

**EFEITOS DE DIFERENTES SISTEMAS DE  
CULTIVO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS  
E PRODUTIVIDADE DO SOLO**



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA  
Vinculada ao Ministério da Agricultura  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU  
Belém, PA.

## **MINISTRO DA AGRICULTURA**

Nestor Jost

### **Presidente da EMBRAPA**

Eliseu Roberto de Andrade Alves

### **Diretoria Executiva da EMBRAPA**

Ágide Gorgatti Netto	— Diretor
José Prazeres Ramalho de Castro	— Diretor
Raymundo Fonsêca Souza	— Diretor

### **Chefia do CPATU**

Cristo Nazaré Barbosa do Nascimento	— Chefe
José Furlan Júnior	— Chefe Adjunto Técnico
José de Brito Lourenço Junior	— Chefe Adjunto Administrativo

**EFEITOS DE DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NAS  
PROPRIEDADES FÍSICAS E PRODUTIVIDADE DO SOLO**

**Antonio Ronaldo Camacho Baena**

**Saturnino Dutra**

**Paulo Choji Kitamura**



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA**  
**Vinculada ao Ministério da Agricultura**  
**Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU**  
**Belém, PA**

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à  
EMBRAPA-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/nº  
Caixa Postal, 48  
66.000 - Belém, PA  
Telex : (091) 1210

Tiragem : 1.000 exemplares

Comitê de Publicações : José Furlan Júnior — Presidente  
Mário Dantas  
Alfredo Kingo Oyama Homma  
Paulo Choji Kitamura  
Nazira Leite Nassar  
Emanuel Adilson Souza Serrão  
Luiz Octávio Danin de Moura Carvalho  
Maria de Lourdes Reis Duarte  
Emmanuel de Souza Cruz  
José Natalino Macedo Silva  
Ruth de Fátima Rendeiro Palheta

Baena, Antonio Ronaldo Camacho

Efeito de diferentes sistemas de cultivo nas propriedades físicas e produtividade do solo, por Antonio Ronaldo Camacho Baena, Saturnino Dutra e Paulo Choji Kitamura. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1985.

22p. ilust. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 67).

1. Física do solo. 2. Solo — Utilização na agricultura. 3. Planta alimentícia — Relação com solo. I. Dutra, Saturnino. II. Kitamura, Paulo Choji. III. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. IV. Título. V. Série.

CDD : 631.43

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	6
MATERIAL E MÉTODOS .....	7
Calendário de atividades — Belém .....	9
Calendário de atividades — Capitão Poço .....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
CONCLUSÕES .....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	22

## **EFEITOS DE DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO NAS PROPRIEDADES FÍSICAS E PRODUTIVIDADE DO SOLO**

**Antonio Ronaldo Camacho Baena<sup>1</sup>**

**Saturnino Dutra<sup>1</sup>**

**Paulo Choji Kitamura<sup>1</sup>**

**RESUMO:** O sistema de cultivo que melhor se adapta às condições tropicais, sem agressão ao meio ambiente e com bases contínuas de produção é assunto bastante polêmico. Alguns apontam a mecanização como um indicativo de desenvolvimento, enquanto outros afirmam ser o sistema tradicional manual, o que causa menos danos ao solo. Foram estudados os sistemas de cultivo manual e mecanizado, em solo Latossolo Amarelo, textura média de Belém, PA e em solo Latossolo Amarelo textura argilosa de Capitão Poço, PA. Na maioria dos casos, o sistema mecanizado produziu mais do que no sistema manual, apesar de não existirem diferenças significantes nas propriedades físicas dos solos entre tratamentos por data e profundidade. A diferença marcante das modificações nas propriedades físicas se fazem sentir com o tempo, dentro dos tratamentos e profundidades. Em Belém, o Latossolo Amarelo textura média sofreu compactação, enquanto que em Capitão Poço, ocorreu uma melhora nas propriedades físicas do Latossolo Amarelo textura argilosa, com o aumento da porosidade total e a diminuição da densidade aparente.

**Termos para indexação:** cultivo, manejo, solo, propriedades físicas, densidade, porosidade, produtividade.

## **EFFECTS OF CULTIVATION SYSTEMS ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND PRODUCTIVITY**

**ABSTRACT:** Cultivation system that best suits on the Tropics, not disturbing the environment and keeping agricultural production on a sustained level, is a matter for discussion. Some point out that mechanization is necessary for a better development and some agree that the traditional manual system causes less damage to the soil. Manual and mechanized systems were studied on a yellow Latosol medium texture of Belém-Pa, as on a yellow Latosol clayey texture

<sup>1</sup> Eng. Agr., M.Sc., EMBRAPA-CPATU. Caixa Postal 48 CEP: 66000. Belém, PA

of Capitão Poço-Pa. Despite the fact that there are no significant differences on the soil physical proprieties among treatments by data and depth, the mechanized system yielded higher than the manual one. The greatest differences on the physical proprieties can be seen with time inside treatment and depth. In Belém the yellow Latosol medium texture showed compaction, while the yellow Latosol clayey texture of Capitão Poço improved its physical proprieties with an increase of the total porosity and a decrease of the bulk density.

Index terms : cultivation, management, soil, physical, proprieties, density, porosity, productivity.

## INTRODUÇÃO

Nas regiões de trópico úmido, a adoção de práticas de cultivo do solo pelo sistema tradicional manual ou mecanizado é, atualmente, assunto bastante controvertido. Qual o sistema ou sistemas de uso do solo, visando a maior produtividade, que melhor se adapta às condições do meio ambiente? Essa pergunta deve-se fazer quando se pensa na exploração racional destas áreas.

O sistema tradicional manual foi, em 1957, oficialmente condenado pela FAO (FAO, 1957) como o principal motivo de deterioração e erosão do solo, causando a perda de imensas áreas. Naquela época, a FAO solicitava aos governos a proibição imediata do sistema tradicional de cultivo. Posteriormente, estudos da FAO ainda mantinham este ponto de vista, porém com menos veemência (Watters 1971 e FAO 1974). Nos últimos anos, estudos ecológicos mais recentes suportam argumentos no outro extremo: o sistema tradicional manual é considerado como o que menos agride o meio ambiente e o mais recomendado para áreas de baixa densidade demográfica que possibilitem períodos adequados de pousio e o que exige menor investimento de capital.

A mecanização do solo tem como principal finalidade melhorar a sua estrutura, propiciando um ambiente favorável ao crescimento da planta, aumentando sua produtividade. O sistema mecanizado, que implica em grandes investimentos, seria o mais aconselhado para os grandes empreendimentos, que envolvem extensas áreas plantadas, onde existe dificuldade de mão-de-obra disponível. Este sistema tem como principais desvantagens a dificuldade da manutenção do equipamento nos locais mais distantes, além da neces-

cidade de mão-de-obra especializada. Sob o ponto de vista agrônomo, algumas experiências demonstram que o uso indevido ou excessivo da mecanização causa, no decorrer do tempo, a compactação do solo, acarretando mudanças indesejáveis em sua estrutura, prejudicando a sua produtividade.

O fato é que qualquer que seja o sistema utilizado, o cultivo do solo modifica as condições do meio ambiente existente anteriormente e o conhecimento atual dos diversos fatores que determinam a produtividade em diversos tipos de solo submetidos a diferentes sistemas de manejo é, no momento, insuficiente para se definir sistemas seguros, econômicos e de imediata aplicação.

Desta maneira, para se avaliar as implicações técnicas e econômicas de estratégias alternativas de manejo para produzir alimentos nos trópicos, torna-se necessário que modelos de sistemas de cultivo sejam melhor estudados, levando-se em consideração as interações entre solo, clima e aspectos socioeconômicos específicos do local.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento teve como principal finalidade observar os efeitos do cultivo manual e mecanizado sobre algumas propriedades físicas dos solos e suas influências na produção agrícola.

Inicialmente, este experimento foi executado em solo do tipo Latossolo Amarelo textura média, em local de relevo plano e que já havia sido usado intensivamente com experimentos anteriores, em área do CAPTU, em Belém, recoberta por vegetação de gramíneas e ciperáceas.

O delineamento experimental constou de três tratamentos assim discriminados :

- T<sub>1</sub> — regeneração
- T<sub>2</sub> — culturas de ciclo curto com preparo de área e cultivo manual
- T<sub>3</sub> — culturas de ciclo curto com preparo de área mecanizado (uma aração e duas gradagens)

Em Belém, cada tratamento contou com quatro repetições, perfazendo o total de doze parcelas, medindo cada uma 10 x 10 m,

dispostas em blocos ao acaso. Entre cada parcela foram mantidas ruas com 2 m de largura, para trânsito de máquinas e implementos.

Em uma segunda etapa, o experimento foi instalado em solo Latossolo Amarelo textura argilosa relevo plano de mata virgem, no Campo Experimental de Capitão Poço, sendo que neste foram feitas três repetições para cada tratamento, no total de nove parcelas.

Em Capitão Poço, o preparo inicial de toda a área do experimento foi feito pelo processo tradicional manual de broca, derruba, queima, encoivramento e destoca.

Em Belém, nas quadras com culturas de ciclo curto ( $T_2$  e  $T_3$ ), foi feita a calagem na dose de 2,5 t/ha de calcário dolomítico e adubação com 20 kg de N/ha, 60 kg de  $P_2O_5$ /ha e 40 kg de  $K_2O$ /ha, para cada ciclo de cultura, de acordo com sugestões de adubação e calagem de "Soil Testing". Em Capitão Poço, pelo fato de se tratar de área de mata virgem, em que as cinzas da queimada têm efeito semelhante a uma calagem inicial, foi feita apenas adubação, seguindo as mesmas doses utilizadas para Belém.

O nitrogênio na dose de 1 kg de sulfato de amônio por quadra, para o milho e arroz, foi aplicado, parceladamente, correspondendo 1/3 do total dez dias após o plantio, em sulcos laterais distantes 8 cm da linha do plantio, a 5 cm de profundidade. Os 2/3 restantes aplicados 45 dias após o plantio, em cobertura seguindo a linha de plantio, a cerca de 10 cm de distância. Para o caupi, o nitrogênio foi aplicado de uma só vez dez dias após o plantio, em sulcos laterais a 8 cm de distância da linha do plantio e 6 cm de profundidade.

O fósforo, na quantidade de 1,33 kg de superfosfato triplo por quadra, para todas as culturas, foi aplicado de uma só vez antes do plantio, a uma profundidade de  $\pm$  6 cm, na linha do plantio.

O potássio, na quantidade de 0,67 kg de cloreto de potássio por quadra, para o milho e arroz, foi aplicado metade junto com o fósforo na linha do plantio. A outra metade foi aplicada junto com o nitrogênio dez dias após o plantio. Para o caupi, o potássio foi aplicado de uma só vez, antes do plantio, juntamente com o fósforo.

O caupi e o arroz foram plantados no espaçamento 0,30 m x 0,30 m e o milho no espaçamento 1,0 m x 0,40 m.

O preparo do solo para plantio das culturas de ciclo curto consistiu, inicialmente, de capina nas quadras T<sub>2</sub> e uma aração e duas gradagens nas quadras T<sub>3</sub>. As capinas foram feitas mensalmente nas entrelinhas de plantas.

Periodicamente foram coletadas amostras de solo indeformadas em anéis volumétricos de 100 cc, em número de três repetições por quadra, à profundidade 15 e 30 cm, para determinação de densidade aparente e porosidade total. As determinações foram feitas no Laboratório de Solos do CPATU e os resultados foram analisados estatisticamente no Departamento de Métodos Quantitativos do CPATU.

As principais atividades encontram-se na seguinte ordem cronológica :

### **Calendário de Atividades — Belém**

- 01/79 — Demarcação das quadras.
  - Primeira amostragem de solo para caracterização dos valores da porosidade total e densidade aparente.
- 05/79 — Preparo das quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> para plantio de caupi. Nas quadras T<sub>2</sub> foi feita capina manual e nas quadras T<sub>3</sub> aração e gradagem.
  - Calagem e adubação para o caupi nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.
  - Plantio do caupi nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.
- 06/79 — Capina manual nas entrelinhas do caupi e combate à saúva.
- 07/79 — Capina manual nas entrelinhas do caupi e combate à saúva.
  - Colheita do caupi. Obs : As produções médias de 1.387 kg/ha para as quadras T<sub>3</sub> e 975 kg/ha para as quadras T<sub>2</sub> não foram levadas em consideração devido ao intenso ataque de saúva.
- 09/79 — Segunda amostragem de solo.
- 12/79 — Preparo das quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> para plantio de milho. Nas quadras T<sub>2</sub> foi feita capina manual e nas quadras T<sub>3</sub> uma aração e duas gradagens.
  - Adubação para o milho nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.
  - Plantio do milho nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.

- 01/80 — Capina nas entrelinhas do milho.  
 — Combate à saúva.  
 — Segunda parcela de adubação do milho.
- 02/80 — Terceira amostragem de solo.  
 — Capina nas entrelinhas do milho. Obs: A produção foi perdida devido a invasão de animais.
- 05/80 — Roçagem manual nas quadras T<sub>2</sub> e mecanizada com roçadeira nas quadras T<sub>3</sub>.  
 — Preparo das quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> para plantio de caupi. Nas quadras T<sub>2</sub> foi feita capina manual e nas quadras T<sub>3</sub> aração e gradagem.  
 — Adubação para o caupi nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.  
 — Plantio do caupi nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.
- 06/80 — Capina nas entrelinhas do caupi.  
 — Quarta amostragem de solo.
- 07-08/80 — Colheita do caupi nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.
- 11/80 — Quinta amostragem de solo.
- 01/81 — Preparo das quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> para plantio de milho. Nas quadras T<sub>2</sub> foi feita capina manual e nas quadras T<sub>3</sub> aração e gradagem.  
 — Adubação para o milho nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.  
 — Plantio do milho nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.
- 02/81 — Capina nas entrelinhas do milho.  
 — Segunda parcela de adubação de milho.
- 03/81 — Capina nas entrelinhas do milho.
- 04/81 — Capina nas entrelinhas do milho. Obs: O experimento foi perdido devido à ação de vândalos.
- 05/81 — Preparo das quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> para plantio de caupi. Nas quadras T<sub>3</sub> aração e gradagem.  
 — Adubação para o caupi nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.  
 — Plantio do caupi nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.
- 06/81 — Capina nas entrelinhas do caupi.
- 07/81 — Capina nas entrelinhas do caupi.  
 — Sexta amostragem de solo.  
 — Colheita do caupi. Obs: Foi concluída em 08/81.

## Calendário de Atividades — Capitão Poço

- 06/81 — Escolha de área.
- 08/81 — Broca e derruba.
- 11/81 — Queima e encoivramento.
- 12/81 — Destoca manual.
- 01/82 — Demarcação das quadras e primeira amostragem de solo.  
— Preparo das quadras  $T_2$  e  $T_3$  para plantio do arroz. Nas quadras  $T_2$  foi feita capina manual e nas quadras  $T_3$  aração e gradagem.  
— Plantio de arroz nas quadras  $T_2$  e  $T_3$ .  
— Adubação para plantio de arroz.
- 02/82 — Segunda parcela de adubação do arroz.  
— Capina nas entrelinhas do arroz.  
— Segunda amostragem de solo.
- 03/82 — Capina nas entrelinhas do arroz.
- 04/82 — Capina nas entrelinhas do arroz.
- 05/82 — Capina nas entrelinhas do arroz.
- 06/82 — Colheita do arroz nas quadras  $T_2$  e  $T_3$ .
- 07/82 — Preparo das quadras  $T_2$  e  $T_3$  para plantio do caupi. Nas quadras  $T_2$  foi feita capina manual e nas quadras  $T_3$  aração e gradagem.  
— Terceira amostragem de solo. Obs: Foi feita após o preparo do solo.  
— Adubação para o caupi nas quadras  $T_2$  e  $T_3$ .  
— Plantio do caupi nas quadras  $T_2$  e  $T_3$ .
- 08/82 — Capina nas entrelinhas do caupi.
- 09/82 — Capina nas entrelinhas do caupi.
- 10/82 — Colheita do caupi.  
— Quarta amostragem de solo.
- 12/82 — Quinta amostragem de solo.  
— Preparo das quadras  $T_2$  e  $T_3$  para plantio do milho. Nas quadras  $T_2$  foi feita capina manual e nas quadras  $T_3$  aração e gradagem.  
— Adubação para plantio do milho.  
— Plantio do milho nas quadras  $T_2$  e  $T_3$ .
- 01/83 — Capina nas entrelinhas do milho.  
— Segunda parcela de adubação do milho.

- 02/83 — Oitava amostragem de solo. Obs : Foi feita apenas nas quadras T<sub>1</sub>.  
 — Capina nas entrelinhas do milho.
- 03/83 — Sétima amostragem de solo.  
 — Capina nas entrelinhas do milho.
- 04/83 — Capina nas entrelinhas do milho.
- 05/83 — Colheita do milho nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.  
 — Preparo das quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> para plantio de caupi. Nas quadras T<sub>2</sub> foi feita capina manual e nas quadras T<sub>3</sub> aração e gradagem.  
 — Adubação para o caupi nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.  
 — Plantio do caupi nas quadras T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>.
- 06/83 — Capina nas entrelinhas do caupi.  
 — Oitava amostragem de solo. Obs : Foi feita apenas nas quadras T<sub>1</sub>.
- 07/83 — Capina nas entrelinhas do caupi. Obs : Foi constatada a ocorrência de intenso ataque de saúva em duas quadras T<sub>5</sub>.
- 08/83 — Colheita do caupi nas quadras T<sub>4</sub> e T<sub>5</sub>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a variação dos valores de densidade aparente (g/cc), entre datas por tratamento, às profundidades de 15 e 30 cm no solo Latossolo Amarelo textura média, em Belém, Pa.

**TABELA 1** — Variação dos valores de densidade aparente (g/cc) entre datas por tratamento nas profundidades de 15 e de 30 cm no solo LAm — Belém, PA.

Data	T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>3</sub>	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
01/79	1,59 cd	1,63 b	1,60 b	1,65 bc	1,60 b	1,63 b
09/79	1,55 d	1,58 c	1,58 bc	1,61 c	1,62 b	1,58 b
02/80	1,57 d	1,60 bc	1,60 b	1,63 bc	1,60 b	1,62 b
06/80	1,62 bc	1,62 b	1,62 b	1,64 bc	1,65 b	1,63 b
11/80	1,67 a	1,63 b	1,67 a	1,65 b	1,63 b	1,60 b
07/81	1,63 ab	1,66 a	1,68 a	1,69 a	1,72 a	1,69 a

Médias seguidas verticalmente da mesma letra não apresentam diferença significativa. Teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

De acordo com a Tabela 1, observa-se que em ambas as profundidades de quase todos os tratamentos, existe uma tendência para um ligeiro decréscimo dos valores da densidade aparente da segunda amostragem (09/79) em relação à primeira (01/79), e daí até a última (07/81) um aumento gradual destes valores. Observa-se também que este aumento da última para a primeira amostragem é estatisticamente significativo em todos os tratamentos e profundidades. Na profundidade superficial 15 cm, a magnitude do aumento da densidade cresce na ordem T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>. Esta mesma ordem ocorre na profundidade 30 cm, porém com menos intensidade.

A Tabela 2 mostra a variação dos valores de porosidade total (%), entre datas por tratamento e profundidade na área do Diogo, em Belém.

**TABELA 2 — Variação dos valores de porosidade total (%) entre datas por tratamento nas profundidades de 15 e 30 cm no solo LAm — Belém, PA.**

Data	T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>3</sub>	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
01/79	38,7 ab	37,5 b	38,0 abc	36,5 bc	38,2 ab	36,3 bc
09/79	38,7 ab	38,7 ab	37,7 bc	37,4 ab	36,6 b	38,2 abc
02/80	39,9 a	38,7 ab	39,6 a	37,6 ab	39,1 a	39,9 a
06/80	38,3 ab	38,0 ab	38,6 ab	37,7 ab	37,3 ab	38,9 ab
11/80	37,5 b	39,0 a	37,3 bc	38,2 a	38,7 a	40,5 a
07/81	37,4 b	36,2 c	36,3 c	35,9 c	33,4 c	35,5 c

Médias seguidas verticalmente de mesma letra não apresentam diferença significativa. Teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

A Tabela 2 mostra que a porosidade total apresenta variações com o tempo, ora aumentando e ora diminuindo seus valores em relação à amostragem inicial. Da primeira para a última amostragem ocorreu uma diminuição significativa apenas na profundidade de 30 cm do tratamento T<sub>1</sub> e na profundidade de 15 cm do tratamento T<sub>3</sub>, sendo nesta última, a diminuição mais expressiva, de 38,2% para 33,4%.

A Tabela 3 mostra a variação dos valores de densidade aparente entre tratamentos por data e profundidade, observados em Belém.

**TABELA 3 — Variação dos valores de densidade aparente (g/cc) entre tratamentos por datas nas profundidades de 15 e 30 cm, no solo LAm — Belém, PA.**

Tratamento	Prof. cm	D A T A					
		01/79	09/79	02/80	06/80	11/80	07/81
T <sub>1</sub>	15	1,59 a	1,55 b	1,57 a	1,62 a	1,67 a	1,63 c
T <sub>2</sub>	15	1,60 a	1,58 b	1,60 a	1,62 a	1,67 a	1,68 b
T <sub>3</sub>	15	1,60 a	1,62 a	1,60 a	1,65 a	1,63 a	1,72 a
T <sub>1</sub>	30	1,63 a	1,58 b	1,60 a	1,62 b	1,63 ab	1,66 b
T <sub>2</sub>	30	1,65 a	1,61 a	1,63 a	1,64 a	1,65 a	1,69 a
T <sub>3</sub>	30	1,63 a	1,58 b	1,62 a	1,63 a	1,60 b	1,69 a

Médias seguidas verticalmente da mesma letra à mesma profundidade não apresentam diferença significativa. Teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

A Tabela 3 mostra que na profundidade de 15 cm existe diferença significativa entre os tratamentos apenas nas datas 09/79 e 07/81. Nestas datas, a densidade aumentou na ordem T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, e este aumento foi mais expressivo em 07/81. Apesar de não significativa, em 11/80 o tratamento T<sub>3</sub> apresentou densidade menos baixa do que nos tratamentos T<sub>1</sub> e T<sub>2</sub>. Na profundidade de 30 cm a diferença entre os tratamentos é mais intensa do que na camada superficial de 15 cm, existindo diferença significativa entre os tratamentos nas datas 09/79, 11/80 e 07/81. Nas datas 09/79 e 11/80 o tratamento T<sub>2</sub> apresentou valores mais altos de densidade em relação aos demais, e na data 07/81 os tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> apresentaram os mesmos valores, porém superiores a T<sub>1</sub>.

A Tabela 4 mostra a variação dos valores de porosidade total entre tratamento por data e profundidade para Belém.

A Tabela 4 mostra na profundidade de 15 cm, variação significativa entre os tratamentos em 09/79 e 07/81, sendo que em ambas as datas o tratamento T<sub>3</sub> foi o que apresentou valor mais baixo de porosidade. Na profundidade de 30 cm as diferenças significantes estão nas datas 09/79 e 11/80 sendo que os valores mais baixos de porosidade correspondem ao tratamento T<sub>2</sub>.

**TABELA 4 — Variação dos valores de porosidade total (%) entre tratamentos por data nas profundidades 15 e 30 cm, no solo LAm — Belém, PA.**

Tratamento	Prof. cm	D A T A					
		01/79	09/79	02/80	06/80	11/80	07/81
T <sub>1</sub>	15	38,7 a	38,7 a	39,9 a	38,3 a	37,5 a	37,4 a
T <sub>2</sub>	15	38,0 a	37,7 ab	39,6 a	38,6 a	37,3 a	36,3 a
T <sub>3</sub>	15	38,2 a	36,6 b	39,1 a	37,3 a	38,7 a	33,4 b
T <sub>1</sub>	30	37,5 a	38,7 a	38,7 a	38,0 a	39,0 ab	36,2 a
T <sub>2</sub>	30	36,5 a	37,4 b	37,6 a	37,7 a	38,2 b	35,9 a
T <sub>3</sub>	30	36,3 a	38,2 ab	39,9 a	38,9 a	40,5 a	35,5 a

Médias seguidas verticalmente da mesma letra à mesma profundidade não apresentam diferença significativa. Teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

A Tabela 5 mostra a variação dos valores de densidade aparente, entre datas por tratamentos, nas profundidades de 15 e de 30 cm, em solo Latossolo Amarelo textura argilosa de Capitão Poço, PA.

**TABELA 5 — Variação dos valores de densidade aparente (g/cc) entre datas por tratamento nas profundidades de 15 e de 30 cm, no solo LAa — Capitão Poço, PA**

Data	T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>3</sub>	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
01/82	1,68 a	1,72 a	1,67 a	1,70 a	1,67 a	1,69 a
02/82	1,58 b	1,65 abc	1,58 b	1,66 ab	1,60 ab	1,64 ab
07/82	—	—	1,58 b	1,65 ab	1,60 ab	1,62 ab
10/82	1,60 b	1,66 ab	1,65 a	1,68 ab	1,65 a	1,62 ab
12/82	1,57 b	1,58 c	1,60 b	1,62 b	1,57 b	1,62 ab
02/83	1,59 b	1,64 bc	—	—	—	—
03/83	1,58 b	1,61 bc	1,60 b	1,63 b	1,57 b	1,59 b
06/83	1,59 b	1,64 bc	—	—	—	—

Médias seguidas verticalmente de mesma letra não apresentam diferença significativa. Teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

Conforme mostra a Tabela 5, ocorreu uma variação significativa na densidade do solo, no decorrer do tempo, em todos os tratamentos e profundidades. A profundidade de 15 cm no tratamento T<sub>1</sub> existe um decréscimo de densidade já na segunda amostragem, um mês após a primeira, e que se mantém estável nas demais. Os valores de densidade na última amostragem são significativamente mais baixos, em todos os tratamentos e profundidades, em relação à primeira.

A variação dos valores de porosidade total, entre datas de amostragem por tratamento, para o solo de Capitão Poço, às profundidades de 15 e de 30 cm, são mostradas na Tabela 6.

**TABELA 6 — Variação dos valores de porosidade total (%) entre datas por tratamento nas profundidades de 15 e de 30 cm, no solo LAa — Capitão Poço, PA.**

Data	T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>3</sub>	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
01/82	37,1 b	35,3 c	36,8 c	36,4 b	37,0 c	36,0 b
02/82	40,8 a	37,9 bc	40,1 a	37,3 bc	38,7 abc	37,9 ab
07/82	—	—	40,5 a	38,8 ab	38,9 abc	38,7 ab
10/82	40,3 a	38,8 b	37,9 bc	38,1 ab	37,9 bc	39,5 a
12/82	41,3 a	42,6 a	40,7 a	40,0 a	41,4 a	40,2 a
02/83	41,4 a	39,5 b	—	—	—	—
03/83	39,8 a	38,6 b	38,9 ab	38,3 ab	39,9 ab	40,3 a
06/83	41,1 a	39,3 b	—	—	—	—

Médias seguidas verticalmente de mesma letra não apresentam diferença significativa. Teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

De acordo com os valores mostrados na Tabela 6, observou-se que a porosidade total apresentou diferença significativa no decorrer do tempo em todos os tratamentos e profundidades. Na profundidade de 15 cm do tratamento T<sub>1</sub> ocorreu um aumento na porosidade a partir da segunda amostragem e que se mantém estável nas demais subseqüentes. Com exceção da profundidade de 30 cm do tratamento T<sub>2</sub>, é significativa o aumento da porosidade total verificada na última amostragem em relação à primeira.

A Tabela 7 mostra a variação dos valores de densidade aparente entre os tratamentos por data e profundidade, em Capitão Poço.

**TABELA 7** — Variação dos valores de densidade aparente (g/cc) entre tratamentos por data nas profundidades de 15 e de 30 cm, no solo LAa — Capitão Poço, PA.

Tratamento	Prof. cm	D A T A					
		01/82	02/82	07/82	10/82	12/82	03/83
T <sub>1</sub>	15	1,68 a	1,58 a	—	1,60 b	1,57 a	1,58 a
T <sub>2</sub>	15	1,67 a	1,58 a	1,58 a	1,65 a	1,60 a	1,60 a
T <sub>3</sub>	15	1,67 a	1,60 a	1,60 a	1,65 a	1,57 a	1,57 a
T <sub>1</sub>	30	1,72 a	1,65 a	—	1,66 ab	1,58 a	1,61 a
T <sub>2</sub>	30	1,70 a	1,66 a	1,65 a	1,68 a	1,62 a	1,63 a
T <sub>3</sub>	30	1,69 a	1,64 a	1,65 a	1,62 b	1,62 a	1,59 a

Médias seguidas verticalmente da mesma letra à mesma profundidade não apresentam diferença significativa. Teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

De acordo com os resultados da Tabela 7, os tratamentos apresentaram diferenças significantes entre si apenas na data de 10/82. Na profundidade de 15 cm, os tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub> apresentaram-se iguais, porém mais altos do que a testemunha T<sub>1</sub>. Na profundidade de 30 cm, a diferença significativa está entre os tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, este último com o valor de densidade mais baixo.

A Tabela 8 mostra a variação dos valores de porosidade total entre os tratamentos por data e profundidade, em Capitão Poço.

**TABELA 8** — Variação dos valores de porosidade total (%) entre tratamentos por data nas profundidades de 15 e de 30 cm, no solo LAa — Capitão Poço, PA.

Tratamento	Prof. cm	D A T A					
		01/82	02/82	07/82	10/82	12/82	03/83
T <sub>1</sub>	15	37,1 a	40,8 a	—	40,3 a	41,0 a	39,8 a
T <sub>2</sub>	15	36,8 a	40,1 a	40,5 a	37,9 b	40,7 a	38,9 a
T <sub>3</sub>	15	37,0 a	38,7 a	38,9 a	37,9 b	41,4 a	39,9 a
T <sub>1</sub>	30	35,3 a	37,9 a	—	38,8 a	42,0 a	38,6 a
T <sub>2</sub>	30	36,4 a	37,3 a	38,8 a	38,1 a	40,0 a	38,3 a
T <sub>3</sub>	30	36,0 a	37,9 a	38,7 a	39,5 a	40,2 a	40,3 a

Médias seguidas verticalmente da mesma letra à mesma profundidade não apresentam diferença significativa. Teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ).

Observa-se na Tabela 8, que a porosidade total em Capitão Poço, apresenta valores significativamente diferentes entre os tratamentos apenas em 10/82 na profundidade de 15 cm onde os valores são iguais nos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, que são mais baixos em relação aos do tratamento T<sub>1</sub>.

As diferenças mostradas nos valores de porosidade total e densidade aparente podem estar relacionadas com diferentes condições de umedecimento e secagem do solo, assim como ao erro induzido pela variação dentro das quadras devido aos diferentes locais de amostragem para obtenção das amostras indeformadas nas diferentes datas. Também, à medida que o solo é usado com cultivos, suas características físicas são alteradas de acordo com a natureza do solo e do sistema de cultivo utilizado. Trabalhos de Trowse Junior & Humbert (1961), Trowse Junior & Baver (1962), Tackett & Pearson (1964), Eavis & Payne (1968), Charreou & Nicou (1971), Nicou (1972) e Baena & Dutra (1979) mostram que pequenos aumentos na densidade causam grandes efeitos que impedem o desenvolvimento do sistema radicular, acarretando menor desenvolvimento da planta e conseqüentemente menor produtividade. No solo em Belém observa-se, de uma maneira geral, um aumento da densidade e uma diminuição da porosidade, o que indica ter ocorrido a compactação no decorrer do tempo. Porém, quando se comparam os tratamentos entre si, nas diversas datas e profundidades, observam-se apenas pequenas diferenças. A variação no tratamento T<sub>1</sub> está provavelmente relacionada com a ação das raízes de vegetação em regeneração, assim como dos diferentes estádios de cobertura do solo proporcionado pelas plantas em crescimento, ocasionando condições diferentes de temperatura, luminosidade e teor de umidade.

No que diz respeito à produtividade, conforme resultados mostrados na Tabela 9, na maioria dos casos estudados, o sistema com preparo mecanizado mostrou ser mais interessante em termos de receita bruta, quando comparado ao sistema com preparo manual tendo em vista principalmente o acréscimo mais que proporciona no rendimento das culturas, quando implantadas em áreas de preparo mecanizado. A análise comparativa dos resultados econômicos dos sistemas de preparo do solo, pode ser realizada a partir das operações que diferenciam as duas alternativas. Nesse

contexto pode-se estabelecer como operações diferenciais, uma capina manual no sistema de preparo do solo não mecanizado, contra uma aração e duas gradagens com trator de médio porte para o sistema de preparo mecanizado. Em cinco dos seis casos analisados, o sistema com preparo mecanizado gerou um saldo positivo superior ao sistema com preparo manual que variou de ..... Cr\$ 51.690,00/ha a Cr\$ 209.424,00/ha; enquanto que para o caupi em 1983, o sistema com preparo mecanizado resultou em uma perda de Cr\$ 240,00/ha. Excetuando-se este último caso, a cultura do caupi apresentou, de um modo geral uma melhor resposta em termos de ganhos monetários oriundos de prática analisada, seguida de milho e por último do arroz.

Ainda na Tabela 9, observa-se que a produção do caupi em Belém nos anos de 1980 e 1981, foi maior nas quadras mecanizadas em relação à manual, ocorrendo em ambas, um declínio acentuado na produção do ano de 1981 em relação a 1980.

Conforme se observa nas Tabelas 3 e 4, não existe uma diferença significativa dos valores de densidade aparente e porosidade total, em junho de 1980, que pareça justificar a produção maior do caupi nas áreas mecanizadas  $T_3$  em relação às áreas de preparo manual  $T_2$ . Já em julho de 1981, a densidade apresentava-se com valores significativamente mais elevados e a porosidade com valores significativamente mais baixos na profundidade de 15 cm do tratamento  $T_3$  em relação ao tratamento  $T_2$ , o que contradiz a produção maior do caupi na área mecanizada  $T_3$ . Sobre este aspecto, Trowse Junior & Baver (1965), estudando várias operações de cultivo no Hawaí, reportam que a grade de disco ao mesmo tempo em que revolve o solo, tem efeito compactante, uma vez que as mesmas forças que causam a penetração do disco provocam a compactação. Observações em vários perfis, onde o solo tinha sido anteriormente gradeado, indicam que, após um determinado período de tempo, o solo arado foi recompactado em tórno de 50 a 70% em virtude das gradagens subsequentes. Os experimentos mostram que a gradagem, logo após a aração, comprime o solo nos interstícios, tornando-o tão denso quanto antes de ser cultivado. A ação compactante do arado poderá ser prejudicial especialmente quando a profundidade de aração for constante, formando uma camada compactada impermeável chamada "sola do arado". Nas Tabelas 1

**TABELA 9 — Resultados econômicos comparativos das culturas de arroz, milho e feijão em sistemas mecanizado e manual em duas localidades do Estado do Pará.**

Local	Ano	Cultura	Solo	Rendimento kg/ha		Diferença do sistema mecanizado/ha			Saldo equivalente em ORTN
				Manual	Mecanizado	Acréscimo na receita bruta em Cr\$	Acréscimo do custo total em Cr\$	Saldo em Cr\$	
Belém	1980	Caupi	LAm	631	1.009	163.296	4.400	158.896	25,5
Belém	1981	"	"	309	727	180.576	4.400	176.176	32,7
Capitão Poço	1982	Arroz	LAA	1.870	2.225	56.090	4.400	51.690	9,6
"	1982	Caupi	"	476	990	213.824	4.400	209.424	39,9
"	1983	Milho	"	4.400	5.533	94.039	4.400	89.639	16,6
"	1983	Caupi	"	1.306	5.316	4.160	4.400	—240	(0,0)

e 2, do ano de 1980 para 1981, observa-se um aumento na densidade e diminuição na porosidade que é significativo em ambas as profundidades dos tratamentos T<sub>2</sub> e T<sub>3</sub>, o que pode estar relacionado com a queda de produção de 1981 em relação a de 1980.

Em Capitão Poço, de acordo com os resultados da Tabela 9, no ano de 1982, o arroz e o caupi produziram mais na área mecanizada. Em 1983, a produção do milho também foi maior na área mecanizada, e neste mesmo ano, a produção do caupi foi praticamente a mesma nas áreas manual e mecanizada.

Para a cultura do arroz, de acordo com as Tabelas 7 e 8, não existe diferença significativa de densidade nas datas 01, 02 e 07/82, entre os valores de densidade e porosidade, em ambas as profundidades, que justifique uma maior produção do arroz nas quadras mecanizadas. Em 10/82, a densidade é significativamente mais baixa na profundidade de 30 cm do tratamento T<sub>3</sub>, o que pode estar relacionado com a maior produção do caupi nas quadras mecanizadas. Em 12/82 e 03/83 não existem diferenças significantes entre os valores de densidade e porosidade entre os tratamentos que justifique a maior produção do milho nas quadras mecanizadas.

Ao contrário dos resultados obtidos em Belém no solo textura média, a produção de caupi em Capitão Poço, no solo textura argilosa, foi maior no ano de 1983, que em 1982. As Tabelas 5 e 6 mostram significativamente no decorrer de 1982 para 1983, o que deve estar relacionado com o aumento de produção do caupi neste segundo ano.

## CONCLUSÕES

No decorrer do experimento observou-se que :

— Ocorrem mudanças nas propriedades físicas de densidade aparente e porosidade total dos solos quando cultivados, independentemente do preparo manual ou mecanizado;

— o solo Latossolo Amarelo textura média apresentou-se suscetível à compactação, com o aumento de densidade aparente e diminuição de porosidade total, o que implica numa diminuição na produção de culturas no ano subsequente;

— no solo Latossolo Amarelo textura argilosa ocorre uma melhoria em suas propriedades físicas com a diminuição da densidade aparente e aumento de porosidade total, o que implica num aumento na produção de culturas no ano subseqüente;

— as diferenças existentes nas propriedades físicas estudadas, entre os sistemas de cultivo manual e mecanizado, não são estatisticamente significantes para justificar as diferentes produções obtidas nesses dois sistemas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAENA, A.R.C. & DUTRA, S. **Densidade aparente e porosidade do solo no desenvolvimento do milho**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1979. (EMBRAPA-CPATU. Comunicado Técnico 24).
- CHARREAU, C. & NICOU, R. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques. *Agron. Trop.*, Paris, 26 : 205-55, 903-78, 1183-247, 1971.
- EAVIS, B.W. & PAYNE, D. **Soil physical conditions and root growth**. Nottingham, University of Nottingham. *Easter School Agr. Sci.*, 1968.
- FAO, Roma, Itália. **Shifting cultivation**. *Trop. Agr. Trinidad*, 34 : 159-64, 1957.
- FAO, Roma, Itália. **Shifting cultivation and soil conservation in Africa**. Roma, 1979. 248p. (FAO. Soils B. 14).
- NICOU, R. **Synthese des etudes de physique du sol réalisées par l'IRAT em Afrique Tropicale Seche**. Seminar on Tropical Soil Research. Ibadan, International Institute for Tropical Agriculture, 1972.
- TACKETT, J.L. & PEARSON, J.B. Oxygen requirements of cotton seedlings roots for penetration of compacted soil cores. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 28 : 600-5, 1964.
- TROUSE JUNIOR, A.C. & BAVER, L.D. The effect of soil compaction on root development. *Proc. Inst. Soil. Sco.*, Ann Arbor, 26 : 258-63, 1952.
- TROUSE JUNIOR, A.C. & BAVER, L.D. **Tillage problems in the Hawaiian Sugar industry. IV. Seedbed preparation and cultivation**. S.L. Exp. Sta, Hawaiian Sugar Planter's Assn, 1965. (Tech. Suppl. To Soil Rpt. N.º 12).
- TROUSE JUNIOR, A.C. & HUMBERT, R.P. Some effects of soil compaction on the development of sugarcane roots. *Soil Sci.*, Preston, 91 : 208-17. 1961.
- WATTERS, R.F. **Shifting cultivation in Latin America**, Roma, FAO, 1971. 305p. (FAO. Forestry Development Paper 17).



**Falangola Editora**

Trav. Benjamin Constant, 675

Fone : 224-8166 - Belém-PA.