

**PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLOS SUBMETIDOS  
A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**



**EMBRAPA**  
**CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO**  
Belém, Pará

## **MINISTRO DA AGRICULTURA**

Ângelo Amaury Stabile

### **Diretoria Executiva da EMBRAPA**

Eliseu Roberto de Andrade Alves  
— Presidente

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

Antônio Itayguara Moreira dos Santos  
— Chefe Adjunto de Apoio

**PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLOS SUBMETIDOS  
A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**

**Antônio Ronaldo Camacho Baena**

Eng.º Agr.º, M.S. em Manejo de Solos  
Tropicais, Pesquisador do CPATU

**Saturnino Dutra**

Eng.º Agr.º, M.S. em Produção Animal,  
Pesquisador do CPATU



**EMBRAPA**  
**CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO**  
Belém, Pará

ISSN 0100-8102

Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
Caixa Postal, 48  
66.000 — Belém, PA

Baena, Antônio Ronaldo Camacho

Propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de cultivo, por Antônio Ronaldo Camacho Baena e Saturnino Dutra. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1981.

23p. ilustr. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 30).

1. Solos — Brasil — Pará — Altamira. 2. Solos — Brasil — Pará — Capitão Poço. 3. Física dos solos. I. Dutra, Saturnino. II. Título. III. Série.

CDD: 631.43098115

© EMBRAPA



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	5
ANTECEDENTES .....	6
SOLOS E TOPOGRAFIA DAS ÁREAS ESTUDADAS.....	7
MATERIAL E MÉTODOS .....	9
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	10
CONCLUSÕES .....	22
REFERÊNCIAS .....	23

## **PROPRIEDADES FÍSICAS DE SOLOS SUBMETIDOS A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO**

**RESUMO:** O experimento “Sistemas de Produção com Plantas Perenes em Consórcio — CPATU-1”, tanto em Altamira como em Capitão Poço, tem a finalidade de estudar o desenvolvimento em consórcio de culturas, tais como guaraná, castanheira, seringueira, cacau e pimenta, de tal maneira que estas espécies venham a substituir a floresta natural por outra de maior valor econômico. Vários parâmetros de física de solos, entre outros, estão sendo medidos com o decorrer do experimento. Os solos do CPATU-1 de Altamira apresentam propriedades físicas melhores do que os de Capitão Poço. Dentro de cada uma destas áreas, as propriedades físicas são similares entre os diversos tratamentos, o que mostra de uma maneira geral, a homogeneidade destas áreas. O experimento “Produtividade dos Solos Amazônicos e Mudanças Ecológicas sob Diferentes Sistemas de Manejo — CPATU-2”, também em Altamira e em Capitão Poço, tem a finalidade de estudar o desenvolvimento de plantas anuais e perenes sob diversos sistemas de manejo. Assim como no CPATU-1 vários parâmetros de física de solos, entre outros, estão sendo medidos com o decorrer do experimento. Os solos do CPATU-2 de Altamira apresentam propriedades físicas melhores do que os de Capitão Poço. Dentro de cada uma dessas áreas, as propriedades físicas são similares entre os diversos tratamentos, o que mostra, de maneira geral, a homogeneidade dessas áreas. Este é um estudo básico cujo principal objetivo é a caracterização das propriedades físicas destas áreas, a fim de que se possa detectar alguma possível modificação nessas propriedades, induzidas pelos diversos sistemas de cultivo.

### **INTRODUÇÃO**

É sabido que o uso das terras para agricultura acarreta mudanças nas suas condições naturais. Neste aspecto, as mudanças ocasionadas nas propriedades físicas são umas das primeiras que se fazem sentir, variando em sua intensidade de acordo com o sistema de cultivo usado.

Através do subprojeto "Sistemas de Produção com Plantas Perenes em Consórcio — CPATU-1", vários sistemas de cultivo estão sendo testados em Altamira e Capitão Poço, a fim de que sejam determinados quais os que mais se adaptam às condições tropicais destas áreas, e o subprojeto "Produtividade de Solos Amazônicos e Mudanças Ecológicas sob Diferentes Sistemas de Manejo — CPATU-2" tem como principal finalidade investigar sobre o melhor uso dos solos tropicais da Amazônia, com espécies de interesse econômico que encontram no ambiente local condições bastante favoráveis a um bom desenvolvimento.

As mudanças físicas sentidas no corpo do solo sob diferentes sistemas de cultivo são conseqüências de mudanças ocorridas principalmente na estrutura, com efeito na densidade, porosidade e aeração, causando modificações na retenção e movimento de água no solo, sendo que estes dois últimos são os que mais interferem também nas propriedades químicas dos solos, uma vez que os colóides são carregados em suspensão.

Além dos parâmetros mencionados existem vários outros que se inter-relacionam intimamente, influenciando no potencial agrícola da área, razão pela qual um acompanhamento das mudanças que ocorrem no solo mediante tais cultivos é de suma importância. O objetivo deste trabalho de pesquisa multidisciplinar é justamente a medição destes diversos parâmetros, para posterior correlação com o desenvolvimento dos sistemas em estudo.

## ANTECEDENTES

O solo é um sistema trifásico que contém um número quase ilimitado de componentes. Esses componentes, grosseiramente categorizados em fases sólida, líquida e gasosa, não estão arrumados ao acaso no perfil do solo e sim de maneira orientada, maneira essa que depende do tamanho e do arranjo de fase sólida. Esses diversos tipos de arranjo formam a estrutura do solo. Em regiões de floresta densa como a *Amazônia Tropical*, os solos apresentam estrutura já bem definida e praticamente imutável, desde que mantidas em condições naturais. Segundo Baver (1972), a vegetação é um importante parâmetro na gênese da estrutura do solo. Esta pro-

duz resíduos que são fonte de energia para atividade de microorganismos na formação de compostos húmicos no solo. Além disso, o sistema radicular não contribui apenas para o total dos resíduos produzidos, porém é fator importante na formação da estabilidade dos agregados. Também, a copa das árvores funciona como um escudo que protege a estabilidade dos agregados da superfície contra a ação destrutiva das gotas de chuva. Os efeitos de diversos tipos de vegetação sobre a estrutura do solo têm sido estudado por diversos autores (Rogowsky & Kirkham 1962; Kolodny & Neal 1940; Egawa & Sekiya 1965 e Geltser 1955).

A estrutura exerce grande influência sobre os fenômenos físicos que se processam no corpo do solo, tais como movimentação de água e ar, e a estrutura de um solo poderá ser avaliada através da medição de algumas características físicas, como porosidade, densidade aparente, resistência e teor de umidade. Essas características mudam com as práticas e sistemas de cultivo, desde o momento em que a vegetação natural é removida, alternando dessa maneira as relações solo-planta.

O estudo da física do solo no CPATU-1 e no CPATU-2, tanto em Altamira como em Capitão Poço, é direcionado para a medição dessas características físicas, suas mudanças, e de que maneira elas interferem no desenvolvimento das espécies em estudo.

## **SOLOS E TOPOGRAFIA DAS ÁREAS ESTUDADAS**

O CPATU-1 e o CPATU-2, em Capitão Poço, estão localizados em manchas de solo do tipo Latossolo Amarelo, com teores de argila no horizonte B variando em torno de 35%, portanto oscilando entre o limite superior da classe textura média e o inferior da classe textura argilosa. De uma maneira geral apresentam seqüência de horizontes A, B e C, com ausência de A<sub>2</sub>, sendo profundos, fortemente desgastados, bem drenados, porosos, friáveis, fortemente ácidos, possuindo B Latossólico, com difícil diferenciação dos horizontes genéticos. A fertilidade natural é muito baixa, o que é conseqüência de sua gênese, aliada ainda ao fato de sofrerem intensa lixiviação

como conseqüência das condições climáticas locais. Em algumas quadras do CPATU-2 de Capitão Poço, ocorrem intrusões de solo do tipo Concrecionário Laterítico.

O CPATU-1 em Altamira está localizado em uma área que apresenta os seguintes tipos de solo: Terra Roxa Estruturada Eutrófica, Terra Roxa Estruturada Distrófica e Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico.

As Terras Roxas são solos bem drenados, de coloração bruno avermelhado escuro e que se tornam arroxeados quando observados de determinados ângulos de incidência dos raios solares. Possuem espessura média de 150 cm, considerando-se os horizontes A e B. A diferenciação entre os horizontes é muito difícil, devido à pequena variação de cor, o que torna difusa e poucas vezes gradual a transição entre eles. A estrutura é muito bem desenvolvida, e os Eutróficos apresentam saturação de bases acima de 35% enquanto que os de origem Distrófica apresentam saturação de bases abaixo de 35%, sendo portanto menos férteis.

Os solos Podzólicos Vermelho Amarelo Distrófico são solos de baixa fertilidade natural, que apresentam características de podzolização, ou seja, processo diagenético que consiste na migração dos minerais de argila, pela destruição de argilas no horizonte A e concentração no B, ou então pela formação das próprias argilas no horizonte iluvial. Com este processo, dá-se a formação de um horizonte B diagnóstico, denominado B textural ou argílico. Apresentam, de uma maneira geral, seqüência de horizontes A, B e C, com presença ou não de um A<sub>2</sub>, perfil medianamente profundo, de moderado a bem drenado, friável a firme, textura média a pesada, apresentando algumas vezes cerosidade próximo às atividades das raízes.

O CPATU-2 em Altamira está localizado em uma área de solos do tipo Terra Roxa Estruturada Eutrófica.

O CPATU-1 em Capitão Poço apresenta-se em área com relevo totalmente plano, enquanto que em Altamira apresenta-se com relevo ondulado.

O CPATU-2, tanto em Altamira como em Capitão Poço, apresenta-se com área de relevo totalmente plano.

## MATERIAL E MÉTODOS

Na Tabela 1 estão relacionados os tratamentos e subtratamentos que correspondem aos locais de amostragem no CPATU-1.

No referido sistema, o bosque, a seringueira e a castanha funcionam como sombreadores, enquanto que a pimenta, o cacau e o guaraná são as plantas sombreadas.

Na Tabela 4 estão relacionados os tratamentos e subtratamentos que correspondem aos locais de amostragem no CPATU-2. Os tratamentos forrageira e reflorestamento não haviam sido instalados em Altamira por ocasião da amostragem.

A amostragem, tanto de anéis volumétricos de 100cc como para análise mecânica, foi feita de uma maneira geral na parte central das quadras, em perfís de trincheira, às profundidades de 10-20, 50-60 e 80-100 cm. Durante o período 1977-1978 no CPATU-1, foi coletado um total de 96 amostras (48 em Altamira e 48 em apitão Poço) em anéis volumétricos, e um número igual de amostras de solos para análise mecânica. Nesse mesmo período, no CPATU-2, foi coletado um total de 144 amostras (54 em Altamira e 90 em Capitão Poço) em anéis volumétricos e também igual número de amostras para análise mecânica. A resistência do solo foi medida nos locais de amostragem, usando-se o penetrômetro modelo japonês.

Dos anéis volumétricos foram determinados, utilizando-se o DIK VOLUNOMETER do laboratório de física de solos do CPATU, os seguintes parâmetros: porosidade total, saturação dos poros, densidade aparente e relação VL/VS.

Do material coletado para análise mecânica, foram determinadas as percentagens de argila, silte e areia, obedecendo-se ao método internacional da pipeta modificada, baseada na lei de Stocks, usando-se como agente dispersante, solução de NaOH 1N. A argila natural foi determinada pela sedimentação, usando-se água destilada como agente dispersante. O grau de floculação foi obtido pela fórmula:

$$\frac{(\text{Argila Total} - \text{Argila Natural})}{100}$$

Argila Total

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente, utilizando-se os recursos disponíveis do Departamento de Métodos Quantitativos, através do Sistema de Análise Estatística (SAS), implantado no computador IBM 370 da EMBRAPA.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### CPATU-1

A Tabela 1 mostra os valores médios e o desvio padrão das médias de algumas propriedades físicas dos solos do CPATU-1 de Altamira e Capitão Poço. Estes dados são uma caracterização inicial da área, que servirão para comparação com os resultados obtidos em futuras amostragens no decorrer do experimento, a fim de que sejam detectadas transformações de ordem física que porventura venham a ocorrer nos solos, induzidas pelos diversos sistemas de manejo durante a fase experimental.

A porosidade total (macro + microporosidade) diz respeito à porção do solo ocupada pelo ar e pela água, sendo responsável pelo suprimento destes dois fatores às raízes dos vegetais. A porosidade total para a maioria dos solos varia em torno de 50%, sendo que os solos arenosos apresentam-se menos porosos que os argilosos e orgânicos (Baver et al. 1972). A porosidade varia de acordo com o tamanho das partículas e o estado de agregação. Os valores encontrados para a porosidade total apresentam-se maiores nos solos de Altamira, quando comparados com os de Capitão Poço, e a média geral de porosidade em Altamira é significativamente maior ( $\alpha = 0,01$ ). De acordo com estes resultados, os solos de Altamira apresentam uma capacidade de armazenamento de água e ar maior do que os solos de Capitão Poço.

A densidade aparente (bulk density) corresponde ao peso de um determinado volume de solo, incluindo os poros em condições naturais, em relação a este volume. É um índice do estado de compactação do solo, com efeito direto no impedimento mecânico ao desenvolvimento do sistema radicular dos vegetais. Os valores de densidade aparente apresentam-se mais elevados ( $\alpha = 0,01$ ) na área de



Capitão Poço, o que indica que estes solos apresentam condições menos favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular dos vegetais, quando comparados aos solos de Altamira.

A saturação dos poros se refere à percentagem do espaço poroso do solo ocupado pela água. Os valores médios de saturação dos poros não apresentam diferença significativa entre Altamira e Capitão Poço. Porém, o fato dos solos de Altamira apresentarem-se mais porosos, implica num maior teor de umidade nos solos daquela região em relação aos solos de Capitão Poço.

A relação VL/VS diz respeito ao volume de água ( $\text{cm}^3$ ) retido em  $1 \text{ cm}^3$  de sólido, ou seja, de solo. A análise de variância entre as médias ( $\alpha = 0,01$ ) mostra que os solos de Altamira retêm maior teor de umidade por unidade de volume de solo, o que, juntamente com os valores de saturação de poros, indica uma maior disponibilidade de água ao crescimento vegetal nos solos de Altamira em relação a Capitão Poço.

A resistência do solo medida com o penetrômetro é um índice integrado de compactação do solo, teor de umidade, textura e tipo de argila. Em outras palavras, é um índice de dureza do solo nas condições em que a medição for feita, envolvendo consistência e estrutura do solo. Solos arenosos com estrutura do tipo grãos simples apresentam pouca ou nenhuma resistência ao penetrômetro, enquanto que os mais argilosos tendem a apresentar maior resistência a este instrumento, o que é conseqüência de seu estado de agregação. Os valores médios da resistência não apresentam diferença significativa entre os solos de Altamira e Capitão Poço.

A análise mecânica mostra que a fração areia é significativamente mais elevada ( $\alpha = 0,01$ ) em Capitão Poço, enquanto que a fração argila é significativamente mais elevada ( $\alpha = 0,01$ ) em Altamira. A fração silte não apresenta diferença significativa entre as áreas estudadas. A fração argila é o colóide responsável pela maioria das reações químicas do solo, assim como também exerce grande influência em suas propriedades físicas. O teor de argila mais elevado em Altamira provavelmente propicia a existência de melhores características físicas destes solos em relação a Capitão Poço.



O grau de floculação ou grau de agregação indica a proporção de fração argila que se encontra naturalmente floculada no solo. Tem importância na avaliação das condições estruturais do solo e quanto maior o grau de floculação, mais bem estruturado será o solo (Jacomine 1966). Os valores médios do grau de floculação apresentam-se mais elevados ( $\alpha = 0,05$ ) nos solos de Altamira, o que indica uma melhor estrutura destes solos em relação a Capitão Poço.

A Tabela 2 mostra o teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para a comparação das médias entre os tratamentos dos parâmetros medidos no CPATU-1 de Altamira).

As variáveis porosidade, densidade aparente, resistência e grau de floculação não apresentam diferença significativa entre as médias dos tratamentos.

A saturação de poros mostra-se com valores mais elevados no tratamento Seringueira, que é estatisticamente igual ao tratamento Bosque e superior aos demais. O tratamento Bosque apresenta-se igual ao tratamento Céu Aberto, porém superior ao tratamento Castanha. Os tratamentos Céu Aberto e Castanha apresentam-se iguais entre si.

A relação VL/VS apresenta-se com valores maiores no tratamento Céu Aberto, porém estatisticamente igual aos tratamentos Seringueira e Bosque e superior apenas ao tratamento Castanha. Os tratamentos Bosue, Castanha e Seringueira não apresentam diferença significativa entre si.

Os teores de silte são mais elevados nos tratamentos Bosque e Seringueira, que são estatisticamente iguais entre si e superiores aos tratamentos Castanha e Céu Aberto, que por sua vez são iguais entre si.

Os teores de argila apresentam-se mais elevados no tratamento Castanha, que é estatisticamente igual ao tratamento Céu Aberto e superior aos demais. O tratamento Céu Aberto é igual ao tratamento Seringueira e superior ao tratamento Bosque. Não existe diferença significativa entre os tratamentos Seringueira e Bosque.

De acordo com os resultados encontrados para a Tabela 3, pode-se verificar que as propriedades físicas para o CPATU-1 de Alta-

**TABELA 2 — Teste de Duncan — Comparação de médias dos parâmetros físicos medidos entre tratamentos por local — Al-tamira. CPATU-1**

Tratamentos	Porosidade %	Saturação de poros %	Densidade aparente g/cc	Relação VL/VS	Resistência mm/cm <sup>2</sup>	Areia %	Silte %	Argila %	Grau de floculação %
Bosque	48 <sup>a</sup>	75 <sup>ab</sup>	1,35 <sup>a</sup>	0,71 <sup>ab</sup>	23,2 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	70 <sup>c</sup>	73 <sup>a</sup>
Castanha	49,5 <sup>a</sup>	67 <sup>c</sup>	1,33 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>	23,2 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	14 <sup>b</sup>	76 <sup>a</sup>	86 <sup>a</sup>
Seringueira	48 <sup>a</sup>	81 <sup>a</sup>	1,36 <sup>a</sup>	0,74 <sup>ab</sup>	23,1 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	19 <sup>a</sup>	71 <sup>bc</sup>	87 <sup>a</sup>
Céu Aberto	53 <sup>a</sup>	71 <sup>bc</sup>	1,28 <sup>a</sup>	0,81 <sup>a</sup>	23,8 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	14 <sup>b</sup>	74 <sup>cb</sup>	77 <sup>a</sup>

— Valores entre tratamentos seguidos pela mesma letra não apresentam diferença significativa  $\alpha = 0,05$

mira, medidas através dos parâmetros porosidade, densidade aparente, resistência e grau de floculação, apresentam-se muito semelhantes entre si, o que, apesar da diversidade dos tipos de solos, demonstra que a mesma é bastante homogênea, no que diz respeito a tais características físicas. O teor de umidade, medido através da saturação de poros e da relação VL/VS, apresenta diferença entre os tratamentos, o que pode ser proveniente das diferentes datas de coleta. A composição granulométrica mostra para os tratamentos valores estatisticamente iguais para a fração areia e diferença significativa para as frações silte e argila, apesar de que as variações do silte (14-19%) e de argila (71-76%) ocorrem dentro de mesma classe textural (argilosa).

A Tabela 3 mostra o teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para a comparação das médias entre tratamentos dos parâmetros medidos no CPATU-1 de Capitão Poço.

As variáveis porosidade, areia e argila não apresentam diferença significativa entre os tratamentos.

A saturação dos poros mostra-se com valores mais altos nos tratamentos Castanha e Seringueira, que são iguais ao tratamento Céu Aberto e superiores ao tratamento Bosque. Os tratamentos Céu Aberto e Bosque não apresentam diferença significativa entre si.

A densidade aparente apresenta-se com valores iguais entre si nos tratamentos Castanha, Seringueira e Céu Aberto, sendo que estes dois últimos revelam valores estatisticamente superiores ao tratamento Bosque.

A relação VL/VS evidencia valores mais elevados no tratamento Castanha, que é estatisticamente superior aos tratamentos Bosque e Céu Aberto. O tratamento Seringueira apresenta-se igual aos demais tratamentos.

A resistência expressa valores estatisticamente superiores no Bosque em relação aos demais tratamentos, que são iguais entre si.

A fração silte apresenta-se com valores estatisticamente superiores no tratamento Seringueira em relação ao tratamento Bosque.

O grau de floculação mostra valores iguais nos tratamentos Bosque e Castanha, que são estatisticamente superiores apenas ao tra-

**TABELA 3 — Teste de Duncan — Comparação de médias dos parâmetros físicos medidos entre tratamentos por local — Ca-pitão Poço CPATU-1**

Tratamentos	Porosidade %	Saturação de poros %	Densidade aparente g/cc	Relação VL/VS	Resistência mm/cm <sup>2</sup>	Areia %	Silte %	Argila %	Grau de floculação %
Bosque	41 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>	1,55 <sup>b</sup>	0,44 <sup>b</sup>	23,9 <sup>a</sup>	51 <sup>a</sup>	10 <sup>b</sup>	38 <sup>a</sup>	71 <sup>a</sup>
Castanha	39 <sup>a</sup>	76 <sup>a</sup>	1,57 <sup>ab</sup>	0,49 <sup>a</sup>	19,2 <sup>b</sup>	55 <sup>a</sup>	12 <sup>ab</sup>	33 <sup>a</sup>	71 <sup>a</sup>
Seringueira	38 <sup>a</sup>	73 <sup>a</sup>	1,60 <sup>a</sup>	0,45 <sup>ab</sup>	19,2 <sup>b</sup>	55 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	56 <sup>ab</sup>
Céu Aberto	38 <sup>a</sup>	71 <sup>ab</sup>	1,61 <sup>a</sup>	0,44 <sup>b</sup>	20,2 <sup>b</sup>	57 <sup>a</sup>	12,5 <sup>ab</sup>	30 <sup>a</sup>	45 <sup>b</sup>

— Valores entre tratamentos seguidos pela mesma letra não apresentam diferença significativa  $\alpha = 0,05$

tamento Cêu Aberto. De acordo com os resultados contidos na Tabela 3, pode-se verificar que os parâmetros físicos entre tratamentos, medidos através de porosidade e das frações granulométricas areia e argila, são estatisticamente iguais, o que revela a homogeneidade desta área em relação a estes parâmetros. O teor de umidade, medido através da saturação de poros e da relação VL/VS, apresenta diferença estatística significativa, o que provavelmente é devido às diferentes datas de amostragem. A densidade aparente evidencia diferença significativa, porém é interessante notar que a diferença entre a média máxima e a mínima (1,61 — 1,55) é de .06 g/cc, portanto menor do que a variação existente em Altamira (1,28 — 1,36), que é de .08 g/cc, e que não se apresenta estatisticamente significativa. A fração granulométrica silte mostra diferença estatística, porém, na prática, a variação existente entre os tratamentos é desprezível (10-13%). Com exceção dos valores de resistência e grau de floculação, pode-se dizer que a área experimental do CPATU-1 de Capitão Poço apresenta-se homogênea no que diz respeito aos parâmetros físicos medidos.

## CPATU-2

A Tabela 4 mostra os valores médios e o desvio padrão das médias de algumas propriedades físicas dos solos do CPATU-2 de Altamira e Capitão Poço. Esses dados são uma caracterização inicial dessas áreas, que servirão para comparação com os resultados obtidos de futuras amostragens no decorrer do experimento, a fim de que sejam detectadas transformações de ordem física que porventura venham a ocorrer nos solos, induzidas pelos diversos sistemas de manejo durante a fase experimental.

Os valores encontrados para a porosidade total apresentam-se maiores nos solos de Altamira, quando comparados com os de Capitão Poço, e a média geral de porosidade em Altamira é significativamente maior ( $\alpha = 0,01$ ). De acordo com esses resultados, os solos de Altamira mostram uma capacidade de armazenamento de água e ar maior do que os solos de Capitão Poço.

Os valores de densidade aparente apresentam-se estatisticamente mais elevados ( $\alpha = 0,01$ ) na área de Capitão Poço, o que indica que esses solos apresentam condições menos favoráveis ao

desenvolvimento do sistema radicular dos vegetais, quando comparados com os solos de Altamira.

Os valores médios de saturação de poros não revelam diferença estatisticamente significativa entre Altamira e Capitão Poço. Porém, pelo fato dos solos de Altamira se apresentarem mais porosos, isso implica num maior teor de umidade nos solos de Altamira, em relação aos solos de Capitão Poço.

Para a relação VL/VS, a análise de variância entre as médias ( $\alpha = 0,01$ ) mostra que os solos de Altamira retêm maior teor de umidade por unidade de volume de solo, o que, juntamente com os valores de saturação de poros, indica maior disponibilidade de água do crescimento vegetal nos solos de Altamira, em relação a Capitão Poço.

Os valores médios da resistência apresentam-se mais elevados ( $\alpha = 0,01$ ) nos solos de Altamira quando comparados com os de Capitão Poço.

A análise mecânica mostra que a fração areia é significativamente mais elevada ( $\alpha = 0,01$ ) em Capitão Poço, enquanto a fração argila é significativamente mais elevada ( $\alpha = 0,01$ ) em Altamira. A fração silte, apesar de grande diferença entre as médias, não apresenta diferença estatisticamente significativa entre as áreas estudadas. O teor de argila mais elevado em Altamira provavelmente propicia melhores características físicas desses solos em relação a Capitão Poço.

Os valores médios do grau de flocculação mostram-se significativamente mais elevados ( $\alpha = 0,05$ ) nos solos de Altamira, o que indica melhor estrutura para esses solos em relação a Capitão Poço.

A Tabela 5 mostra o teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para a comparação das médias entre os tratamentos dos parâmetros medidos no CPATU-2 de Altamira. De acordo com esses resultados, pode-se observar que apenas a relação VL/VS apresenta diferença significativa, sendo as outras variáveis medidas iguais entre si.

A relação VL/VS evidencia valores maiores no tratamento Caucau, que é estatisticamente igual aos tratamentos Seringueira e Re-

TABELA 5 — Teste de Duncan — Comparação de médias dos parâmetros físicos medidos entre tratamentos por local — Al-tamira CPATU-2

Tratamentos	Porosidade %	Saturação de poros %	Densidade aparente g/cc	Relação VL/VS	Resistência mm/cm <sup>2</sup>	Areia %	Silte %	Argila %	Grau de floculação %
Seringueira	49 <sup>a</sup>	73 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>	0.73 <sup>ob</sup>	21.3 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>	84 <sup>a</sup>
Guaraná	47 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>	0.69 <sup>b</sup>	21.5 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>	83 <sup>a</sup>
Cacau	50 <sup>a</sup>	79 <sup>a</sup>	1.37 <sup>a</sup>	0.77 <sup>a</sup>	22.0 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>
Dendê	48 <sup>a</sup>	76 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	0.70 <sup>b</sup>	21.3 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>
Pousio	46 <sup>a</sup>	79 <sup>a</sup>	1.33 <sup>a</sup>	0.67 <sup>b</sup>	21.9 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	63 <sup>a</sup>	77 <sup>a</sup>
Regeneração	50 <sup>a</sup>	72 <sup>a</sup>	1.44 <sup>a</sup>	0.75 <sup>ob</sup>	21.8 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	22 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>	78 <sup>a</sup>

— Médias entre tratamentos seguidos pela mesma letra não apresentam diferença significativa ( $\alpha = .05$ )

geração, e superior aos tratamentos Guaraná, Dendê e Pousio. Observa-se ainda que, com exceção do Cacau, os demais tratamentos são iguais entre si.

De acordo com a Tabela 5, pode-se verificar, através dos parâmetros medidos, que as propriedades físicas para o CPATU-2 de Altamira apresentam-se iguais entre os tratamentos, o que mostra a homogeneidade de área, no que diz respeito a essas características físicas. O teor de umidade, medido através da relação VL/VS, revela diferença apenas para o tratamento Cacau, o que deve ser proveniente das diferentes datas de amostragem.

A Tabela 6 mostra o teste de Duncan ( $\alpha = 0,05$ ) para a comparação das médias entre tratamentos por parâmetros medidos no CPATU-2 de Capitão Poço.

Conforme pode-se observar, as variáveis argila e areia não apresentam diferença significativa entre os tratamentos.

A porosidade mostra valores mais elevados no Reflorestamento, que é estatisticamente igual a Seringueira, Guaraná, Cacau e Pousio, e superior ao Dendê, Forrageira e Regeneração.

A saturação dos poros apresenta-se com valores mais altos no tratamento Dendê, que é estatisticamente igual ao tratamento Regeneração e superior aos demais.

A densidade aparente expressa valores mais elevados no tratamento Pousio, que é estatisticamente igual aos tratamentos Dendê, Forrageira e Regeneração e superior aos demais.

A relação VL/VS mostra-se com valores mais elevados nos tratamentos Seringueira, Dendê e Reflorestamento, que são estatisticamente superiores apenas ao tratamento Forrageira, e iguais aos demais tratamentos.

A resistência apresenta-se com valores estatisticamente superiores na Forrageira, que é estatisticamente igual aos tratamentos Dendê e Reflorestamento, e superior aos demais. Os tratamentos Dendê e Reflorestamento apresentam-se com valores estatisticamente superiores ao tratamento Pousio.

A fração silte evidencia valores estatisticamente superiores nos tratamentos Reflorestamento e Regeneração apenas em relação aos tratamentos Dendê e Pousio.



TABELA 6 — Teste de Duncan — Comparação de médias dos parâmetros físicos medidos entre tratamentos por local — Ca-pitão Poço CPATU-2

Tratamentos	Porosidade %	Saturação de poros %	Densidade aparente g/cc	Relação VL/VS	Resistência mm/cm <sup>2</sup>	Areia %	Silte %	Argila %	Grau de flocculação %
Seringueira	39 <sup>ab</sup>	73 <sup>b</sup>	1.61 <sup>b</sup>	0.46 <sup>a</sup>	19.0 <sup>bcd</sup>	57 <sup>ab</sup>	14 <sup>cb</sup>	28 <sup>a</sup>	66 <sup>ab</sup>
Guaraná	38 <sup>ab</sup>	72 <sup>b</sup>	1.66 <sup>b</sup>	0.44 <sup>ab</sup>	18.4 <sup>cd</sup>	59 <sup>a</sup>	14 <sup>cb</sup>	27 <sup>a</sup>	57 <sup>ab</sup>
Cacau	39 <sup>ab</sup>	74 <sup>b</sup>	1.66 <sup>b</sup>	0.44 <sup>ab</sup>	18.8 <sup>bcd</sup>	61 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	27 <sup>a</sup>	60 <sup>ab</sup>
Dendê	36 <sup>b</sup>	84 <sup>a</sup>	1.64 <sup>ab</sup>	0.48 <sup>a</sup>	20.3 <sup>ab</sup>	56 <sup>ab</sup>	12 <sup>b</sup>	32 <sup>a</sup>	75 <sup>a</sup>
Forrageira	37 <sup>b</sup>	74 <sup>b</sup>	1.69 <sup>ab</sup>	0.42 <sup>b</sup>	21.1 <sup>a</sup>	54 <sup>ab</sup>	15 <sup>cb</sup>	29 <sup>a</sup>	50 <sup>b</sup>
Reflorestamento	41 <sup>a</sup>	69 <sup>b</sup>	1.62 <sup>b</sup>	0.42 <sup>a</sup>	20.2 <sup>abc</sup>	50 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	35 <sup>a</sup>	60 <sup>ab</sup>
Pousio	39 <sup>ab</sup>	68 <sup>b</sup>	1.78 <sup>a</sup>	0.43 <sup>cb</sup>	16.6 <sup>d</sup>	65 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	24 <sup>a</sup>	58 <sup>ab</sup>
Regeneração	36 <sup>b</sup>	80 <sup>ab</sup>	1.72 <sup>cb</sup>	0.45 <sup>cb</sup>	19.0 <sup>bcd</sup>	55 <sup>ab</sup>	15 <sup>a</sup>	30 <sup>a</sup>	64 <sup>ab</sup>

— Médias entre tratamentos seguidos pela mesma letra não apresentam diferença significativa ( $\alpha = .05$ )

O grau de floculação apresenta-se com valores mais elevados no tratamento Dendê, que é estatisticamente superior apenas ao tratamento Forrageira.

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 6, pode-se verificar que, apesar de algumas diferenças estatísticas significantes entre os tratamentos, a área experimental do CPATU-2 em Capitão Poço apresenta-se relativamente homogênea no que diz respeito aos parâmetros físicos medidos.

No caso de porosidade, observa-se que apenas o tratamento Reflorestamento apresenta-se com valores mais elevados em relação ao Dendê, Forrageira e Regeneração. Entre esses três tratamentos e os demais não existe diferença significativa na porosidade.

O teor de umidade, medido através de saturação de poros e relação VL/VS, mostra muito pouca variação, que pode ser resultado de diferentes épocas de amostragem. A saturação de poros, com exceção do tratamento Dendê, é igual entre os demais locais. A relação VL/VS, com exceção de Forrageira, também é igual entre os demais locais.

A densidade aparente, com exceção do Pousio, é estatisticamente igual entre os demais tratamentos.

A resistência é a variável que mais revela diferenças significantes entre os tratamentos.

Das frações granulométricas, o silte é o único que apresenta diferença estatística significativa entre alguns tratamentos, sendo que, na prática, essa diferença, de apenas 4% entre o valor máximo (15%) e o valor mínimo (11%), pode ser considerada insignificante.

O grau de floculação mostra diferença significativa apenas entre os tratamentos Dendê e Forrageira, sendo que esses dois tratamentos são iguais aos demais.

Com exceção da variação de resistência, que pode ser função dos diferentes teores de umidade por ocasião de amostragem, pode-se dizer que a área experimental do CPATU-2 de Capitão Poço apresenta-se homogênea no que diz respeito aos parâmetros físicos medidos.

## CONCLUSÕES

Do presente estudo pode-se chegar às seguintes conclusões :

— De acordo com os diversos parâmetros medidos, os solos da área experimental do CPATU-1 de Altamira apresentam propriedades físicas melhores do que os das áreas de Capitão Poço. Estas diferenças deverão influenciar num melhor desenvolvimento das diferentes espécies vegetais dos diversos tratamentos do CPATU-1 de Altamira, quando comparados com os de Capitão Poço;

— A área experimental do CPATU-1 de Altamira, apesar da diversidade de solos e do relevo não uniforme, apresenta propriedades físicas semelhantes entre os tratamentos, o que mostra a homogeneidade desta área, neste particular;

— A área experimental do CPATU-1 de Capitão Poço, com exceção de resistência do solo para o tratamento Bosque e do grau de floculação para o tratamento Céu Aberto, também se apresenta uniforme no que diz respeito aos demais parâmetros físicos medidos;

— Os solos de área experimental do CPATU-2 de Altamira apresentam propriedades físicas melhores do que os de Capitão Poço. Essas diferenças deverão influenciar no melhor desenvolvimento das diversas espécies no CPATU-2 de Altamira, quando comparadas com as de Capitão Poço;

— A área experimental do CPATU-2 de Altamira apresenta propriedades físicas iguais entre os tratamentos, o que mostra a homogeneidade dessa área.

— A área experimental do CPATU-2 de Capitão Poço, com exceção da resistência do solo, também se apresenta relativamente uniforme no que diz respeito aos outros parâmetros físicos medidos.

**ABSTRACT :** The field experiment CPATU-1, located in Altamira and Capitão Poço, has the purpose of studying the development of some tree crops, such as guarana, brazilian nut, rubber tree, cocoa and black pepper, as a substitute for the natural tropical forest. Physical soil parameters are among several others parameters being measured along the experiment. Soils of CPATU-1 in Altamira show to have better physical properties as compared to the soils of Capitão Poço. Within both areas, soil physical properties are similar, what show they are homogeneous. This is a basic study that has the main objective of characterizing the physical conditions of these areas, to observe physical changes along the experiment. The field experiment CPATU-2, both in Altamira and Capitão Poço, has the purpose of studying the development of some short and long term tree crops. Physical soil parameters are among several others parameters being measured along the experiment. Soils of CPATU-2 in Altamira show to have better physical proprieties when compared to the soils of Capitão Poço. Within both areas, soil physical proprieties are similar, what show they are homogenous. This is a basic study that has the main objective of characterizing the physical conditions of these areas, to observe physical changes during the experiment.

## REFERÊNCIAS

- BAVER, L.D. **Physical properties of Soils;** in Soils of the Humid Tropics. Washington, D.C., Committee on Tropical Soils, National Academy of Sciences, 1972.
- BAVER, L.D. W.H. Gardner, W.R. Gardner. 1972. Soil Physics. F. Ed. New York, J. Wiley, 1972.
- EGAWA, T. & SEKIYA, K. (1956). **Studies on humus and aggregate formation. Soil and Plant Food, 2:** 75-82, 1956.
- ENGLEDOW, F.L. Cotton Growing in Nigeria. Nature, **192:** 1248-9, 1961.
- GEL'TSER, F. Yu (1955). **The importance of annual and perennial herbaceous plants in the production of soil fertility. Soils and Fert. 18:** 497.
- GUINARD, A. Conservation and improvement of soil fertility in Africa. Pt. 1. **World Crops. 19:** 29-31, sept. 1967.
- JACOMINE, P.K. 1966. Textura dos solos. Treinamento para levantamento de Solos Convênio MA/DPFS — USAID/BRASIL.
- KOLODNY, L. & NEAL, O.R. (1940). **The use of micro-aggregation or dispersion measurements for following changes in soil structure. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 6** 91-95.
- ROGOWSKI, A.S. & KIRKHAM, D. (1962). **Moisture, pressure and formation of water stable soil aggregates. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 26:** 213-216