCl.

Nota-se também nas Tabelas 6 e 7 altos valores dos coeficiente de variação para as variáveis Ca e K trocável e para o P<sub>(Mehlich-1)</sub> disponível em ambas as profundidades. Essas ocorrências podem ser justificáveis se considerado o histórico de uso da área, pois antecedendo o experimento, a área experimental era explorada por uma cultura de mamão (*Carica papaya*), que foi plantada e adubada apenas com macronutrientes em covas, o que pode ter provocado grande variabilidade espacial destes nutrientes.

Tabela 7. Valores dos quadrados médios das fontes de variação, grau de liberdade (G.L.) coeficientes de variação, obtidos mediante análises da variância para os resultados analíticos das amostras de solo coletadas nas profundidades de 20 – 40 cm, Iranduba – AM, Agosto de 2005

Fontes de variação	G.L.	pH <sub>(H2O)</sub>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	P	Fé	Zn	Mn
K	4	0,05	0,31	0,02*	0,29**	8333	50,5	9,7	626,2**
C	2	0,14	0,58	0,02	0,01	21281	1,3	2,0	37,2
C x K	8	0,14	0,20	0,00	0,02	7540	18,9	0,7	65,6
Bloco	3	0,45	2,6	0,03	0,04	59337	168,3	198,5	644,9
Resíduo	42	0,05	0,26	0,01	0,02	14720	37,5	5,2	116,9
C.V. (%)		4,0	24,4	36,0	58,0	41,3	25,7	23,7	15,1

K = doses de KCl, C = doses do fino de carvão, C.V. = coeficiente de variação, \* e \*\* = níveis de significância de 5% e 1 %, respectivamente.

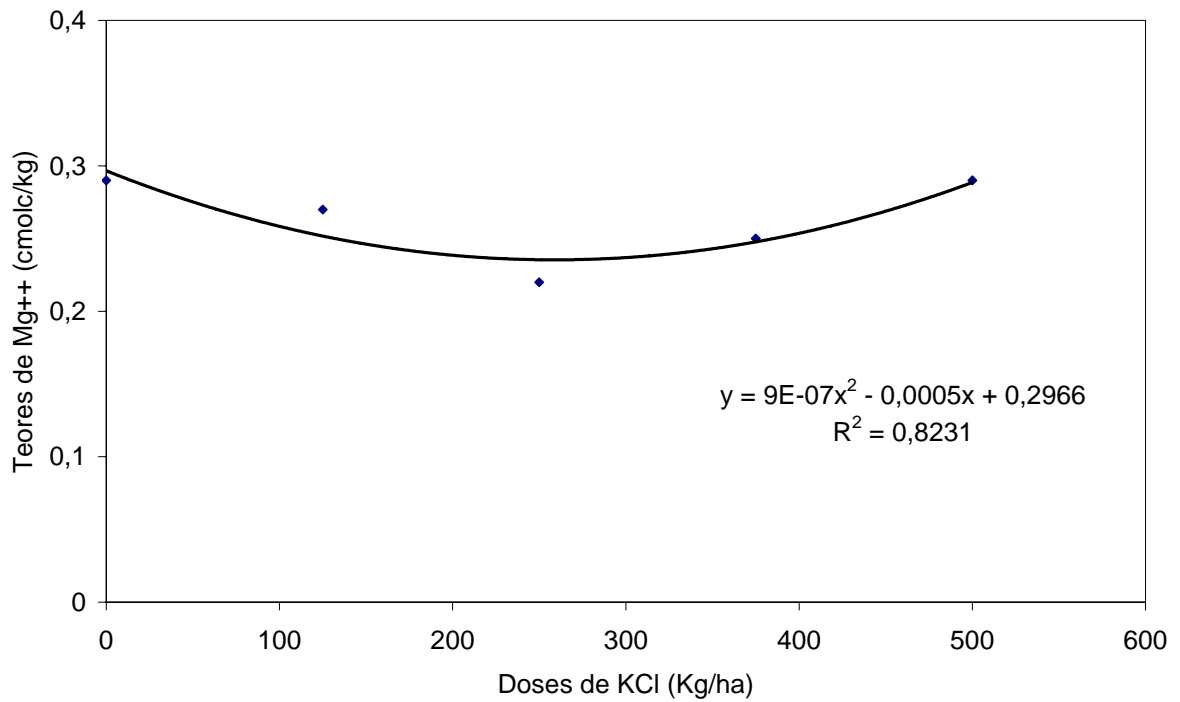


Figura 9. Valores médios de Mg<sup>++</sup> do solo na profundidade de 20 – 40 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

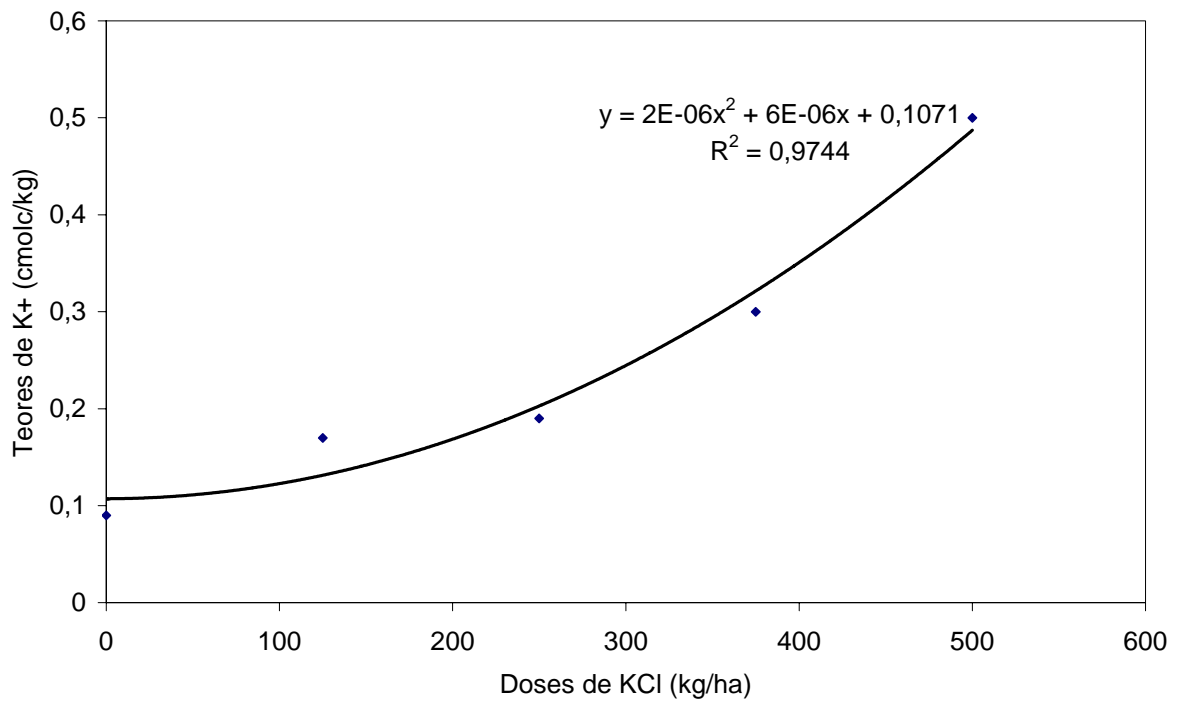


Figura 10. Valores médios de K<sup>+</sup> do solo na profundidade de 20 – 40 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.



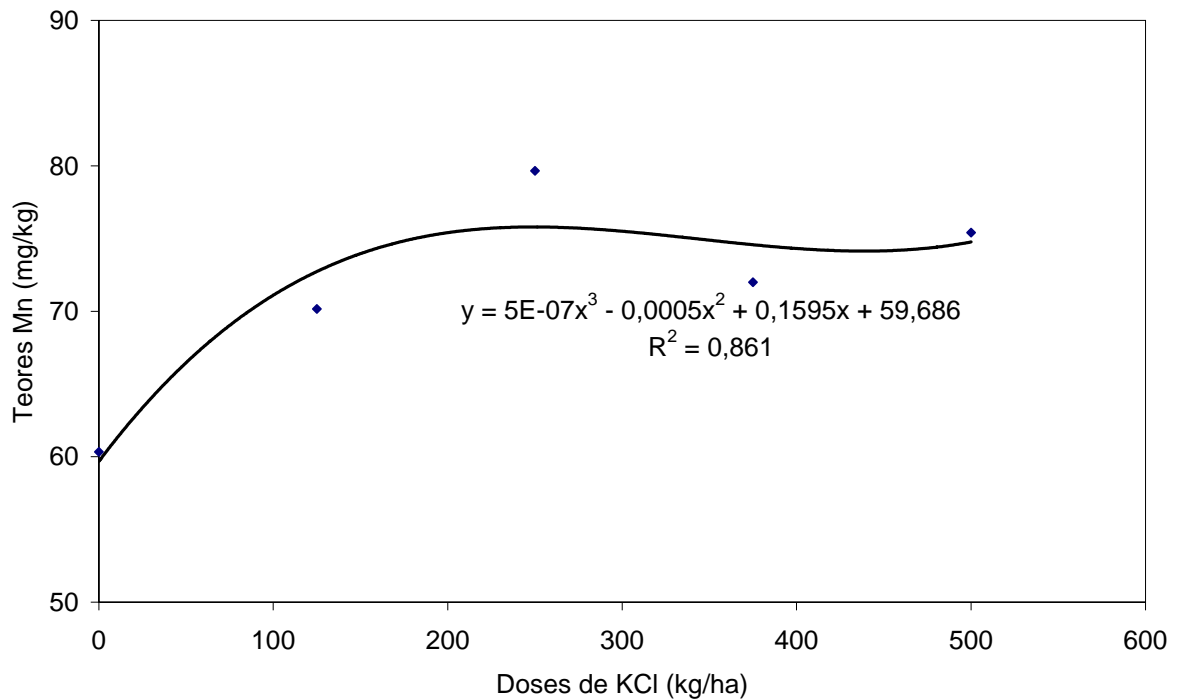


Figura 11. Valores médios de Mn do solo na profundidade de 20 – 40 cm sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

#### 5.4 Efeito dos tratamentos no estado nutricional das plantas

A análise foliar na cultura de berinjela é uma importante ferramenta no auxílio à interpretação do estado nutricional da planta, visando à avaliação e correção da fertilidade do solo para o melhor aproveitamento do potencial produtivo da cultura.

Na Tabela 8 é apresentado o resumo da análise de variância dos resultados analíticos das amostras de folhas de berinjela onde constam os valores dos quadrados médios, resíduos, grau de liberdade (G.L.) e coeficientes de variação (C.V.). Observa-se nessa Tabela que a adubação potássica melhorou os valores de Ca, Mg, K, Zn e Mn, enquanto que aplicação do fino de carvão, a exemplo do efeito sobre as características do solo, afetou apenas os teores de Ca e Mg. Os demais parâmetros não foram afetados pela adubação potássica nem pela aplicação do fino de carvão. Não obstante, houve interação entre a adubação potássica e aplicação do fino de carvão referente aos teores de Mg, K e P.

O teor de Cálcio teve comportamento de natureza quadrática com o aumento das doses de cloreto de potássio (Figuras 12), indicando que existe uma dose máxima de  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl onde a planta assimila o máximo do cálcio disponível do solo e logo se inicia a redução do teor deste elemento na folha à medida que aumenta a dose de KCl. Ou seja, nesse ponto, a relação ( $\text{K}^+/\text{Ca}^{++}$ ) da solução do solo estaria em equilíbrio, a partir do qual, com o aumento da disponibilidade do potássio, este passaria a exercer efeito antagônico com o cálcio em nível de inibir a sua absorção pela planta. Comportamento similar ocorreu com o teor de Mg (Figura 13) sendo que, embora tenha respondido a uma dose máxima de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl, apresentou menor coeficiente. Isto é, resposta mais lenta, tanto no seguimento de ascensão quanto de decréscimo dos teores.

Na Figura 14 está representado o efeito das doses de KCl sobre o teor de K na folha que seguiu uma tendência polinomial cúbica, onde existe um valor inicial que evoluiu até um máximo o qual permaneceu inalterado até outra determinada dose de onde o teor iniciou outro seguimento de ascensão com doses crescentes de KCl. Neste caso, no primeiro seguimento da curva o teor de K aumentou da dose inicial até a dose de  $125 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl permanecendo sem resposta até a dose de  $350 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl, a partir da qual se inicia novo processo de ascensão do teor de potássio.

Quanto ao teor de Zn (Figura 15), o efeito das doses de KCl também seguiu uma tendência polinomial cúbica, onde se inicia com uma pequena resposta negativa até a dose de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl quando o teor evolui até um máximo na dose de  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl de onde iniciou outro seguimento de redução com doses crescentes de KCl.

Observa-se na Figura 16 que o efeito das doses de KCl sobre o teor foliar de Mn seguiu uma tendência polinomial quadrática negativa, onde inicialmente há uma redução do teor de Mn com as doses crescentes de KCl até  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de onde o teor inicia outro seguimento de ascensão.

Em relação ao uso do fino de carvão, este proporcionou resposta linear negativa nos teores foliares de magnésio (Figura 17) e de Ca (Figura 18). Ou seja, as respostas dos teores foliares de Mg e Ca foram inversamente proporcionais à adição de carvão. Isto é, à medida que aumentou a quantidade do fino de carvão no solo, os teores de magnésio e cálcio na folha diminuíram na mesma proporção.

Tabela 8. Valores dos quadrados médios, grau de liberdade (G.L.) das fontes de variação e coeficientes de variação, obtidos mediante análises da variância para os resultados de teores de nutrientes nas folhas de berinjela, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

Fontes de Variação	G.L.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	P	Fe	Zn	Mn
-----Quadrado médio-----								
K	4	337*	4,46**	68,9**	0,94	153198	2390**	5931*
C	2	152	4,69**	8,3	4,50	5053	733	127
C x K	8	105	2,88**	20,7**	5,76*	6539	476	1715
Bloco	3	187	0,50	37,2	15,51	4169	859	24450
Resíduo	42	49	0,58	6,1	2,44	6373	337	2006
C.V.(%).		8,4	9,02	5,6	16,94	19,1	25,0	29,4

K = doses de KCl, C= doses do fino de carvão, C.V. = coeficiente de variação  
\* e \*\* - níveis de significância de 5% e 1 %, respectivamente.

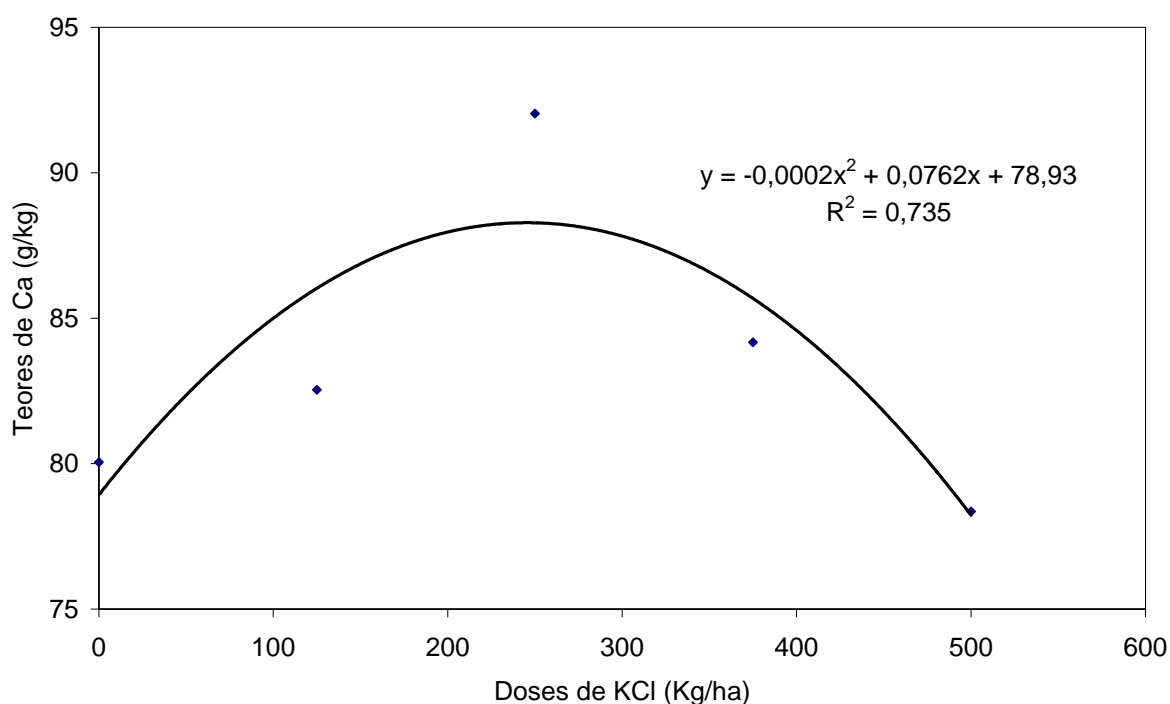


Figura 12. Valores médios dos teores de Ca contidos na folha de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

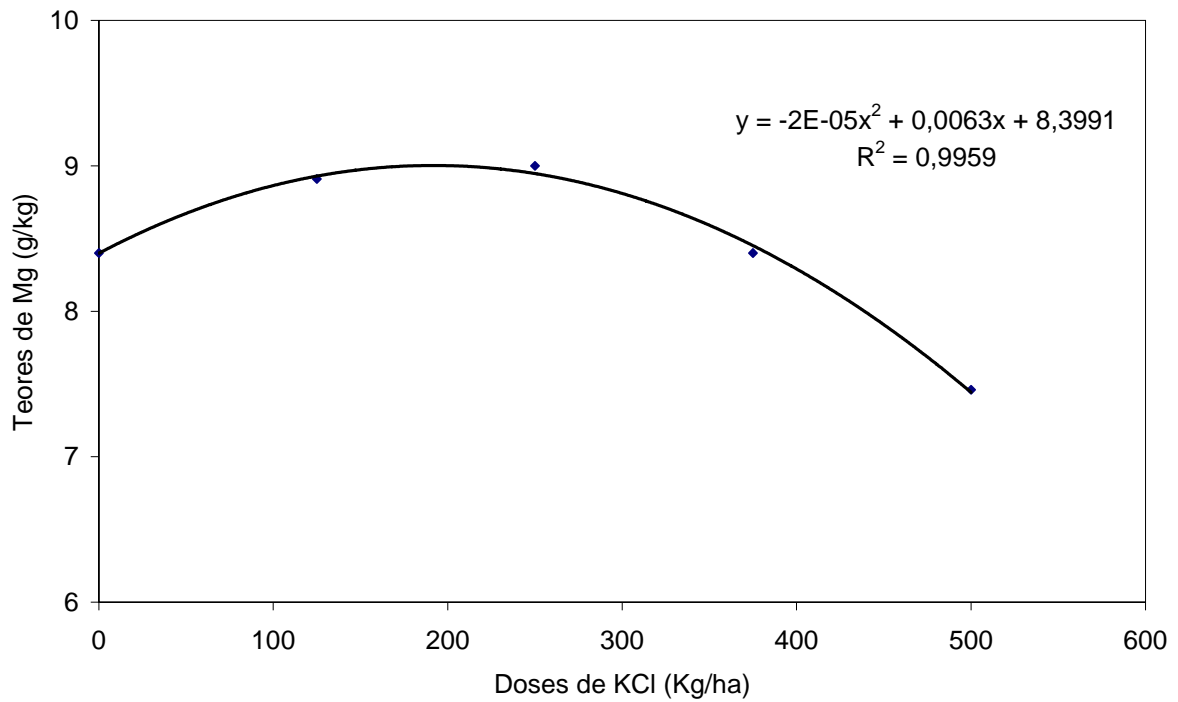


Figura 13. Valores médios dos teores de Mg contidos na folha de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

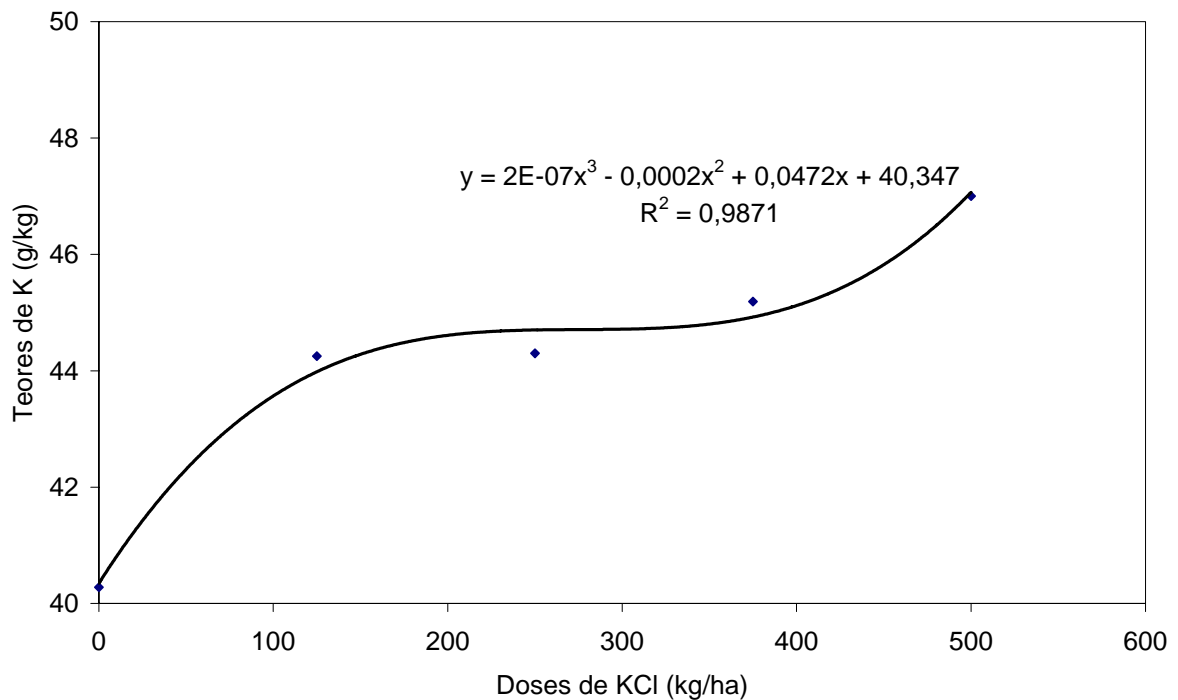


Figura 14. Valores médios dos teores de K contidos na folha de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

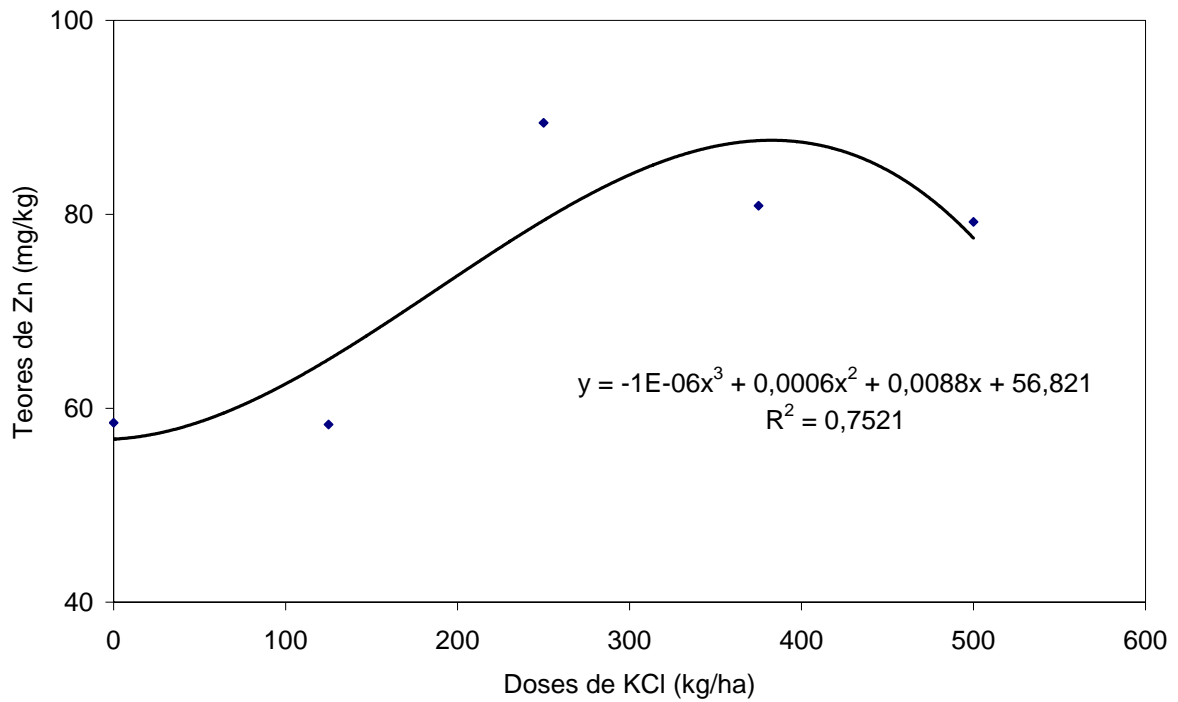


Figura 15. Valores médios dos teores de Zn contidos na folha de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

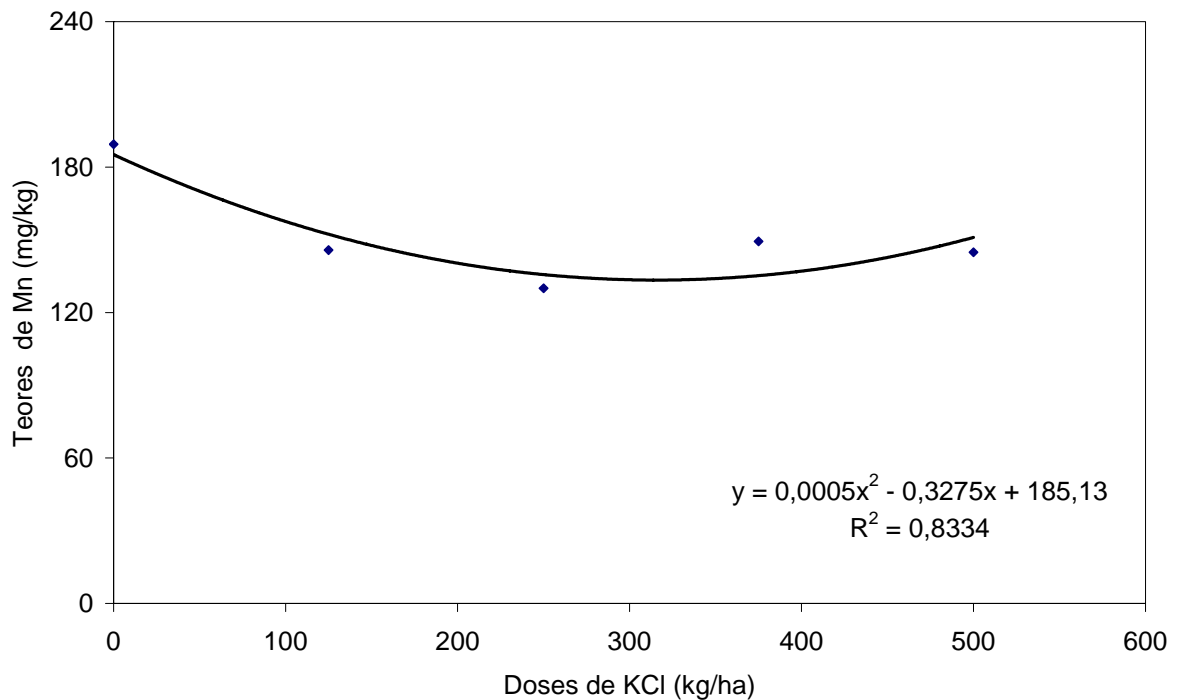


Figura 16. Valores médios dos teores de Mn contidos na folha de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

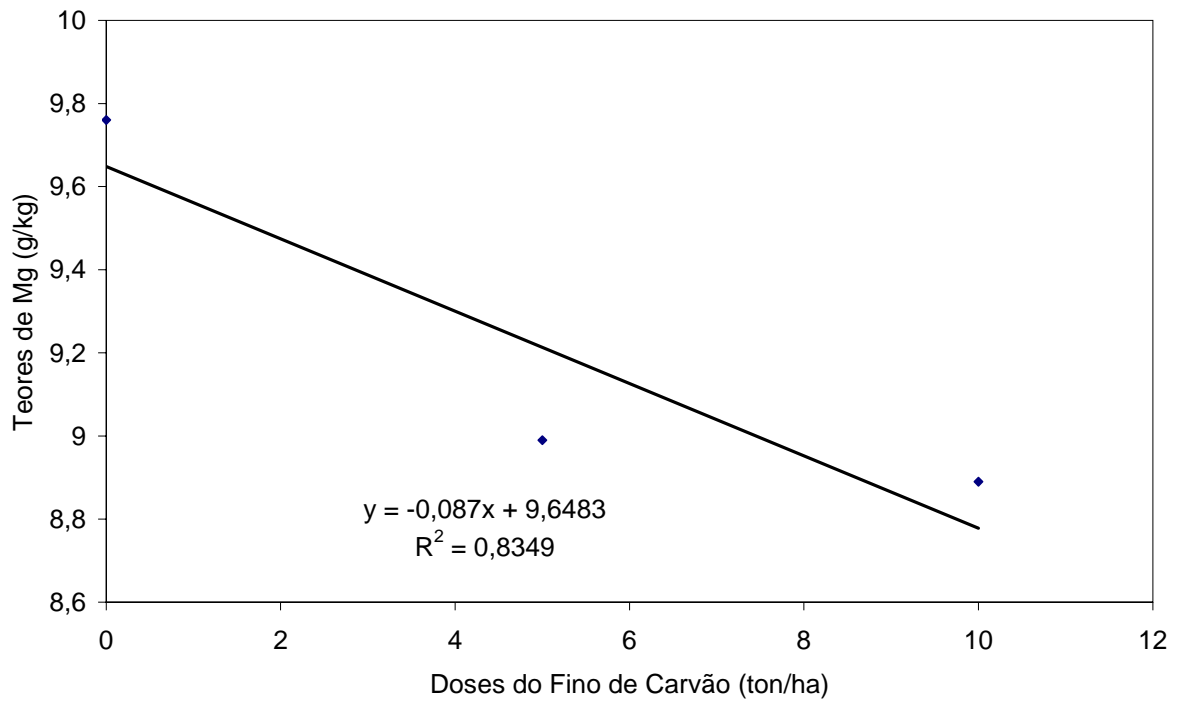


Figura 17. Valores médios dos teores de Mg contidos na folha de berinjela sob doses de fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

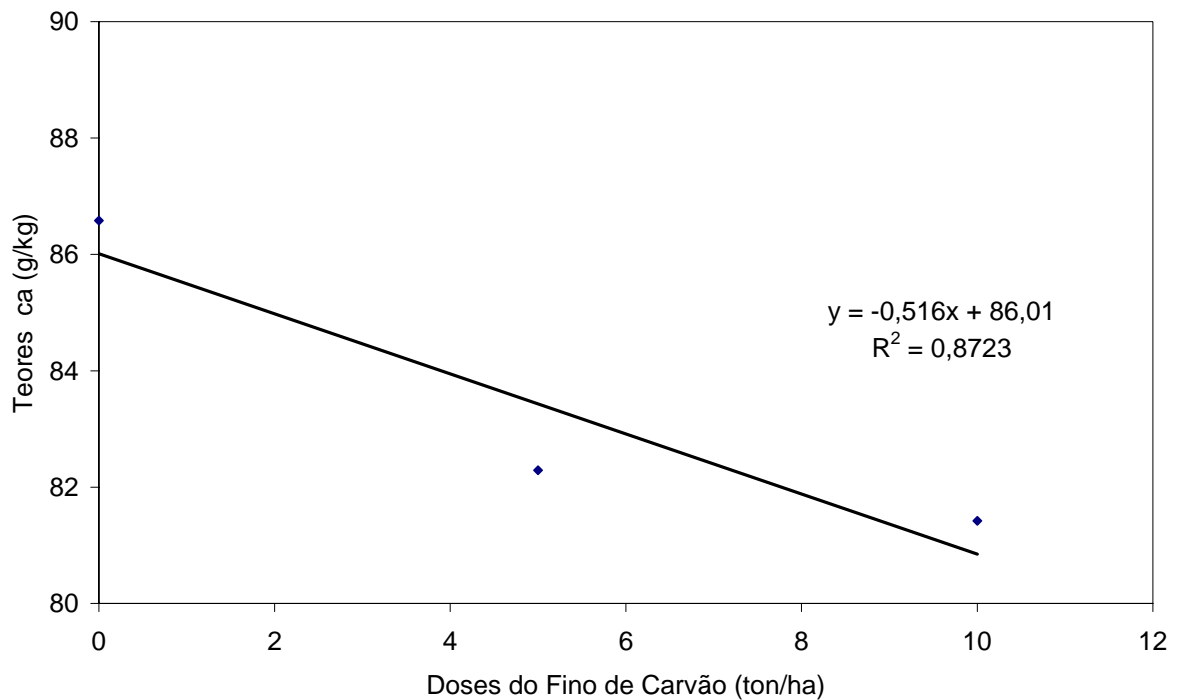
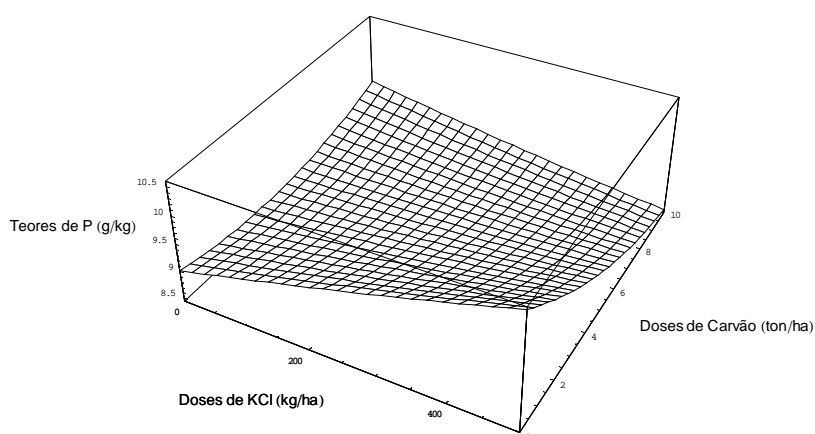


Figura 18. Valores médios dos teores de Ca contidos na folha de berinjela sob doses de fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

Os efeitos da interação entre doses de KCl e doses do fino de carvão sobre os teores de Ca, Mg e P na folha são também demonstrados nos gráficos das Figuras 19, 20 e 21, respectivamente. Observa-se na Figura 19 que a resposta ao teor de fósforo na folha foi inversamente proporcional à quantidade de fino de carvão aplicada, o mesmo ocorrendo com o efeito do carvão sobre o teor de P nas doses crescentes de KCl. Isso significa existir certo antagonismo entre a adubação potássica e aplicação de fino carvão causando desequilíbrio entre nutrientes na solução do solo em nível de inibir a absorção do P pela planta. Para os nutrientes Ca e Mg, os maiores valores foram encontrados na ausência carvão, enquanto os menores foram obtidos com a maior dose desse insumo (Figuras 20 e 21). Um dos fatores que podem ter influenciado nestes resultados é o fato de ser a Terra Preta muito rica em material orgânico carbonizado. Com a adição de carvão, este pode ter se tornado em excesso provocando desequilíbrio entre os nutrientes do solo. Este fenômeno sugere que as relações ( Ca / K ), ( Mg / K ) e ( K / P ) na planta merecem ser mais bem investigadas no futuro e correlacionadas com o rendimento e a qualidade de frutos de berinjela produzidos.

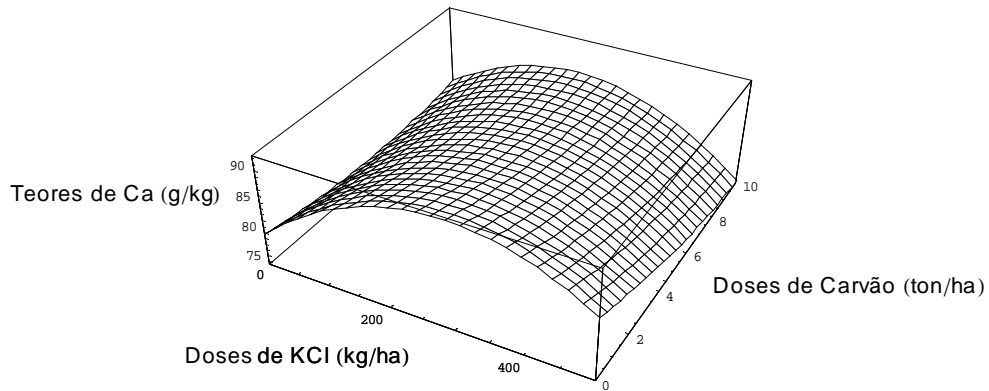


$$y = 9.021 - 0.102 c + 0.0134 c^2 + 0.00269 k - 0.000475 c k + 6.97 \times 10^{-7} k^2$$

c= fino de carvão

k= cloreto de potássio

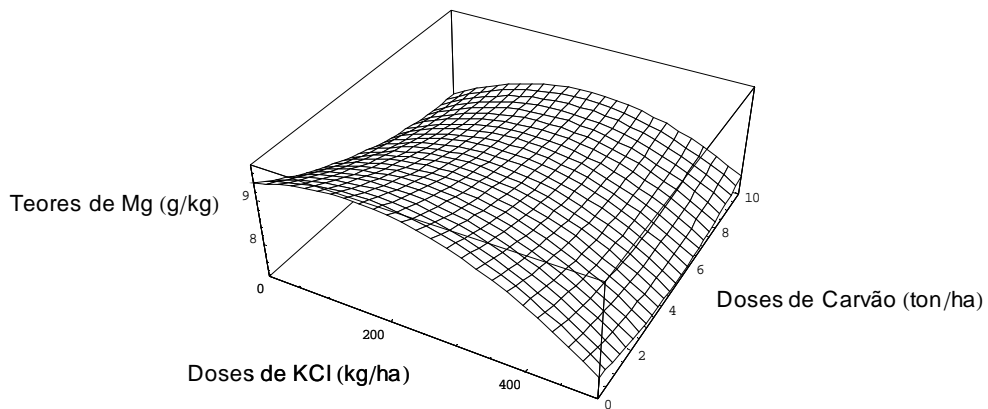
Figura 19. Superfície de resposta da interação de doses de KCl e doses do fino de carvão sobre o teor de P na planta de berinjela, Iranduba – AM, agosto de 2005.



$$y = 79.73 - 0.7282c + 0.0682c^2 + 0.085622k - 0.0019ck - 0.00015k^2$$

c= fino de carvão  
k= cloreto de potássio

Figura 20. Superfície de resposta da interação de doses de KCl e doses do fino de carvão sobre o teor de Ca na planta de berinjela, Iranduba – AM, agosto de 2005.



$$y = 9.37 - 0.3271c + 0.0161c^2 + 0.0047k + 0.00032ck - 0.000016k^2$$

c= fino de carvão  
k= cloreto de potássio

Figura 21. Superfície de resposta da interação de doses de KCl e doses do fino de carvão sobre o teor de Mg na planta de berinjela, Iranduba – AM, agosto de 2005.



## 5.5 Efeito dos tratamentos sobre a produtividade da berinjela.

Na Tabela 9 é apresentado o resumo dos valores da análise de variância dos dados de produtividade de frutos da berinjela, onde se observa que a produtividade de frutos ( $\text{ton ha}^{-1}$ ), a produção por planta ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) e o número de frutos por planta tiveram resposta altamente significativa à adubação potássica.

Embora a aplicação de fino de carvão não tenha influenciado diretamente nos parâmetros de produtividade, apresentou interação com a adubação potássica referente às variáveis “produtividade” e “produção de frutos por planta”.

Estima-se que aproximadamente 91% das variações devidas ao efeito do KCl na produtividade da berinjela são explicadas pelo modelo mostrado na Figura 22 que teve comportamento de natureza quadrática com o aumento das doses de KCl. Isso indica que existe uma dose máxima de KCl, e que a aplicação acima da dose máxima o rendimento é prejudicado. As variáveis “produção de frutos por planta” e “número de frutos por planta” também foram afetados semelhantemente à produtividade (Figuras 23 e 24) o que era esperado por serem componentes da produtividade total.

Derivando a equação da curva de resposta (Figura 22), verificou-se que a equação de produção é crescente até a dose de  $301 \text{ kg ha}^{-1}$ . Portanto o ponto máximo de produção ocorreu quando a dose de KCl foi de  $301 \text{ kg ha}^{-1}$ , a partir do qual a produção decresceu, sendo assim, doses de KCl superiores a  $301 \text{ kg ha}^{-1}$  pode desequilibrar a solução do solo a ponto de inibir a absorção de outros elementos ou ultrapassar o limite de toxicidade da planta de berinjela, levando a queda de produção. Zehler *et al.* (1986), afirmam que todas as hortaliças de frutos são cloróforas, e que a queda de produção induzida pelo cloro, verifica-se como regra geral e que pode ter origem da adubação com KCl.

A produtividade média nacional estimada de 25 toneladas por hectare por Ribeiro *et al.* (1998) foi alcançada neste experimento, segundo o modelo representado na Figura 22 com a dose de  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de cloreto de potássio, que equivale a  $84 \text{ kg ha}^{-1}$  do elemento  $\text{K}^+$ .

Na Tabela 10 estão apresentados os resultados das médias de produtividades de berinjela, onde se observa que as produtividades variaram de  $13,57$  a  $30,78 \text{ ton ha}^{-1}$ . Estes resultados se aproximam daqueles obtidos por Castro *et al.* (2004), que testando a berinjela sob vários tipos de manejo como cultura

solteira, em consócio e com adubação verde, observaram uma variação de produtividade entre 15,2 a 26,9 ton ha<sup>-1</sup>. Ainda na Tabela 10, nota-se que a massa média de frutos apresentou um intervalo que variou de 286 g a 312 g, enquanto o menor número de frutos por planta foi 7 e o maior 16 frutos por planta. Exceto o tratamento controle (0 - 0), que apresentou baixo rendimento em todas as variáveis analisadas, todos os outros tratamentos estiveram próximos a valores encontrados por Antonini *et al.* (2002), que testaram a capacidade produtiva de diferentes híbridos e cultivares de berinjela, onde a cultivar Ciça obteve 12 frutos por planta, com a massa média de 288 g.

Analisando o efeito da interação do carvão e da adubação potássica (figuras 25 e 26), observa-se que apenas 5 ton ha<sup>-1</sup> de carvão sem a adubação potássica foi capaz de aumentar consideravelmente a produtividade chegando a aproximadamente 100% de aumento quando comparada com o tratamento controle (0 - 0). Resultados positivos com a utilização do carvão incorporado ao solo também foram encontrados por Lehmann *et al.* (2002) que observaram aumento de 17% na produção de biomassa de arroz com o uso de carvão, o que atribuíram ao efeito positivo do carvão na disponibilidade de P, K. Oguntunde *et al.* (2004) também observaram significativo aumento de produtividade da cultura do milho. Da mesma forma, Topoliantz *et al.* (2005), em trabalho desenvolvido com feijão de corda (*Vigna unguiculata sesquipedalis*) em solo de baixa fertilidade natural obteve significativo aumento de produtividade com a aplicação de carvão misturado com raspa de mandioca.

Observa-se ainda nas Figuras 25 e 26, um efeito de sinergismo entre o carvão e o KCl, antecipando o pico de produção ao combinar a dose de 10 ton ha<sup>-1</sup> de carvão com a dose de 250 kg ha<sup>-1</sup> de KCl. Num experimento de longa duração com a cultura de arroz utilizando fertilizantes químicos, carvão e suas combinações, Steiner *et al.* (2006) observaram que a produtividade das parcelas com a mistura de fertilizantes com carvão era sempre maior do que o dobro da obtida com o fertilizante químico isolado. Este efeito que o carvão combinado com fertilizantes químicos ou orgânicos aumenta a eficiência de aplicação, foi comentado por Glaser *et al.* (2002), Sombroek *et al.* (2002), Steiner *et al.* (2004), e confirmados por Lehmann *et al.* (2003), Oguntunde *et al.* (2004) e Steiner *et al.* (2006).

Tabela 9. Valores dos quadrados médios, grau de liberdade (G.L.) das fontes de variação e coeficientes de variação, obtidos mediante análises da variância para os resultados de produtividade de frutos de berinjela, Iranduba – AM, Agosto de 2005

Fontes de variação	G.L.	Produtividade	Produção por planta	Massa media dos frutos	Numero de frutos por planta
-----Quadrado médio-----					
K	4	156**	4,02**	16	43,7**
C	2	25	0,66	845	10,4
C x K	8	43*	1,11*	430	9,2
Bloco	3	387	9,92	3243	68,2
Resíduo	42	803	20,59	17885	5,4
C.V. (%)		17,8	17,8	6,8	18,0

K = doses de KCl, C= doses do fino de carvão, C.V. = coeficiente de variação  
\* e \*\* = níveis de significância de 5% e 1 %, respectivamente.

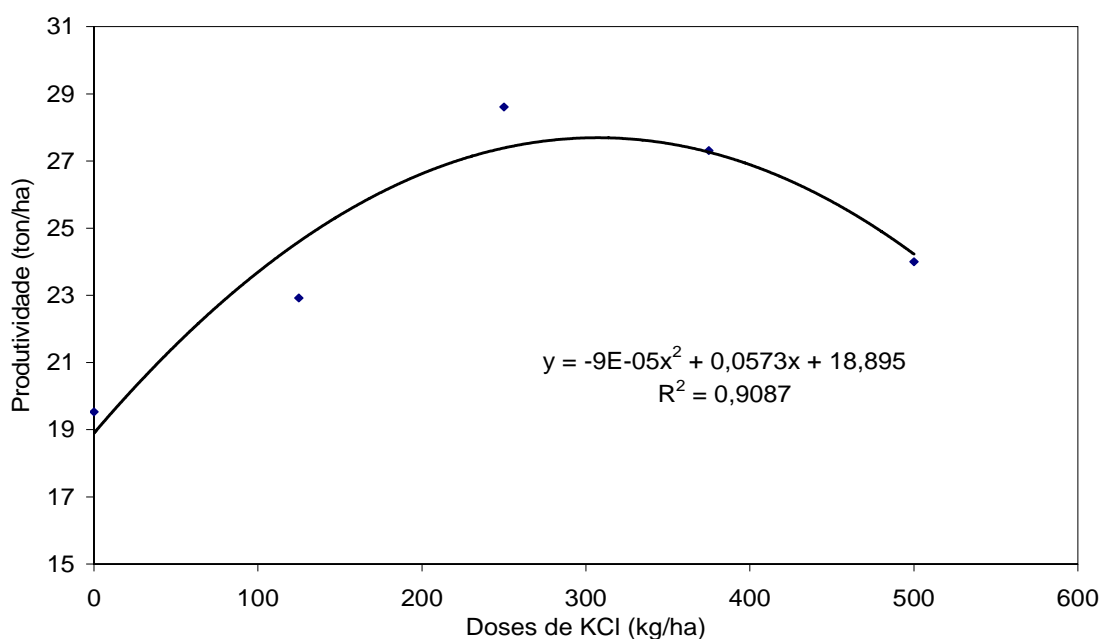


Figura 22. Valores médios de produtividade de frutos de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

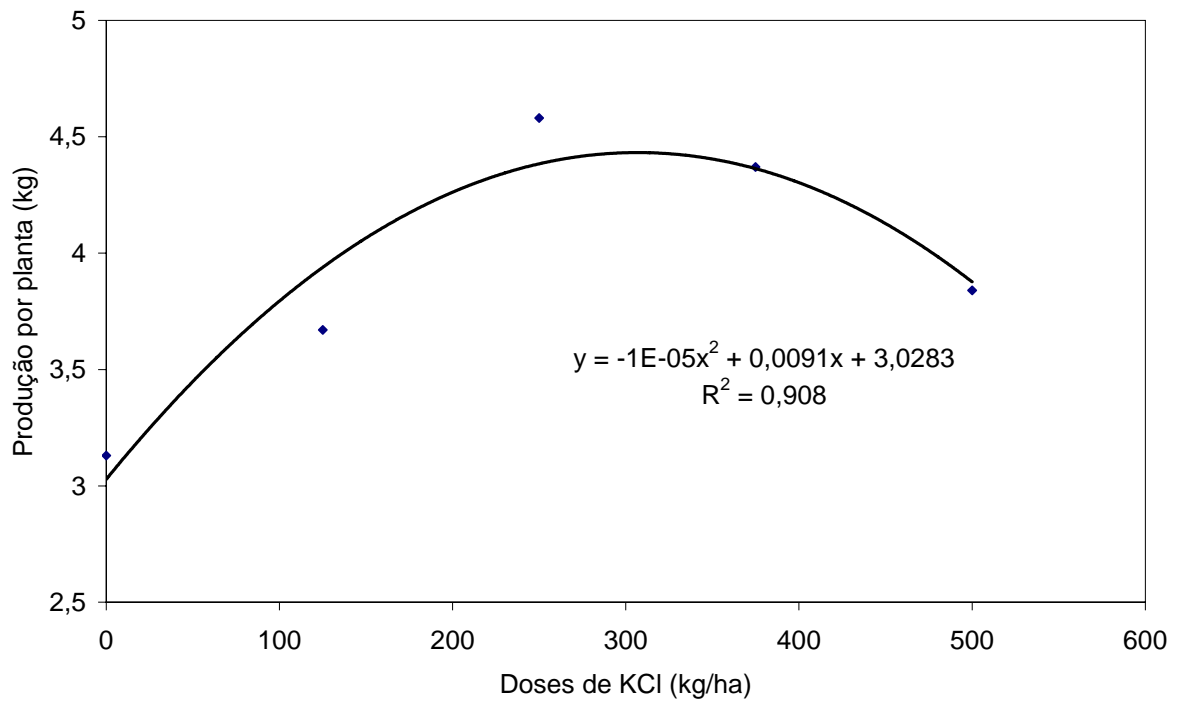


Figura 23. Valores médios de produção de frutos por planta de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

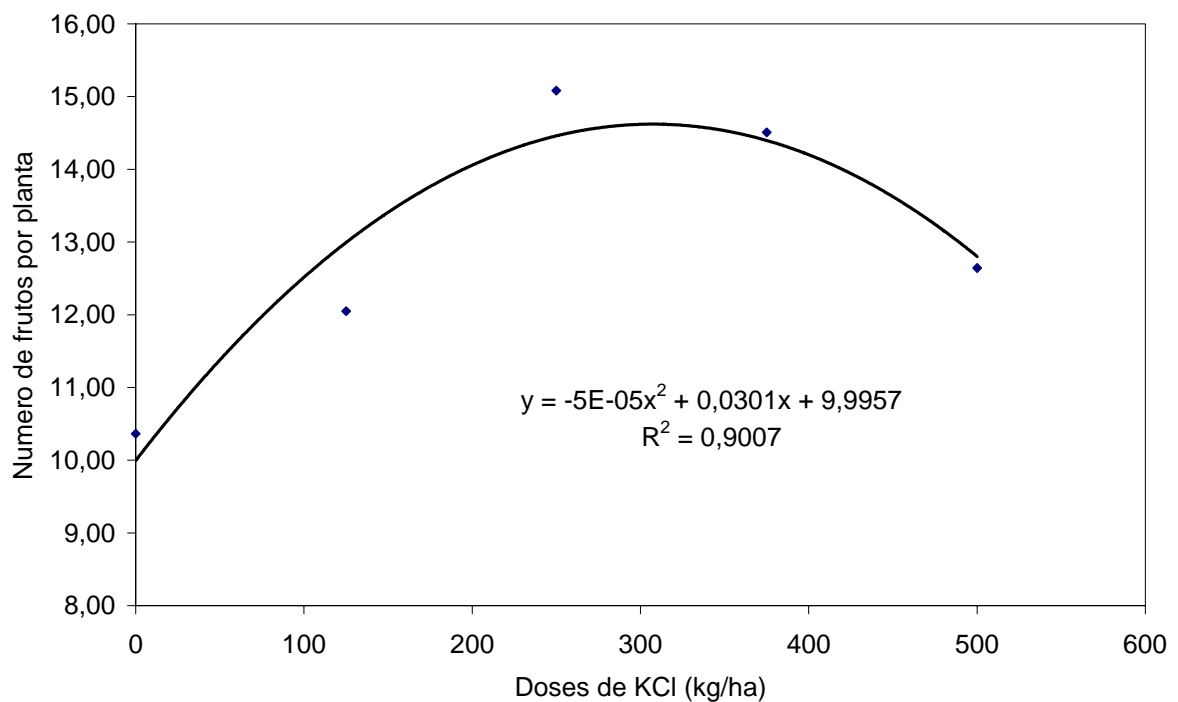


Figura 24. Valores médios de número de frutos por planta de berinjela sob doses de cloreto de potássio, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

Tabela 10. Valores médios de produtividade, produção de frutos por planta, massa de frutos e número de frutos por planta de berinjela sob doses de cloreto de potássio e do fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

Doses KCl	Doses Carvão	Produtividade	Produção por planta	Massa média dos frutos	Numero de frutos por planta
kg ha <sup>-1</sup>	ton ha <sup>-1</sup>	ton ha <sup>-1</sup>	Kg	g	unidade
0	0	13,57	2,17	307,83	7
0	5	23,14	3,71	292,89	13
0	10	21,85	3,50	308,37	11
125	0	20,64	3,30	302,26	11
125	5	25,08	4,01	311,35	13
125	10	23,03	3,68	287,43	12
250	0	27,77	4,44	302,79	14
250	5	27,54	4,41	298,20	15
250	10	30,53	4,88	305,78	16
375	0	30,78	4,92	312,29	16
375	5	27,83	4,45	300,14	15
375	10	23,32	3,73	286,57	13
500	0	24,37	3,90	312,20	12
500	5	24,74	3,96	310,75	13
500	10	22,87	3,66	284,91	13

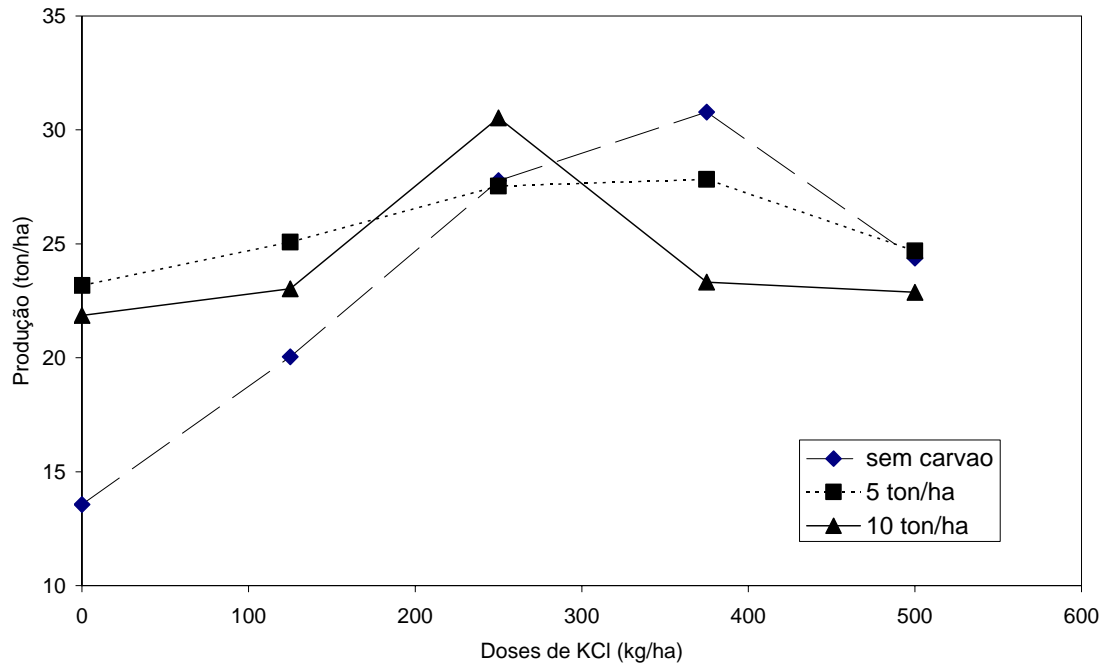
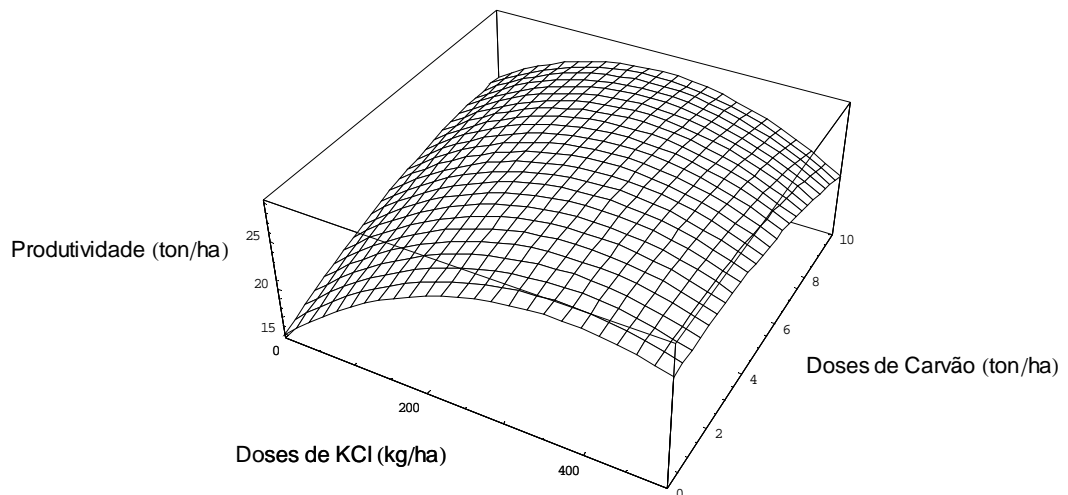


Figura 25. Efeito de doses de KCl dentro de doses de fino de carvão sobre a produtividade de frutos de berinjela, Iranduba – AM, agosto/ 2005.



$$y = 14.9 + 1.3963 c - 0.0719 c^2 + 0.069 k - 0.0023 c k - 0.000093 k^2$$

c = fino de carvão  
k = cloreto de potássio

Figura 26. Superfície de resposta da interação de doses de KCl dentro de doses de fino de carvão sobre a produtividade de frutos de berinjela, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

## 5.6 Análise Econômica

Na Tabela 11 encontra-se a análise econômica do cultivo da berinjela submetido a doses de KCl e do fino de carvão. Os cálculos da análise econômica, foram efetuados baseados no custeio total regional que incluem insumos e serviços em comum em todos os tratamentos, mais o valor gasto com KCl e com o fino de carvão e também a mão-de-obra para transporte aplicação dos adubos e preço médio de venda da produção de frutos pago ao produtor em sua propriedade. Na Tabela 16 encontra-se a planilha detalhada da análise econômica.

Verifica-se ainda na Tabela 11, que embora todos os tratamentos tenham dado retorno financeiro positivo, o tratamento de número 10 onde foi usada a dose de  $375 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl na ausência de carvão, resultou no maior retorno financeiro com Relação Benefício/Custo de 5,79. Isso significa que para cada unidade de Real aplicado no custeio da cultura da berinjela há um retorno de 5,79 reais. O tratamento 9 no qual se utilizou  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl adicionado de 10 toneladas de carvão teve Relação Benefício/Custo de 5,69, bem próximo do tratamento anterior; no caso pode-se considerar a diferença insignificante. Nota-se também, que coincidentemente estes tratamentos apresentaram as maiores produtividades (30,53 e 30,78 toneladas por hectare, respectivamente). Esses resultados proporcionam a oportunidade que terá o produtor de escolher o tipo de adubação a usar, dependendo principalmente da disponibilidade do KCL ou fino de carvão, assim como da mão-de-obra, pois o tratamento 9 requer mais mão-de-obra do que o tratamento 10. Estes resultados vêm evidenciar a importância de se fazer uma adubação balanceada, criteriosa e embasada cientificamente, pois a aplicação de quantidades excessivas de fertilizantes no solo acima daquela que a cultura é capaz de absorver durante o seu ciclo, pode causar prejuízos econômicos e ecológicos.

Tabela 11. Análise econômica por hectare do cultivo de berinjela submetido a doses de cloreto de potássio e de fino de carvão, Iranduba – AM, agosto de 2005.

Trat	Doses de KCl kg	Doses de Carvão ton	Produção de frutos ton	Custeio R\$	Receita R\$	Lucro R\$	Relação Benefício/ Custo
1	0	0	13,58	4.867,00	13.575,00	8.708,00	2,79
2	0	5	23,17	4.967,00	23.167,50	18.200,50	4,66
3	0	10	21,86	5.067,00	21.855,00	16.788,00	4,31
4	125	0	20,64	5.017,00	20.642,50	15.625,50	4,11
5	125	5	25,08	5.117,00	25.077,50	19.960,50	4,90
6	125	10	23,03	5.217,00	23.027,50	17.810,50	4,41
7	250	0	27,77	5.167,00	27.772,50	22.605,50	5,37
8	250	5	27,54	5.267,00	27.540,00	22.273,00	5,23
9	250	10	30,53	5.367,00	30.527,50	25.160,50	5,69
10	375	0	30,78	5.317,00	30.782,50	25.465,50	5,79
11	375	5	27,83	5.417,00	27.832,50	22.415,50	5,14
12	375	10	23,32	5.517,00	23.320,00	17.803,00	4,23
13	500	0	24,38	5.467,00	24.375,00	18.908,00	4,46
14	500	5	24,75	5.567,00	24.745,00	19.178,00	4,44
15	500	10	22,87	5.667,00	22.872,50	17.205,50	4,04



## 6. CONCLUSÕES

Com base nas condições e nos resultados do estudo pode-se concluir que:

- ✓ De forma isolada, as doses de potássio alteraram o pH e os teores de potássio, magnésio e manganês do solo. Sendo que, na camada superficial 0 – 20 cm o pH e o teor de potássio tiveram efeito de forma quadrática e o de magnésio cúbica. Na subsuperfície 20 – 40 cm o teor de potássio seguiu a mesma tendência anterior, no entanto, o magnésio teve efeito quadrático negativo enquanto o manganês seguiu tendência cúbica.
- ✓ O carvão isolado, teve influência na superfície reduzindo o teor de magnésio no solo com tendência quadrática e conseqüente influência linear negativa nos teores de cálcio e magnésio nas folhas.
- ✓ A adubação potássica aumentou os teores foliares de cálcio, magnésio e potássio e reduziu os de zinco e de manganês.
- ✓ As concentrações foliares de magnésio, potássio e fósforo tiveram efeito significativo da interação entre a adubação potássica e aplicação de carvão, o que indica que a combinação desses dois insumos tem grande importância para absorção de Mg, K e P pela planta.
- ✓ Tanto a produtividade como a produção de frutos por planta e o número de frutos por planta tiveram resposta de natureza quadrática altamente significativa à adubação potássica, onde a produtividade é crescente até a dose de 301 kg/ha de KCl.
- ✓ A aplicação de fino de carvão apresentou interação significativa com a adubação potássica referente as variáveis “produtividade” e “produção de frutos por planta”, inclusive com alguns efeitos de sinergismo.
- ✓ Foram obtidos os melhores retornos financeiros aplicados no custeio da cultura com a adubação potássica isolada de 375kg ha<sup>-1</sup> de KCl (Relação Benefício/Custo = 5,79) e com a combinação de 250 kg de KCl ha<sup>-1</sup> adicionada de 10 ton ha<sup>-1</sup> de fino de carvão (Relação Benefício/Custo = 5,69).

## 7. ANEXOS

Tabela 12. Influência dos níveis de cloreto de potássio e do fino de carvão, sobre algumas características químicas do solo na profundidade de 0 - 20 cm, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

Doses de KCl	Doses de Carvão	pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	P	Fe	Zn	Mn
Kg/ha	Ton/ha		-----cmolc kg <sup>-1</sup> ----			-----mg/kg <sup>-1</sup> -----			
0	0	5,63	2,19	0,31	0,13	223,09	21,95	9,93	75,90
0	5	5,71	2,39	0,32	0,12	326,82	19,30	10,58	51,25
0	10	5,62	1,94	0,22	0,13	258,08	20,53	10,25	63,00
125	0	5,51	2,41	0,39	0,17	294,66	22,15	11,13	49,00
125	5	5,94	2,82	0,38	0,21	297,14	16,60	12,60	56,00
125	10	5,86	2,46	0,33	0,30	290,74	19,13	12,10	59,00
250	0	5,70	2,87	0,39	0,29	236,21	20,05	20,28	54,00
250	5	5,97	3,01	0,39	0,48	331,53	21,18	12,73	60,75
250	10	5,94	2,50	0,32	0,34	363,24	18,83	15,08	59,75
375	0	6,00	2,38	0,29	0,51	349,34	22,05	13,65	54,00
375	5	5,83	2,33	0,30	0,44	260,27	23,50	13,13	55,50
375	10	5,84	1,72	0,16	0,35	241,68	20,00	12,43	61,25
500	0	6,13	2,52	0,31	0,86	430,75	20,83	13,70	57,75
500	5	5,97	2,65	0,40	0,66	383,55	21,93	13,25	60,00
500	10	5,91	2,48	0,31	0,73	283,08	24,93	12,08	61,00

Tabela 13. Influência dos níveis de cloreto de potássio e fino do carvão, sobre algumas características químicas do solo na profundidade de 20 - 40 cm, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

Doses de KCl	Doses de Carvão	pH <sub>(H<sub>2</sub>O)</sub>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	P	Fe	Zn	Mn
Kg/ha	Ton/ha		-----cmolc kg <sup>-1</sup> ---			-----mg kg <sup>-1</sup> -----			
0	0	5,63	1,81	0,17	0,11	240,90	23,30	7,95	63,75
0	5	5,75	2,40	0,24	0,09	289,02	21,55	8,78	57,25
0	10	5,44	1,46	0,15	0,09	259,96	24,60	7,63	60,00
125	0	5,60	2,40	0,29	0,11	357,30	19,63	10,03	64,75
125	5	5,94	2,39	0,36	0,21	276,52	21,10	10,48	74,25
125	10	5,65	2,02	0,22	0,20	255,74	22,90	9,13	71,50
250	0	5,59	2,25	0,30	0,17	322,94	26,70	10,53	78,00
250	5	5,88	2,47	0,29	0,26	228,40	22,85	9,73	82,00
250	10	5,76	2,02	0,25	0,17	266,83	20,18	9,78	79,00
375	0	5,69	2,00	0,23	0,31	313,25	25,78	10,45	76,50
375	5	5,64	1,95	0,22	0,30	350,88	26,15	10,40	70,50
375	10	5,79	2,04	0,23	0,31	254,65	23,45	10,53	69,00
500	0	6,09	1,94	0,23	0,64	408,57	25,25	10,35	75,75
500	5	5,75	2,22	0,29	0,47	295,42	27,55	9,98	79,75
500	10	5,48	2,18	0,25	0,38	283,08	26,90	9,50	70,75

Tabela 14. Influência dos níveis de cloreto de potássio e fino do carvão, sobre os teores de nutrientes nas folhas de berinjela, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

Doses de KCl	Doses de Carvão	Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Mn
Kg/ha	Ton/ha	-----g kg <sup>-1</sup> -----				-----mg kg <sup>-1</sup> -----		
0	0	80,01	9,58	42,54	9,65	423,50	68,50	203,10
0	5	77,88	8,62	40,54	9,18	434,00	58,00	170,00
0	10	82,26	7,02	37,78	8,36	358,00	49,00	195,00
125	0	80,91	8,87	44,48	7,86	424,83	57,17	125,83
125	5	84,26	9,35	44,35	9,65	369,33	44,47	146,67
125	10	82,47	8,53	43,93	9,59	325,33	73,33	164,67
250	0	98,68	9,45	41,83	10,42	491,33	86,67	148,00
250	5	92,54	8,69	43,53	8,67	440,00	86,67	138,67
250	10	84,88	8,86	47,54	9,46	409,00	95,00	103,33
375	0	90,66	8,51	44,11	9,07	418,00	86,67	150,00
375	5	85,39	8,35	45,85	9,58	472,00	78,00	160,00
375	10	76,48	8,40	42,62	8,20	486,00	78,00	138,00
500	0	82,66	8,60	49,23	11,81	368,00	99,33	122,00
500	5	71,42	5,86	47,32	7,89	411,00	71,00	158,00
500	10	81,02	7,95	44,45	8,86	410,00	67,33	154,67

Tabela 15. Análise econômica detalhada para o cultivo de um hectare de berinjela em Latossolo Amarelo Antrópico, submetida a doses de cloreto de potássio e do fino de carvão, Iranduba – AM, Agosto de 2005.

T	Doses De KCl	Doses de Carvão	P	B	KCl	C	TK	TC	CF	CMA	CTR	RB	Lucro (RB-CT)
	kg	ton	ton		-----R\$-----					-----R\$ ha <sup>-1</sup> -----			
1	0	0	13,58	1	1,2	20	0	0	4.867	0	4.867	13.575	8.708
2	0	5	23,17	1	1,2	20	0	100	4.867	100	4.967	23.168	18.201
3	0	10	21,86	1	1,2	20	0	200	4.867	200	5.067	21.855	16.788
4	125	0	20,64	1	1,2	20	150	0	4.867	50	5.017	20.643	15.626
5	125	5	25,08	1	1,2	20	150	100	4.867	150	5.117	25.078	19.961
6	125	10	23,03	1	1,2	20	150	200	4.867	250	5.217	23.028	17.811
7	250	0	27,77	1	1,2	20	300	0	4.867	50	5.167	27.773	22.606
8	250	5	27,54	1	1,2	20	300	100	4.867	150	5.267	27.540	22.273
9	250	10	30,53	1	1,2	20	300	200	4.867	250	5.367	30.528	25.161
10	375	0	30,78	1	1,2	20	450	0	4.867	50	5.317	30.783	25.466
11	375	5	27,83	1	1,2	20	450	100	4.867	150	5.417	27.833	22.416
12	375	10	23,32	1	1,2	20	450	200	4.867	250	5.517	23.320	17.803
13	500	0	24,38	1	1,2	20	600	0	4.867	50	5.467	24.375	18.908
14	500	5	24,75	1	1,2	20	600	100	4.867	150	5.567	24.745	19.178
15	500	10	22,87	1	1,2	20	600	200	4.867	250	5.667	22.873	17.206

T = tratamento;

B = preço por quilograma de berinjela pago na propriedade ao produtor;

P = Produção de berinjela por hectare;

KCl = preço por kilograma de KCl;

C = preço por tonelada do fino de carvão;

TK = total gasto com KCl por hectare;

TC = total gasto com fino de carvão por hectare;

CF = Custo fixo regional;

CMA = Custo de Mão-de-obra para aplicação dos tratamentos;

CTR = Custo total regional;

RB = Receita bruta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACAVE. Associação de Florestas Renováveis. Disponível em:

<http://www.abracave.com.br>. Acesso em: 10 março de 2006.

Alfaia, S.; Souza, L. 2002. Perspectivas de uso e manejo dos solos na Amazônia. In: Araújo, Q. R. (Org). *500 Anos de Uso e Manejo dos Solos na Amazônia*. Ilhéus, BA: Editus, pp 311-327.

Antal Jr, M.; Gronli, M. 2003. The art, science and technology of charcoal production. *Ind. Eng. Chem. Res.* 42:1619-1640

Antonini, A.; Robles, W.; Tessarioli Neto, J.; Kluge, R. 2002. Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. *Horticultura Brasileira*, 20: 646-648

Balée, W. 1989. The culture of Amazonian Forest. *Advances in Economic Botany*, 7: 1-21.

Bataglia, O.; Furlani, A.; Gallo, J. P.; Romano, J. 1983. *Métodos de análise química de planta*. Boletim Técnico, 78. Campinas, Instituto Agrônomo. p.48

Bataglia, O. 2005. Métodos diagnósticos da nutrição potássica com ênfase no DRIS. In: Yamada, T.; Roberts, T. (Eds). *Potássio na Agricultura Brasileira*, POTAFOS. Piracicaba: pp. 321-341.

Batjes, N.; Sombroek, W. 1997. Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. *Global Change Biology*, 3: 161-173.

Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. In: Black, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, p. 1149 – 1178.

- Burke, I.; Elliot, E.; Cole, C. 1995. Influence of macroclimate, landscape position, and management on soil organic matter in agroecosystems. *Ecological Applications*, 5: 124-131.
- Carvalho, J.; Santana, M.; Pereira, G. 2004. Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). *Engenharia Agrícola*, 24(2): 320-327.
- Castro, C. M.; Alves, B. J. R.; Almeida, D. L.; Ribeiro, R. L. D. 2004. *Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico*. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 39, n. 8, p.779-785.
- Chidumayo, E. 1994. Effects of wood carbonization on soil and initial development of seedlings in miombo woodland, Zâmbia. *Forest Ecology Manage*, 70:353-357
- Cochrane, T., Sánchez, L., Azevedo, L., Porras, J., Garver, C. 1985. *Land in Tropical America*. Vol.1. CIAT/EMBRAPA-CPAC. 29p.
- Coelho, R.R.; Benites, V.M.; Bon, E.P.; Sacramento, D.S. 2003. *Avaliação do crescimento de actinomicetos em substratos contendo subprodutos da carbonização vegetal visando a produção de ácidos húmicos*. Grupo Brasileiro da IHSS. VEBSH. UFPR. 15p.
- Denevan, W.M. 1992. The Aboriginal Population of Amazonia. In: Denevan, W.M. (ed.). *The Native Population of the Americas in 1942*. Madison, University of Wisconsin Press. p. 205-234.
- Denevan, W.M. 1996. A Bluff Model of Riverine Settlement in Prehistoric Amazonia. *Annals of the Association of American Geographers*, 86(4): 654-681.
- Denevan, W. 1998. Comments on Prehistoric Agriculture in Amazonia. *Culture & Agriculture*, 20(2/3): 54-59.
- Denevan, W.M. 2001. *Cultivated Landscapes of Native Amazonia and the Andes*.

New York, Oxford University Press. 396p.

- Denevan, W. 2004. Semi Intensive Pré-Eropean Cultivation and the Origins of Antropogenic Dark Earths in Amazonia. In: Glaser, B.; Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earths: Exploration in Space and Time*. Springer – Verlag, Berlin. pp 135-141
- Eden, M.J.; Bray, W.; Herrera, L.; McEwan, C. 1984. Terra Preta Soils and Their Archaeological Context in the Caqueta Basin of Southeast Colombia. *American Antiquity*, 49(1): 125-140.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1999. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. EMBRAPA Solos. Rio de Janeiro, 412 pp.
- EMBRAPA. Manual de Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. EMBRAPA/CNPS. 1997. 212 p
- Fageria, N. 1998. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2:6-16.
- Falcão, N.; Carvalho, E.; Comerford, N. 2001. Avaliação da fertilidade de solos antropogênicos da Amazônia Central. In: *Congresso da Sociedade de Arqueologia Brasileira, XI*. Grupo de trabalho: Terras Pretas Arqueológicas na Amazônia: estudo da arte. Rio de Janeiro.
- Falcão, N. P. S.; Borges, L. F. 2006. *Efeito da fertilidade de terra preta de índio da Amazônia Central no estado nutricional e na produtividade do mamão hawaií (Carica papaya L.)*. Acta Amazônica , VOL. 36(4): 401 – 406p
- Fearnside, P.; Graça, P.M.; Leal Filho, N.; Rodrigues, F.J.; Robinson, J. 1999. Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: Measurement of biomass loading efficiency and charcoal formation at Altamirá, Pará. *Forest Ecology and Management*, 123:65-79
- Fearnside, P. M. 2000. Global warming and tropical land-use change: greenhouse



gas emissions from biomass burning , decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation an secondary vegetation . *Clime Change*, 46:115-158

Filgueira, F. 2000. *Novo Manual de olericultura: agroecologia moderna na produção e comercialização de hortaliças – Viçosa – UFV*. 402p

Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. 1998. Black carbon in soils: the use of benzenecarboxylic acids as specific markers . *Organic Geochemistry*, 29: 811-819.

Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. 2001. The Terra Preta phenomenon - a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88: 37-41.

Glaser, B.; Lehmann, J.; Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biol. Fert. Soils*, 35: 219-230.

Gourou, P. 1949. Observações Geográficas na Amazônia. *Rev. Bras. Geog.*, 11: 354-408.

Homheld, V. 2005. Efeito do potássio nos processos da rizosfera e na resitencia das plantas às doenças. In: In: Yamada, T.; Roberts, T. (Eds). *Potássio na Agricultura Brasileira*, POTAFOS. Piracicaba: pp. 301-319.

Junk, W. J. 1997. General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian Floodplains.. In: JUNK, W. J. (Eds). *Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System*. Berlin: Springer. p.3-20. ( Ecological Studies, 126).

- Kern, D. C.; Kämpf, N. 1989. Efeitos de Antigos Assentamentos Indígenas na Formação de Solos com Terra Preta Arqueológicas na região de Oriximiná-PA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 13: 219-225.
- Kern, D.C.; Costa, M.L.; Frazão, F.J.L. 1999. Geoquímica de sítio arqueológico com Terra Preta no centro da cidade de Quatipuru - PA. *VI Simpósio de Geologia da Amazônia*, Belém. Boletim de Resumos expandidos. Manaus-AM.
- Kern, D.C. 2002. Solos de Terra Preta podem ser solução para a agricultura na Amazônia. Disponível em: <<http://www.museu-goeldi.br/destaqueamazonia/tpa.htm>> Acesso em: 29 mai. 2005.
- Kern, D.; Costa, M.; Frazão, F. 2004. Evolution of the Scientific Knowledge Regarding Archaeological Black Earths of Amazônia. In: Glaser, B.; Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earths: Exploration in Space and Time*. Springer – Verlag, Berlin. 19-28.p
- Krauss, A. 2005. Potassium effects on yield quality. In: Yamada, T.; Roberts, T. (Eds). *Potássio na Agricultura Brasileira, POTAFOS*. Piracicaba: 281-296 p
- Lal, R., Kimble, J. and Follett, R., 1997. Land use and soil C pools in terrestrial ecosystems. In: Lal, R., Kimble, J., Follett, R., and Stewart, B. A. (Eds). *Management of Carbon Sequestration in soil*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Lehmann, J.; Da Silva Jr., J.; Rondon, M.; Cravo, M.; Greenwood, J.; Nehls, T.; Steiner, C.; Glaser, B. 2002. *Slash and char - a feasible alternative for soil fertility management in the Central Amazon?* In: Proc. 17<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand, International Union of Soil Science, 449, 1-12.
- Lehmann, J.; Kern, D.; Germann, L.; Mccann, J.; Martins, G.; Moreira, A. 2003a. Soil fertility and production potential. In: Lehmann, J.; Kern, D.; Glaser, B. and

Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earth: Origin, Properties, Management*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands, 105-124 p

Lehmann, J.; Da Silva Jr., J.; Steiner, C.; Nehls, T.; Zech, W.; Glaser, B. 2003b. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferrasol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil*, 249:343-357.

Lehmann, J. 2006. *Black is the new green*. *Nature*, V 442:10.

Liang, B.; Lehmann, J.; Solomon, D.; Grossman, J.; O'Neill, B.; Skjemstad, J. O.; Thies, D.; Luizão, F. S.; Petersen, J.; Neves, E. G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Soc. American Journal*. 70:1719-1730

Lima, H. 2001 *Gênese, química, mineralogia e micromorfologia de solos da Amazônia Ocidental*. Viçosa: UFV, 176p.

Madari, B.; Benites, V.; Cunha, T. 2003. The effect of management on the fertility of Amazonian Dark Earth Soils. In: Lehmann, J.; Kern, D.; Glaser, B. and Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earth: Origin, Properties, Management*. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands, 407-423 p

Madari, B.; Sombroek, W.; Woods, W. 2004. Research on Anthropogenic Dark Earth Soils. Could It Be a Solution for Sustainable Agricultural Development in the Amazon?. In: Glaser, B.; Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earths: Exploration in Space and Time*. Springer – Verlag, Berlin, 169-181 p

Malavolta, E. 1980. *Elementos de Nutrição Mineral de Plantas*. Editora Agronômica Ceres. São Paulo, 251 p.

Malavolta, E. 1989. *ABC da Adubação* – Ed Agronômica Ceres 5 eds. – São Paulo. 229 p.

- Malavolta, E.; Vitti G. C.; Oliveira, S. A. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas princípios e aplicações. Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. Atual, Piracicaba. 319 p
- Malavolta, E.; Pimentel-Gomes, F.; Alcarde, J.C. 2002. *Adubos e adubações*. Nobel. São Paulo, 200 p
- Meggers, B.J.; Dias, O.F.; Miller, E.T.; Perota, C. 1988. Implications of Archeological Distribution in Amazonia, *In: Heyer, W.R.; Vanzolini, P.E. (eds.). Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns*, Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências. 275-294 p
- Mielniczuk, J. 2005. Manejo Conservacionista da adubação potássica. *In: Yamada, T.; Roberts, T. (Eds). Potássio na Agricultura Brasileira, POTAFOS*. Piracicaba, 165-176 p
- Neves E. G.; Petersen J. B.; Bartone R. N. & Da Silva C.A. 2003. Historical and social – cultural origins of Amazonian Dark Earths. *In: J Kern DC, Glaser B. and Woods W.I.(Eds). Amazonian Dark Earths:Origins Properties, Management*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 29-49 p
- Oades, J. 1984. Soil organic matter and structural stability: a mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, 76: 319-337.
- Oguntude, P.; Fosu, M.; Ajayi, Ayoele.; Giesen, N. 2004. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and textures of soil. *Biol. Fertil. Soils*, 39:295-299
- Orjuela, H. 1989. *El suelo: una visión sobre sus componentes bioorgánicos*. Serie Investigaciones N° 1. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia. 447p.
- Parton, W.; Stewart, J.; Cole, C. 1988. Dynamics of C, N, P and S in grassland soils: a model. *Biogeochemistry*, 5: 109-131.

- Piccolo, A.; Pietramellara, G.; Mbagwu, J.S. 1997. Use of humic substances as soil conditioners to increase aggregate stability. *Geoderma*, 75: 267-277
- Raij, B. V. 1991. *Fertilidade do solo e adubação*. Ceres, POTAFOS, Piracicaba – SP. 343 p.
- Raij, B. V.; Cantarella, H.; Quaggio, J.; Furlani, A. M.C. 1996. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Boletim Técnico, 100. 2ª ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC. 285 p.
- Ranzani, G.; Kinjo, T.; Freire, O. 1970. Ocorrências de “Plaggen Epipedon” no Brasil. *Not. Geomorfol.*, Campinas, 10:55-62
- Ribeiro, C.S.C. da; Brune, S.; Reifschneider, F.J.B. 1998. *Cultivo da berinjela (Solanum melongena L.)*. Brasília.: Embrapa Hortaliças. 23p (Instruções técnicas).
- Roosevelt, A.C. 1989. Resource Management in Amazonia Before the Conquest: Beyond Ethnographic Projection, *Advances in Economic Botany*, 7: 30-62.
- Roosevelt, A.; Costa, M.; Lopes, C.; Michab, M.; Mercier, N.; Valladas, H.; Feather, J.; Barnett W.; Silveira, M.; Henderson, A.; Sliva, J.; Chernoff, B.; Reese, D.; Holman, J.; Toth, N.; Schick, K. 1996. Paleoindian cave dwellers in the Amazon: the peopling of the Americas. *Science*, 272, 373-384
- Sanchez, P.A.; Bandy, D. ; Villarica, J. ; Nicholaides, J. 1982. Amazon Basin soils :management for continuous crop production. *Science*, 216 :821-827
- Santos, J.W. ; Ghei, H. R. 2003. *Estatística Experimental Aplicada.. Tópicos de Engenharia Agrícola e Agronomica*. Campina Grande. 213p.

- Sarruge, J. R. & Haag, H. P. 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 56p.
- 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
- Seiler, W & Crutzen, P.J. 1980. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning. *Climatic Change*, 2: 207-247
- Silva, M.; Boaretto .; Melo A.; Fernandes H.; Scivittaro W. 1999. Rendimento e qualidade de frutos de pimentão Cultivado em ambiente protegido em função do nitrogênio e potássio aplicados em cobertura. *Scientia Agrícola* , 56(4):1199-1207.
- Silva, A. C. S. *Avaliação da fertilidade de solos antropogênicos (terra preta de índio) com ênfase na biodisponibilidade do fósforo*. Master's Thesis. Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias, Manaus. Amazonas. 105pp.
- Sioli, H. 1951. *Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica*. Belém, IPEAN. p.3-44 (IPEAN. Boletim Técnico, 24).
- Smith, N.J.H. 1980. Anthrosols and Human Carrying Capacity in Amazonia. *Annals of the Association of American Geographers*, 70(4): 553-566.
- Sombroek, W. 1966. *Amazon Soil. A Reconnaissance of the Soils of the Brazilian Amazon Region*. Wageningen, Centre for agricultural publication and documentation. 283pp.
- Sombroek, W.; Kern, D.; Rodrigues, T.; Cravo, M.S.; Jarbas, T.C.; Woods, W.; Glaser, B. 2002. Terra Preta and Terra Mulata: pre-Columbian Amazon

kitchens middens and agricultural fields, their sustainability and their replication. In: Proc. 17<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand, International Union of Soil Science. Pap. 1935: 14-21.

Steiner, C.; Teixeira W.G.; Zech, W. 2004. Slash and Char: An Alternative To Slash and Burn Practiced In The Amazon Basin. In: Glaser, B.; Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earths: Exploration in Space and Time*. Springer – Verlag, Berlin, pp.183-193.

Steiner, C.; Teixeira, W. G.; Lehmann, J.; Nehls, T.; Macêdo, J. L. V.; Blum, W. E. H.; Zech, W. 2007. *Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil*. Plant Soil 291:275–290

Syred, C.; Griffiths, A.; Syred, N.; Beedie, D.; James, D. 2006. A clean, efficient system for producing Charcoal, Heat and Powder (CHaP). *Fuel* , 85:1566-1578.

Swift, M.; Heal, O.; Anderson, J. 1979. *Decomposition in terrestrial ecosystem*. Studies in Ecology, Volume 5. Blackwell Scientific Publications. 372p.

SUDAM. 1984. *Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira*. SUDAM/Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. Belém, (Publicação, 39). p.36.

Tiessen, H.; Cuevas, E.; Chacon, P. 1994. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature*. 371: 783-785.

Topliantz, S.; Ponge, J. F.; Ballof, S. 2005. *Manioc peel and charcoal: a potential amendment for sustainable soil fertility in the tropics*. Biological Fertility Soil. V 41: 15-21

Trompowsky, P. M.; Benites, Vinicius .; 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.

- Woods, W.I. 1995. Comments on the Black Earth of Amazonia. *Papers and Proceedings of Applied Geography Conferences*, 18: 159-165.
- Woods, W.I.; McCann, J..M. 1999. The Anthropogenic Origin and Persistence of Amazonian Dark Earths. *Conference of Latin Americanist Geographers*, 25: 7-14.
- Woods, W.; Glaser, B. 2004.; Towards an Understanding of Amazon Dark Earths. In: Glaser, B.; Woods, W. (Eds). *Amazonian Dark Earths: Exploration in Space and Time*. Springer – Verlag, Berlin, 1-8 p
- Zech, W.; Haumanier, L.; Hempling, R. 1990. Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. In: McCarthy, P.; Clapp, C.; Malcolm, R.; Bloom, P. (Eds). *Humic Substances in Soil an Crop Sciences. Selected Readings* .American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, 187-202 p.
- Zehler, E.; Kreipe, H.; G, P.A. 1986. *Sulfato de potássio e Cloreto de potássio sua influencia na produção e na qualidade das plantas cultivadas*. Campinas, SP. 109 pp.