

CONTROLE DA EROSÃO, MELHORAMENTO DAS
PROPRIEDADES FÍSICAS E AUMENTO DA
PRODUTIVIDADE DE PODZÓLICO VERMELHO-
AMARELO EUTRÓFICO PELA COBERTURA MORTA
COM BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR TRITURADO.

C 342556

ÁLVARO BARRETO DANTAS

Dissertação Submetida à Coordenação do Curso de
Pós-Graduação em Agronomia - Área de
Concentração em Solos e Nutrição de Plantas como
Requisito para a Obtenção do Grau de Mestre.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

BCT / UFC CATIVO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

7
631.4
D21C
1995
ex. 1

FORTALEZA - CEARÁ

- 1995 -

UFC/BU/BCT 23/05/1997



R665630 Controle da erosão, melhoramento
C342556 das pro
T631.4 D21c

Esta Dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Álvoro Barreto Dantas

Dissertação aprovada em 04/12/95.

Prof. José Ronaldo Coelho Silva, Ph.D.
Orientador

Prof. Elder Gurgel Souza Moreira, Doutor.

Profª. Carmen Silvia Corrêa Bueno, MS.

Aos meus pais, Moacir e Irene, que, com amor e sacrifícios, alicerçaram-me com um ideal científico e moral.

A minha esposa, Joana
D'Arc, pelo apoio, compre-
ensão e paciência.

Aos meus filhos Larissa e
João Neto.

Dedico

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições:

Ao professor José Ronaldo Coelho Silva pela valiosa participação na orientação, execução e revisão deste trabalho;

Aos conselheiros, professor Elder Gurgel Souza Moreira e professora Carmem Sílvia Corrêa Bueno, pelas críticas e sugestões apresentadas;

Aos professores do Departamento de Ciências do Solo pelos ensinamentos transmitidos;

À Universidade Federal do Ceará (UFC) pelo aperfeiçoamento recebido;

Ao Governo do Estado de Rondônia pelo afastamento e suporte financeiro concedido;

À Secretaria de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) pela oportunidade do aprimoramento técnico;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

Ao Engenheiro Agrônomo Carlos Henrique Martins Ximenes pelos préstimos dispensados nas fotografias e eslaides;

Aos colegas do curso pelo convívio e amizade durante esta jornada;

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo pela colaboração neste trabalho;

Aos meus irmãos pelo constante carinho e incentivo;

Ao meu sogro e a minha sogra, João e Santa, pelo apoio na instalação do experimento;

Finalmente a Deus, o Criador do Universo, que me auxiliou a superar os desafios presentes nesta caminhada.

SUMÁRIO

<u>LISTA DE QUADROS</u>	ix
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	xi
<u>RESUMO</u>	xiii
<u>SUMMARY</u>	xvi
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	5
2.1. Erosão, produtividade e conservação do solo.....	5
2.2. Cobertura do solo versus erosão.....	14
2.3. Cobertura do solo e agregação.....	20
3 - <u>MATERIAL E MÉTODO</u>	23
3.1. Localização da área.....	23
3.2. Solo.....	25
3.3. Instalação dos sistemas de manejo e conservação do solo e água e delineamento experimental.....	25
3.4. Erosividade.....	29
3.5. Perdas de solo e água.....	30
3.6. Análises físicas e químicas.....	31
3.8. Análises estatísticas.....	34
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	35
4.1. Erosividade das chuvas.....	35
4.2. Efeito da cobertura morta com bagaço triturado da cana-de-açúcar sobre as perdas de solo e água.....	37
4.3. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado na granulometria do solo e retenção da argila.....	43
4.4. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado no teor de matéria orgânica do solo.....	45

4.5. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado associada à adubação nitrogenada suplementar na estabilidade e no diâmetro ponderado dos agregados do solo.	51
4.6. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado no teor, disponibilidade e economia de água no solo.	54
4.7. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado na biometria das culturas e na produtividade do solo.	57
4.7.1. <i>Feijão-de-corda</i>	57
4.7.2. <i>Mandioca</i>	60
5 - <u>CONCLUSÕES</u>	64
6 - <u>LITERATURA CITADA</u>	67
APÊNDICES	79
Apêndice 1 - Características e descrição do perfil do solo em estudo.....	80
Apêndice 2 - Resultados das análises físicas e químicas do perfil do solo.	83

LISTA DE QUADROS

QUADRO	PAG
1. Características das chuvas e do índice de erosividade EI_{30} em Fortaleza-CE, no período de 21 de fevereiro a 20 de julho de 1994.-----	36
2. Perdas de solo e água em diferentes tratamentos na cultura da mandioca consorciada com feijão-de-corda em Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico no município de Fortaleza-CE.-----	38
3. Composição granulométrica em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunhas, antes do plantio e após a colheita, na camada de 0 - 5 cm.-----	46
4. Teores de matéria orgânica (M.O.), carbono, nitrogênio e relação carbono/nitrogênio (C/N), em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha, antes do plantio e após a colheita.-----	47
5. Estabilidade dos agregados estáveis em água, da camada arável do solo, antes do plantio e após a colheita, nos tratamentos MAN e T, com a média de duas repetições.-----	52
6. Resultado médio, com dez repetições, do número de vagens, peso de vagens, peso de grãos e produtividade da cultura do	

feijão-de-corda em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha.-----	58
7. Resultado médio, com seis repetições, da altura da planta, parte aérea e produtividade de cultura da mandioca em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha.-----	61

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PAG
1. Localização do projeto de pesquisa, em Fortaleza, MRH - 59-----	2 4
2. Esquema geral do experimento no campo-----	2 7
3. Amostras coletadas nas parcelas de campo para análises no laboratório-----	3 2
4. Comparação do acúmulo de sedimentos nas calhas coletoras dos tratamentos MAN e DA-----	4 1
5. Comparação do acúmulo de sedimentos nas calhas coletoras dos tratamentos MA e DAN-----	4 2
6. Distribuição granulométrica, em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha, antes do plantio e após a colheita. -----	4 4
7. Contraste em amostras de sedimentos nas latas e de suspensão em bequer coletadas em cada parcela, após chuva erosiva, para análises no laboratório.-----	4 9
8. Diâmetro médio ponderado dos agregados em função dos tratamentos MAN e T, antes do plantio e após a colheita, com a média de duas repetições. -----	5 3

9. Variação do teor de água no solo em três profundidades em função dos tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha no período de 8 de fevereiro a 29 de julho de 1994. ----- 55
10. Vista geral da parcela testemunha (T), observando-se o empobrecimento do solo e o carreamento da matéria orgânica para a parte inferior do declive.----- 63

RESUMO

A produtividade do solo é basicamente sua capacidade de desenvolver culturas segundo as características químicas, físicas, mineralógicas e biológicas que ele apresenta; assim como o clima, o tipo e o nível de manejo a que ele está submetido. Pesquisas desenvolvidas na micro região homogênea 59 do Estado do Ceará têm mostrado que, na ausência de manejo conservacionista, a alta erosividade provocadas pelas chuvas associada à erodibilidade moderada a alta de Podzólicos Vermelho-Amarelos eutróficos, existentes nessa região, tem originado elevadas taxas de erosão. Conseqüentemente, a produtividade desses solos vem sofrendo severas reduções em função de perdas de solo, água, matéria orgânica e nutrientes, degradação da estrutura e crescente proximidade das raízes às condições desfavoráveis do subsolo.

A necessidade de desenvolver técnicas de controle da erosão e práticas alternativas de manejo do solo e de culturas, no sentido de reverter o impacto das perdas de solo na produtividade, através do melhoramento de sua proteção, manutenção de sua estrutura e melhoria em sua retenção e disponibilidade de água, conduziram ao presente estudo. Procura-se pesquisar as interrelações entre a erosividade e os efeitos da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado no controle da erosão em um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico em Fortaleza, (CE); avaliar a produtividade do solo e seu comportamento físico relacionado à

granulometria, teor de matéria orgânica, estabilidade dos agregados e economia de água em função dessa cobertura; e determinar os rendimentos do consórcio de mandioca e feijão-de-corda relacionado ao manejo com cobertura morta de bagaço de cana associado ou não a nitrogênio suplementar combinado a adubação com NPK.

Sob uma erosividade excepcional de 7.407,1 MJ.mm/ha.h a dose de 34 t/ha de bagaço de cana triturado reduziu as perdas de solo e água de uma média de 47,6 t/ha e 726 mm nas parcelas com solo descoberto para 8,1 t/ha e 346 mm nos tratamentos com o **mulch** (cobertura morta).

Em consequência de uma maior infiltração de água e melhores condições físicas e químicas nos sistemas de manejo com cobertura, as produções médias de mandioca e feijão-de-corda foram 26,8% e 40,1% maiores que aquelas no solo descoberto e 34,6% e 70,2% superiores às determinadas na testemunha sem qualquer prática conservacionista, respectivamente.

O nitrogênio suplementar não afetou significativamente os rendimentos das culturas, porém, as parcelas adubadas incrementaram suas produções comparadas às da testemunha.

A alta taxa de decomposição do bagaço, que decresceu de 90% de cobertura do solo no início do experimento para 39,3% cinco meses depois, diminuiu proporcionalmente seus efeitos. Enquanto este foi muito efetivo no período mais crítico quando o solo recém-preparado não apresentava cobertura das

culturas, após a colheita os teores de silte e argila diminuíram na camada arável. Entretanto, isso não invalidou os benefícios adicionais da cobertura morta entre os quais: aumento de 42,6% e 43,4% do teor de matéria orgânica nas parcelas com **mulch** em relação às parcelas descobertas e à testemunha, respectivamente; proteção da boa estrutura superficial do solo via dissipação da energia cinética das gotas de chuva; aumento na estabilidade dos agregados e em seu diâmetro médio ponderado que foi 10,8% maior no talhão com cobertura morta, adubado e com N adicional comparado ao solo descoberto da testemunha; decréscimo no selamento superficial e na compactação, como evidenciado pelo status dos agregados do solo; e maior relação benefício/custo da água infiltrada e dos fertilizantes aplicados como evidenciado pela maior produção de biomassa e maior rendimento das culturas nos tratamentos com cobertura.

Considerando sua expressiva quantidade disponível nas agro-indústrias, o **mulch** com bagaço de cana poderia ser, dependendo da redução em seus custos de transporte e distribuição, uma tecnologia alternativa ecológica, efetiva e econômica de controle das perdas por erosão e de melhoria nas condições do solo para o desenvolvimento vegetal.

SUMMARY

Soil productivity basically is its ability to produce crops, being a function of the soil's chemical, physical, and biological properties as well as climate and management. Previous research developed in the coastal zone of Ceara State has showed that in the lack of conservationist management, high rainfall erosivity associated with moderate to high erodibility of eutrophic Red-Yellow Podzolics predominant in this region have produced serious erosion rates. Consequently, the productivity of this soil is suffering severe reductions through soil, water, organic matter and nutrient losses as well as structure degradation and increasing proximity of crops roots to unfavorable subsoil.

The need to develop erosion control techniques and alternative crop and soil management practices in order to reverse the impact of soil losses on productivity by enhancing its protection, maintaining its structure and improving its water retention and availability led to this study which was designed to evaluate the interrelations between rainfall erosivity and the effects of sugarcane triturated bagasse used as mulch on erosion control of an eutrophic Red Yellow Podzolic soil in Fortaleza (CE); to measure soil productivity and its physical behaviour as related to granulometry, organic matter content, aggregate stability and water economy as a function of this mulch; and to determine cassava and cowpea intercrop yields related to soil management without any conservation practice and with sugarcane bagasse

mulch associated or not to suplementar nitrogen combined with NPK fertilizers.

Under exceptional rainfall erosivity of 7.407,1 MJ.mm/ha.h the 34 t/ha sugarcane bagasse mulch reduced soil and water losses from an average of 47,6 t/ha and 726,8 mm on no mulch plots to 8,1 t/ha and 346 mm on the mulched treatments.

As a consequence of greater water infiltration and better physical and chemical conditions in the mulched management system average yields of cassava and cowpea were 26,8% and 40,1 % greater than those in the no mulched systems and 34,6% and 70,2% greater than those determined in the control plot without any conservation practices, respectively.

Additional N did not significantly affected crop yields but fertilized plots increased production as compared with the control plot.

Rapid rate of decomposition of the bagasse which decreased from 90% of soil cover in the beginning of the experiment to 39,3% five months after, decreased gradually its effects. While it was very effective in the most critical period when recently tilled soil had no crop cover, after harvest, silt and clay content decreased in the topsoil. However, this did not invalidate additional benefits of the mulch which were: organic matter content increases of 42,6% and 43,4% in mulched plots with reference to uncovered treatments and to the control plot, respectively; protection of good soil structure via dissipation of the kinetic energy of falling raindrops; increase in aggregate stability and mean weight-diameter which was 10,8% greater in the mulched and fertilized plot plus additional N as compared to

the uncovered control plot; decrease in soil surface sealing and compaction as evidenced by the aggregation status and higher benefit/cost relation of the infiltrated water and fertilizers as evidenced by the higher biomass and crop yields in the mulched treatments.

Considering its expressive amount available in the agroindustries, sugarcane bagasse mulch, might be, depending on the reduction of cost of its transport and distribution, an ecological, effective and economical alternative technology for controlling erosion losses and improving soil conditions for plant growth.

1 - INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento agrícola brasileiro foi montado a partir das nossas riquezas naturais, aliado à rápida expansão da fronteira agrícola. Tradicionalmente os agricultores desbravam e exploram o solo descuidando-se das conseqüências sobre o meio ambiente. Uma das conseqüências, cuja causa é o uso incorreto do solo, tem-se refletido na queda acentuada de produtividade e modificações nas características físicas, químicas e biológicas dos solos cultivados em muitas regiões do país. Estes solos, quando se tornam improdutivos, são abandonados e os produtores, de maneira desordenada e praticando uma agricultura exaustiva, passam a avançar sobre outras áreas de novos solos agrícolas.

A conservação do solo visa à preservação dos recursos naturais renováveis, como o solo e a água. Para se conseguir uma produção agrícola elevada, com o menor custo possível, é necessário preparar o solo cuidadosamente e controlar os fatores que, direta ou indiretamente, interferem em todo o processo produtivo. Através da ação do homem, via práticas conservacionistas, executadas periodicamente de acordo com as necessidades verificadas, e sistema de manejo agrícola, aplicado a cada cultivo, o solo pode ser modificado para possibilitar o máximo de aproveitamento dos recursos disponíveis.

A desagregação e o transporte de partículas de solo pelo efeito do impacto das gotas de chuva e pela turbulência das enxurradas constituem o início do

processo de erosão pela água, (SILVA e FREIRE, 1986). Por sua vez, a cobertura permanente do solo é uma prática conservacionista que reduz enormemente este efeito ao dissipar a energia cinética das gotas de chuva em queda livre e melhorar as características físicas, químicas e biológicas. Segundo BERTONI e LOMBARDI NETO (1985), a cobertura morta protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, faz diminuir o escoamento da enxurrada e incorpora ao solo a matéria orgânica que aumenta a sua resistência ao processo erosivo.

Várias são as formas utilizadas para cobrir o solo. O uso da cobertura vai depender, entre fatores locais, da disponibilidade, facilidade de aquisição do material e de seus aspectos econômicos.

A literatura pesquisada não traz referências sobre o emprego do bagaço de cana-de-açúcar triturado como cobertura morta no Estado do Ceará. Entretanto, facilmente encontramos esse resíduo nas agroindústrias alcooleiras, posto que o Ceará apresentava em 1994 uma área plantada de 42.425 ha com cana-de-açúcar e uma produção anual de cerca de 519.676 sacas de açúcar e 6.197 m³ de álcool, não se computando a produção industrial e caseira de aguardente, rapadura e alimentação humana.¹

Considerando-se que a maioria dos solos cearenses são rasos e caracterizam-se por apresentarem sinais de deficiências de nutrientes e diminuição da capacidade de retenção de água, em função de altas taxas de erosão, julgou-se

¹ Informações diretas coletadas na EPACE e IBGE - 1995.

necessário o desenvolvimento de práticas conservacionistas que permitam simultaneamente controlar as perdas de solo e água, melhorar a estrutura do solo, regular sua temperatura, além de reciclar matéria orgânica e nutrientes necessários ao desenvolvimento dos cultivos. Essas práticas conservacionistas podem proporcionar ao agricultor e sua família um desenvolvimento agrícola auto-sustentado, maiores rendas e melhores condições de vida.

Nesse sentido, e visando ainda oferecer alternativas tecnológicas mais eficientes, contribuindo, dessa forma, com o progresso da agricultura científica relacionada ao uso, conservação e manejo adequados do solo e da água, foi desenvolvido o presente trabalho visando alcançar os seguintes objetivos:

a) Avaliar as inter-relações entre a erosividade das chuvas de Fortaleza e os efeitos da cobertura morta (**mulch**) com bagaço de cana-de-açúcar triturado nas perdas de solo e água em Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico cultivado com o consórcio de mandioca (**Manihot esculenta** Crantz) e feijão-de-corda (**Vigna unguiculata** (L.) Walp);

b) Determinar o rendimento do consórcio em função do preparo do solo convencional, sem práticas conservacionistas, e em função do **mulch** (cobertura morta) com o bagaço de cana como prática de controle da erosão, associado ou não ao uso de adubos químicos e suplementação de nitrogênio;

c) Avaliar a produtividade e o comportamento físico do solo relacionado à granulometria, conteúdo de matéria orgânica, estabilidade dos agregados e

retenção, disponibilidade e economia de água em função da presença ou ausência dessa cobertura morta.

2.1.

3.1.

(1974)

com

sub

cam

amp

agric

dec

inter

denom

cult

(1974)

atenc

agric

tam

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Erosão, produtividade e conservação do solo.

Desde a antigüidade que o homem vive diretamente do solo e dele retira a maior quantidade dos recursos vitais à sua sobrevivência. BUCKMAN e BRADY (1974) definem o solo como sendo um corpo natural, sintetizado em forma de perfil, composto de uma mistura variável de rochas, minerais, em estágios avançados de subdivisões, e de matéria orgânica em decomposição, que cobre a terra com uma camada fina e que fornece, quando contém as quantidades necessárias de ar e água, amparo mecânico e, em parte, sustento para os vegetais. O solo é, então, o suporte agrícola que, combinado com os fatores climáticos, torna-se adequado ao cultivo e decisivo para a manutenção da vida sobre o globo terrestre.

O extraordinário aumento da população mundial tem provocado a intensificação da atividade agropastoril, com o objetivo de atender à crescente demanda de alimentos, o que só tem sido possível através da expansão da área cultivada, do aumento da produtividade ou de fontes alternativas de alimentos, (HUDSON, 1971). Segundo GALINDO e MARGOLIS (1989), os esforços para atender à demanda de alimentos vêm-se concentrando na expansão da fronteira agrícola e no aumento da produtividade. A expansão agrícola, em terras marginais, tem destruído parte da cobertura vegetal e levado a uma intensificação do processo

erosivo, com a degradação do solo de muitas áreas agrícolas, e a formação de depósitos sedimentares em cursos d'água.

Os solos da região semi-árida do nordeste brasileiro estão sujeitos a processos erosivos intensos, devido a alta intensidade das chuvas em determinados períodos do ano, ausência de cobertura vegetal no momento em que incidem as primeiras chuvas, pouca profundidade dos solos e baixos teores de matéria orgânica, (SILVA et al., 1986). Os solos da região do Nordeste brasileiro são rasos, cascalhentos e com baixo teor de matéria orgânica, apresentando baixa capacidade de retenção de água e elevada suscetibilidade à erosão (MARGOLIS, 1989). Tradicionalmente nos sertões do Ceará o solo é cultivado sem qualquer cuidado conservacionista: cultivo no sentido da declividade do terreno, sem adubação, sem rotação de cultura, sem cobertura morta ou outra prática. (RAMOS, 1982). De acordo com Larson et al. e McCool, citados por SPAROVEK et al. (1993), a diminuição do rendimento dos cultivos devido ao processo de erosão do solo e a recuperação de terras erodidas ou degradadas têm sido assunto prioritário na literatura conservacionista internacional.

Erosão é o fenômeno de desgaste da superfície do solo pelas águas das chuvas em movimento e é a principal causa do empobrecimento do solo. É um processo de desagregação, transporte e depósito de materiais do solo, a partir de sua superfície, (ASSIS et al., 1976; FOSTER et al., 1985). A desagregação de partículas do solo representa a primeira fase do processo erosivo, sendo proporcional à capacidade desagregadora da chuva e à suscetibilidade do solo à desagregação

(REICHERT e CABEDA, 1992). O transporte é a segunda fase do processo de erosão e, de acordo com ASSIS et al. (1976), nada mais é que o carregamento pela enxurrada das partículas de solo que foram desagregadas. A deposição é um processo seletivo onde as partículas mais grossas são depositadas primeiro, causando a perda das partículas mais finas, importantes na retenção de umidade e nutrientes, (DEDECEK et al., 1986).

A erosão, principal causa do declínio da produtividade dos solos, pode ocorrer como um processo natural ou acelerado; este resulta da atividade do homem, construindo estradas, levantando barragens, desbravando áreas novas e, principalmente, cultivando a terra sem adoção de práticas conservacionistas, (GALINDO e MARGOLIS, 1989).

O solo sob condições normais encontra-se protegido pela vegetação natural. Entretanto o homem, ao destruir as matas e cultivar o solo incorretamente, permite que as águas das chuvas caiam em solos desprotegidos.

O volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência da chuva (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985). Cabe salientar que as chuvas erosivas quando ocorrem, encontrando o solo descoberto e, conseqüentemente, pouco resistente ao impacto direto das gotas das chuvas, torna-o mais susceptível à erosão hídrica que, por sua vez, acelera os processos de desagregação, transporte e deposição das partículas do solo, resultando na redução de sua produtividade.

O solo agrícola pode sofrer modificações em suas características físicas, químicas e biológicas pela ação do homem. Segundo ELTZ et al. (1984), uma das conseqüências da introdução de cultivos continuados é a progressiva deterioração do solo, resultando no encrostamento e baixa taxa de infiltração de água. O mesmo autor prossegue afirmando que estes fatores, aliados a chuvas de alta intensidade, resultam na aceleração da erosão do solo.

CAMPOS FILHO et al. (1991) afirmam que a erosão hídrica, associada ao uso irracional do solo, tem sido a causa principal da queda da produtividade dos solos tropicais pelo arrastamento pela enxurrada dos nutrientes e da matéria orgânica, que se encontram em sua camada superficial. SILVA et al. (1986) confirmam que os prejuízos que a erosão tem causado ao produtor rural vêm-se manifestando através do esgotamento dos solos, queda da produtividade e degradação das características físicas, químicas e biológicas.

A conservação do solo abrange uma série de métodos cuja finalidade é preservar e melhorar as características produtivas do solo. A diminuição da produtividade das terras agrícolas, devido à erosão do solo, e a recuperação do potencial produtivo de terras degradadas pelo processo erosivo têm sido assunto de inúmeros trabalhos (SPAROVEK, et al., 1991). Diversos autores têm mostrado os efeitos de diferentes sistemas de preparo do solo no controle da erosão. MARGOLIS et al. (1985) afirmam que o uso de práticas agrícolas conservacionistas é uma das formas de controlar a erosão em terrenos onde os fatores chuva, solo e topografia favorecem a aceleração do processo. PONTES e MEDEIROS (1985) reafirmam que

conservar o solo é utilizá-lo de forma correta e adequada, com o objetivo de se obter o máximo de rendimento, sem permitir o seu desgaste ou empobrecimento pela erosão. ZAFFARONI et al. (1991) discorrem que o preparo do solo é uma das práticas de manejo do solo mais importantes, pois, se for adequado, contribuirá para controlar plantas invasoras e melhorar as propriedades físicas do solo. Por outro lado, BELTRAME et al. (1981) informam que os trabalhos de preparo do solo destroem a estrutura natural da camada arável do solo e provocam compactação que reduz as taxas de infiltração e aumenta o volume de escoamento superficial em solos com declividade. Sobre o mesmo assunto, PIMENTEL e CHAVES (1993) afirmam que o preparo do solo visa fornecer às plantas condições favoráveis, sendo necessário analisar as técnicas agrícolas em uso, uma vez que elas afetam diretamente as raízes das plantas e, na maioria das vezes, a produção. Logo, sucede que o método de preparo do solo para plantio é um fator importante no que diz respeito ao processo erosivo em áreas cultivadas. A erosão sempre ocorre quando o solo apresenta alguma declividade, acontecem chuvas erosivas e as partículas do solo são revolvidas e desagregadas.

Em solos declivosos e em situações onde a falta de água é fator restritivo, é necessário que sua superfície seja manejada de tal forma que ocorra uma rápida infiltração de água, reduzindo, com isso, a erosão (LEVIEN et al. 1990). Em função do manejo a que está submetido, o solo é passível tanto de degradação quanto de melhoramento em seu potencial produtivo, visto que esse recurso natural está inserido em um ecossistema e, portanto, sujeito a variações dos demais componentes, tais como a água, o relevo, a macro e a micro fauna e flora, os quais

podem ser afetados pelo homem (MELO FILHO e SILVA, 1993). O uso racional desses componentes possibilitará ganhos em produção agrícola, aumento da produtividade das terras cultiváveis e maiores rendas.

A desertificação e o desmatamento indiscriminado são ameaças à integridade de ecossistemas regionais. A desertificação, processo pelo qual as terras áridas e semi-áridas tornam-se improdutivas do ponto de vista econômico, envolve interações complexas de seres vivos, solo e clima e o desmatamento causa a extinção de espécies vegetais e animais, reduzindo a diversidade genética dos ecossistemas, ameaçando a oferta de alimentos do presente e comprometendo os padrões gerais de consumo das futuras gerações (CMMAD, 1991). Logo, a conservação dos recursos agrícolas, principalmente o solo e a água, é tarefa urgente e fundamental para o desenvolvimento tecnológico, pois contribuirá para aumentar a produção e elevar a produtividade dos cultivos.

No Brasil, e principalmente no Nordeste, poucos estudos foram desenvolvidos para quantificar os efeitos do manejo de água e solo, em especial aqueles concernentes ao desmatamento e sua influência sobre o escoamento e a erosão por chuvas intensas (FERREIRA FILHO e MARTINS JÚNIOR, 1991). No Ceará, a intensidade das chuvas em curtos períodos, a pequena profundidade dos solos e a baixa capacidade de armazenamento de água, aliado ao uso de atividades agrícolas inadequadas e à utilização de práticas agrícolas indesejáveis, são as causas principais das perdas de solo e água pela erosão hídrica. Em consequência das perdas de solo e água ocorre uma diminuição na fertilidade do solo, resultando em

baixa produtividade.

Práticas culturais podem modificar as perdas de solo, água e nutrientes. Diversas pesquisas indicam que a redução na movimentação do solo e a preservação dos resíduos vegetais na superfície do solo resultam em menor erosão. Assim, SINGER e BLACKARD (1978) afirmam que o formato da cobertura ou a distribuição do espaço entre a cobertura parece ser importante na perda de sedimentos, pois reduz as perdas e ajudam a manter um alto nível de infiltração. Para BATCHELDER e JONES JÚNIOR (1972), a aplicação da camada morta, na superfície do solo, reduz o escoamento da água superficial, resultando em uma maior retenção da água.

A perda da camada superficial através da erosão causada pelo vento e pela água tem reduzido a produtividade das colheitas e criado sérios problemas de manejo do solo (TANAKA e AASE, 1989). De acordo com VIEIRA (1989), as perdas anuais das camadas da superfície do perfil, com sério comprometimento da fertilidade química, física e biológica do solo, faz com que as culturas tenham que utilizar horizontes menos nobres, o que geralmente leva ao comprometimento da produtividade, aos aumentos dos riscos e custos de produção.

Para BERTOL et al. (1989), a chuva modifica as condições físicas de superfície, pelo seu efeito sobre a desagregação e transporte das partículas de solo, reduzindo-lhe a rugosidade superficial, a porosidade total da camada preparada e a infiltração da água no solo. A desagregação e o arraste do solo, provocado pela água, são fatores importantes ligados à baixa eficiência de fertilizantes e as perdas

de nutrientes por erosão (LOPES e GUILHERME, 1990).

Para avaliar a gravidade da erosão do solo, faz-se necessário conhecer quanto do solo está sendo perdido e o limite que pode ser tolerado sem prejuízo da sua potencialidade. Nesse sentido, MANNERING e MEYER (1963), utilizando palha de trigo como cobertura morta superficial, ao aplicarem 0,62 t/ha e 1,24 t/ha de cobertura morta obtiveram perdas de 7,41 t. de solo/ha e 2,47 t. de solo/ha, respectivamente. Ao passo que na testemunha (sem cobertura) houve perdas de 29,65 t. de solo/ha.

De acordo com COGO (1978), a perda média anual de solo das terras cultivadas para as condições brasileiras pode ser referida como sendo em torno de 25 t/ha.ano a 30 t/ha.ano ou aproximadamente, 1,8 mm a 2,3 mm de solo superficial por ano.

MALHI et al. (1994), estudando o efeito da remoção da camada superficial do solo, afirmam que a concentração total de carbono e nitrogênio reduziu com a profundidade da camada removida.

Em Quixadá (CE) OLIVEIRA (1981), avaliando as perdas de solo e água em Podzólico e Planossolo em diversos tratamentos de preparo do solo, informa que a gradagem, à tração motora, com aplicação média de 46,2 mm de chuvas simuladas, efetuada na mobilização do solo, foi o tratamento que proporcionou maiores perdas de solo, sendo da ordem de 16,34 t/ha para o Podzólico e 4,22 t/ha para o Planossolo. Quanto à água as perdas foram de 58,85% para o Podzólico e

55,18% para o Planossolo.

SILVA et al. (1985), avaliando as perdas de solo, água e nutrientes obtiveram redução de 27,7% na produção de milho e aumento de 38% nos custos de produção dessa cultura implantada no grau de erosão severo, em relação ao grau de erosão ligeiro. Os autores detectaram ainda perdas de nutrientes equivalentes à aplicação de 517,9 kg/ha de uma mistura contendo sulfato de amônio, superfosfato simples e cloreto de potássio, correspondendo a um custo de US \$ 163.

DEDECEK et al. (1986), estudando perdas de solo, água e nutrientes por erosão, citam que o tratamento com solo descoberto apresentou, em média, uma perda anual de 52,6 t/ha de solo e 293,4 mm de água. As culturas anuais testadas, continuam os autores, permitiram uma redução mínima de 44% nas perdas de solo e no máximo 40% nas de água, em relação às do solo descoberto enquanto a manutenção de uma vegetação permanente, como pastagem perene, permitiu reduções ainda maiores, de 99,7% nas perdas de solo e 94,5% nas perdas de água, comparadas às de solo descoberto.

MELO FILHO (1991), comparando as perdas de solo e água no preparo convencional do solo e plantio direto, em Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico em Fortaleza (CE.), obteve perdas de solo e água de 3,1 t/ha e 183,8 mm, respectivamente, no plantio direto, enquanto no sistema de manejo convencional estas perdas corresponderam a 3,9 t/ha de terra e 283,2 mm de água.

2.2. Cobertura do solo versus erosão

A manutenção da cobertura vegetal, a cobertura do solo com resíduos culturais, a adoção de sistemas adequados de cultivos e todas as práticas agrícolas que melhorem a estrutura do solo, na camada superficial, e evitem a sua compactação, são práticas de conservação do solo que contribuem para a estabilidade e a disponibilidade de solo, água e nutrientes necessários às plantas. No solo desnudo ocorre a ação direta das gotas de chuva sobre o solo provocando a diminuição no teor de matéria orgânica e retirada dos componentes mais preciosos do solo pelo escoamento superficial e pela lavagem do solo.

A maioria dos solos do Nordeste brasileiro encontra-se em zona tipicamente tropical e, em função das características da vegetação e métodos tradicionais de manejo utilizados, aliados ao regime de chuvas da região, tem facilitado o processo erosivo. Um dos principais problemas de manejo de solo nas regiões tropicais e subtropicais consiste no aproveitamento inadequado dos resíduos das culturas que, em vez de serem deixados na superfície, são queimados ou totalmente incorporados, expondo o solo a flutuações bruscas de temperatura e umidade, com sérios danos a si e ao estabelecimento das culturas (BRAGAGNOLO e MIELNICZUK, 1990). Os mesmos autores prosseguem afirmando que o efeito das coberturas sobre as flutuações de temperatura e umidade do solo depende largamente da quantidade, qualidade e distribuição dos resíduos sobre o solo.

Já há quatro décadas, ALENCAR (1950) citava as seguintes vantagens da cobertura vegetal: redução da erosão do solo, diminuição da lixiviação dos

elementos nutritivos prontamente assimiláveis, redução da enxurrada; conservação da umidade do solo; enriquecimento do solo em matéria orgânica e melhoria de suas propriedades físicas.

A importância de manter os resíduos vegetais e o efeito da movimentação do solo no problema da erosão tem sido muito estudado. Exemplos desses estudos são encontrados em MONDARDO e BISCAIA (1981) e FREITAS et al. (1981). Os resultados indicam que a redução na movimentação do solo e a preservação dos resíduos vegetais na superfície do solo resultam em menor erosão. Isto porque estes resíduos funcionam como amortecedores do impacto direto das gotas das chuvas sobre o solo, reduzindo as perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica.

Os restos culturais espalhados na superfície do terreno protegem o solo contra o choque das gotas de chuva e contra o arraste provocado pelas águas que escorrem. Além de diminuir o impacto das gotas, reduz a velocidade de escoamento superficial, favorece a infiltração da água e conserva a umidade do solo. Nesse sentido VIEIRA (1989), estudando a relação entre a taxa de cobertura do solo e o escoamento superficial, em três sistemas de preparo do solo, observa que há uma relação inversa entre o percentual de cobertura do solo e a taxa de escoamento superficial para uma mesma intensidade de chuva.

De acordo com CARVALHO et al. (1990), a eficácia da cobertura superficial por resíduos culturais na redução da perda de solo por erosão, deve-se à proteção proporcionada contra o impacto direto das gotas de chuva, a qual diminui a

desagregação e a barreira física, por ela formada, que impede o livre escoamento da água, reduzindo a velocidade da enxurrada e, conseqüentemente, sua capacidade de desagregação e transporte de sedimentos. Os autores, aplicando doses iguais ou superiores a 4 t/ha de resíduos culturais de trigo no solo, obtiveram perdas de solo iguais ou menores que 2,39 t/ha, enquanto que ao aplicarem doses iguais ou inferiores a 2 t/ha de resíduos, conseguiram perdas de solo iguais ou superiores a 4 t/ha.

KETCHESON e ONDERDONK (1973), avaliando o efeito da cobertura do solo com restos culturais, afirmam que houve uma redução nas perdas de fósforo, por escoamento superficial, em torno de 65% em um solo coberto em relação a um solo descoberto. Os mesmos autores afirmam ainda que, ao aplicarem 29 kg de fósforo como fertilizante, 3,85 kg/ha foram perdidos no solo sem cobertura, enquanto apenas 0,13 kg/ha foram perdidos no tratamento com cobertura.

SINGER e BLACKARD (1977), avaliando o efeito da palha de aveia nas perdas de solo por erosão, afirma que a cobertura proporcionada pela palha de aveia reduz significativamente as perdas de sedimentos, ao nível de 50% ou mais quando comparado ao solo descoberto.

No Rio Grande do Sul, trabalhos realizados por ELTZ (1977) e SARAIVA (1978), relacionando perdas de solo por erosão com métodos de preparo do solo e tipos de cultivo, evidenciaram redução das perdas nos tratamentos em que os restos da cultura anterior foram mantidos na superfície.

VIEIRA (1977), estudando as perdas por erosão, utilizou resteva de trigo em diferentes sistemas de preparo solo para a cultura da soja e obteve os seguintes resultados: nos tratamentos com uma aração mais duas gradagem e com uma aração mais uma gradagem, utilizando resteva de trigo queimada, as perdas de solo foram de 12,9 t/ha e 13,8 t/ha, respectivamente, enquanto que os tratamentos com uma aração mais resteva de trigo semi-incorporada e a semeadura direta mais resteva de trigo na superfície, as perdas de solo foram de 3,3 t/ha e 3,1 t/ha, respectivamente.

Segundo LAL (1974), entre as principais vantagens da cobertura da superfície do solo, tem-se a redução das perdas de água por evaporação. Para DERPSCH et al.(1983), ocorre, com a cobertura da superfície do solo, diminuição das temperaturas máximas do solo em períodos quentes e secos, chegando a reduções de 13°C a 5 cm de profundidade, em comparação com solo descoberto.

Para MARGOLIS e MELLO NETO (1977), ELTZ et al. (1981) e SARAIVA et al. (1981), a proteção proporcionada pelas diferentes coberturas vegetais favorece também a diminuição das perdas por erosão.

DEIZMAN et al. (1989), analisando o efeito do cultivo nas perdas de fósforo em solos melhorados com lama de esgoto, afirmam que a aplicação de lama, cobrindo a superfície do solo, resultou em maiores concentrações e produções de fósforo em relação a lama incorporada ao solo.

BUCHAMAN e KING (1993), estudando as perdas de carbono e fósforo a partir de resíduos de colheita em decomposição em tratamentos enterrados e

deixados na superfície, obtiveram perdas menores e decomposição mais rápida quando os resíduos foram distribuídos uniformemente à superfície do solo.

Na região de Indiana (EUA), ALBERTS et al. (1978), avaliando a eficiência dos diferentes comprimentos e o percentual dos pedaços de resíduos de milho na redução do nitrogênio e fósforo no transporte de sedimentos, afirmam que pedaços de resíduos com comprimento de 2,7 m com 50% de cobertura reduziram as perdas de nutrientes em aproximadamente 70% quando comparados aos teores de nutrientes de entrada e saída no resíduo. Nesse sentido, ALBERTS e MOLDENHAUER (1981), utilizando resíduos de milho nas perdas de agregados do solo por erosão, afirmam que a cobertura da superfície reduziu a velocidade da enxurrada e somente os agregados de baixas densidades foram transportados.

A exploração agrícola dos solos no Nordeste pelos pequenos e médios produtores é realizada, na maioria das vezes, através de sistemas de cultivos consorciados, pois a cobertura do solo proporcionada pelo adensamento das culturas protege o solo da ação das águas das chuvas e contribui para controlar a erosão.

De acordo com DEDECEK et al. (1986), a cobertura do solo reduz a erosividade da chuva através dos resíduos do cultivo anterior e também através de uma comunidade de plantas em crescimento.

Para Ahmed e Guasena e Chagas et al., citados por SILVA et al. (1989), os agricultores com recursos limitados fazem, tradicionalmente, o consórcio de culturas, a fim de minimizar os riscos inerentes ao monocultivo, bem como para

assegurar uma subsistência mais estável em termos de alimentos e renda, além de oferecer melhor cobertura do solo. O autor citado, cultivando feijão isoladamente no período de 1981 a 1985, obteve perdas de solo com média de 28,6 t/ha, enquanto que, no mesmo período, no consórcio feijão e milho as perdas de solo foram em média de 21,8 t/ha.

O ciclo vegetativo da cultura oferece, durante o seu desenvolvimento, diferentes graus de proteção, em função da massa foliar e da distribuição das chuvas erosivas durante o período (MARGOLIS et al., 1980). Os referidos autores, pesquisando as perdas por erosão nos estádios de preparo do solo, plantio, estabelecimento, crescimento e maturação, e resíduos, verificaram decréscimos nas perdas de solo da ordem de 11,35; 7,01; 6,96; 5,41 e 4,65 t/ha, enquanto as perdas de água foram de 77; 110; 116; 109 e 94%, respectivamente.

Segundo LOMBARDI NETO et al. (1988), os resíduos de culturas deixados sobre o solo, formando cobertura morta, tornam-se um método eficiente de diminuir a erosão, tanto no período crítico com o solo descoberto, quanto naquele em que a cultura já atingiu seu máximo crescimento. Os autores citados, estudando o efeito dos resíduos culturais do milho nas perdas por erosão, mostram que a aplicação de 2 t/ha e 8 t/ha de resíduos sobre o solo, há perdas de 100,7 t/ha e 19,34 t/ha de solo, respectivamente, enquanto no solo descoberto as perdas elevam-se para 217,9 t/ha. Quanto às perdas de água, os tratamentos com solo coberto apresentaram perdas de 380,1 mm e 93,95 mm de água, enquanto o solo descoberto as perdas foram de 629,2 mm.

2.3. Cobertura do solo e agregação.

A agregação do solo é uma das mais importantes propriedades a ser considerada quando se investiga seu comportamento em relação à erosão (SILVA, 1994).

As características originais do solo sofrem profundas modificações pelo uso intensivo desses solos e pelo emprego sistemático de práticas agrícolas inadequadas. Para VIEIRA et al. (1991), o solo coberto com resíduos culturais apresenta melhoras em sua estrutura na camada superficial, devido ao aumento de umidade e de matéria orgânica e à proteção contra chuvas e enxurradas.

CARPENEDO e MIELNICZUK (1990) afirmam que a vegetação e seus resíduos protegem os agregados da superfície contra a desagregação pelo impacto da chuva e variações bruscas de umidade. Os autores, pesquisando o estado de agregação e qualidade de agregados, obtiveram no solo sob pastagem, na profundidade de 0-5 cm, diâmetro médio ponderado de 4,55 mm e predomínio de macroporos enquanto no preparo convencional sob o plantio sucessivo de trigo e soja, na mesma profundidade, o diâmetro médio ponderado foi de 3,56 mm com predominância de microporos.

O acúmulo dos resíduos das culturas na superfície, formando um “mulch”, tem contribuído, nessas condições, para aumentar a conservação de água e solo e a estabilidade dos agregados, diminuindo a temperatura do solo e as perdas de partículas do solo e água por erosão hídrica (SIDIRAS e PAVAN, 1985).

De acordo com LOMBARDI NETO et al. (1988) a cobertura morta absorve toda a energia cinética da chuva, não restando energia residual para provocar a desagregação do solo. Com a redução da desagregação, prosseguem os autores, a quantidade de solo transportado diminui. Esse é o principal efeito do **mulch** tornando-se um método eficiente de diminuir a erosão.

Para BRAGAGNOLO e MIELNICZUK (1990), os resíduos culturais atuam na conservação da água pela redução das taxas de evapotranspiração, além de manterem taxas mais altas de infiltração.

Para eficiente controle da erosão, a forma de manejo dos resíduos culturais assume grande importância, pois o aumento da porcentagem de cobertura do solo por resíduo cultural diminui a velocidade do escoamento superficial da água e, assim, sua capacidade de transportar sedimentos de maior tamanho (LOPES et al., 1987). Os mesmos autores prosseguem afirmando que a quantidade e o tamanho dos sedimentos na enxurrada são função da velocidade do escoamento superficial da água e sua turbulência, as quais, por sua vez, são influenciadas pela rugosidade superficial, declividade e cobertura do solo.

De acordo com TREIN et al. (1991), para minorar os efeitos da erosão e manter ou melhorar a capacidade produtiva dos solos, uma alternativa é a manutenção do solo coberto por restos culturais.

Para maximização da produção agrícola, segundo SILVA e RIBEIRO (1992), é necessário, entre outras ações, adotar práticas de manejo que visam à

manutenção ou ao melhoramento das propriedades físicas do solo.

BRAGAGNOLO (1986) afirma que a manutenção da resteva na superfície vem sendo amplamente utilizada como alternativa para reduzir as variações de temperatura do solo, reduzir as perdas por erosão, reter maior quantidade de água no solo e promover maiores rendimentos dos cultivos agrícolas.

O controle da erosão é conseguido mantendo-se uma boa cobertura do solo durante os períodos críticos, podendo isso ser conseguido pela combinação de diversas práticas (MONDARDO e BISCAIA, 1981). Essas práticas de controle da erosão são de fácil aplicação e têm eficiência comprovada. A maioria são conhecidas, como as de caráter vegetativo, e caracterizam-se por não movimentarem drasticamente o solo.

A cobertura do solo com resíduos culturais mostra ser uma prática que melhora a estrutura do solo, a aeração e a capacidade de retenção de água. Atua ainda como regulador da temperatura do solo e fornece nutrientes que favorecem o desenvolvimento das plantas.

A cobertura morta representa uma das maneiras mais simples, eficazes e mais barata prática conservacionista disponível para o agricultor (LOPES et al., 1987; AMADO et al., 1989; DEDECEK, 1989).

3 - MATERIAL E MÉTODO

3.1. Localização da área.

O estudo foi realizado durante os meses de janeiro a dezembro de 1994 na área de pesquisa de conservação de solo e água, localizada a 60 metros da estação agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, em Fortaleza-CE, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: 3°44'00" lat. S e 38°33'00" long. W. gr. Fortaleza é uma área representativa do litoral úmido e subúmido, com a linha costeira perpendicular à ação dos ventos alísios, ainda sofrendo, durante o verão-outono, a interferência da convergência intertropical, proporcionando uma estação chuvosa muito intensa de fevereiro a maio e uma estação seca relativamente curta de agosto a novembro (BRASIL, 1981). O clima, segundo Koppen, é do tipo Aw, tropical chuvoso com precipitação de verão e amplitude anual de temperatura inferior a 5°C. A normal pluviométrica é 1.401 mm e a temperatura média anual é de 26,5°C (BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO, 1994).

A figura 1 mostra a localização da área da pesquisa, em Fortaleza, situada na microrregião homogênea 59 do Estado do Ceará.

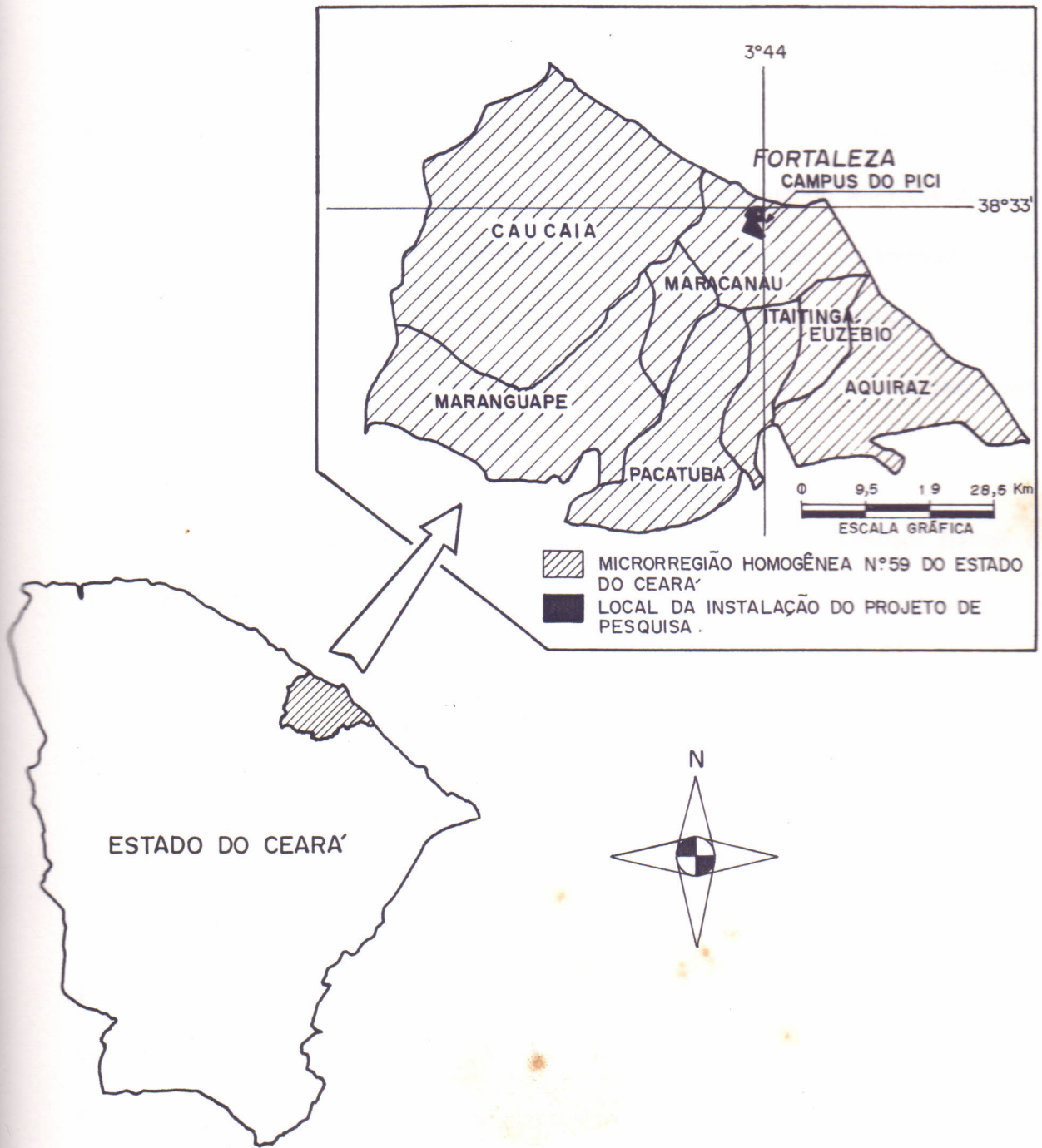


Figura 1. Localização do projeto de pesquisa, em Fortaleza, MRH - 59.

3.2. Solo

O solo é um Podzólico Vermelho Amarelo equivalente eutrófico, abruptico,-A moderado, textura franco arenosa/média, segundo COELHO e MOTA (1978). Este tipo de solo abrange 3.272.853 ha, correspondendo a 21,7% da área total do Estado, distribuindo-se por todas as zonas fisiográficas e ocorrendo sob os diversos tipos de clima, material originário, relevo e vegetação (BRASIL, 1973). A topografia local da área da pesquisa apresenta relevo plano a suave ondulado com declividade de 3% (MELO FILHO, 1991).

A caracterização e a descrição, e os resultados das análises físicas e químicas do perfil do solo encontram-se nos Apêndices 1 e 2, respectivamente.

3.3. Instalação dos sistemas de manejo e conservação do solo e água e delineamento experimental.

A área da pesquisa encontrava-se na forma de capoeira, predominando gramíneas tais como o capim-gengibre (*Paspalum maritimum* Trin.) e o capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.), e foi uniformizada com preparo convencional através de uma aração, com arado reversível de discos a uma profundidade aproximada de 30 cm, seguido de duas gradagens de acabamento a favor do declive. A correção da acidez do solo foi feita através de aplicação do calcário comercial dolomítico, cuja necessidade foi de 2,4 t/ha, de acordo com as análises de solo do Laboratório de Solos do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências

Agrárias da UFC. A aplicação foi realizada a lanço, de forma homogênea, e incorporada ao solo, por ocasião da aração e da gradagem.

Os trabalhos foram iniciados em janeiro de 1994 e conduzido em cinco parcelas com área de 88 m² cada uma, assim dimensionadas: 4,0 m de largura por 22,0 m de comprimento no sentido do declive. Nessas parcelas, foi realizado o plantio de mandioca em consórcio com feijão-de-corda com delineamento experimental inteiramente casualizado dos seguintes tratamentos:

MAN - **Mulch** com a adubação e suplemento de N.

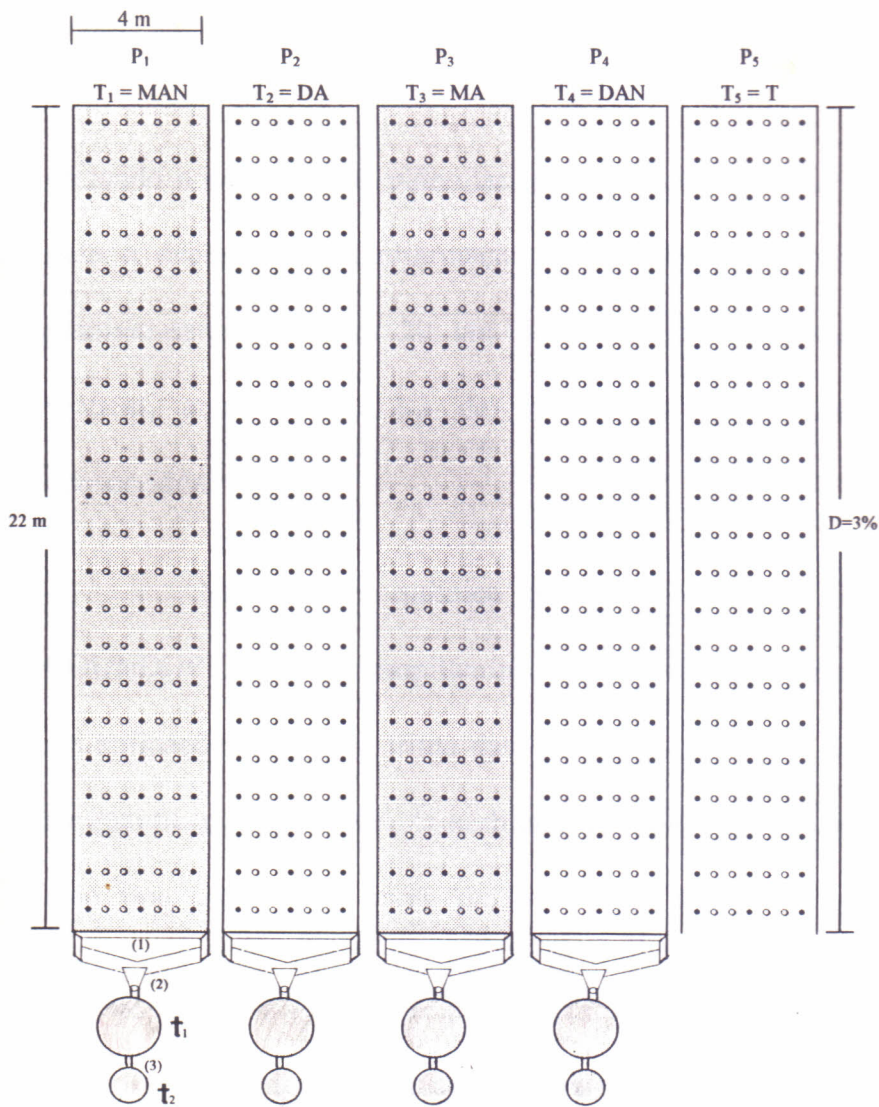
DAN - Solo descoberto com adubação e suplemento de N.

MA - **Mulch** com adubação.

DA - Solo descoberto com adubação.

T - Testemunha com solo descoberto sem nenhuma adubação.

No consórcio foram utilizadas, em cada parcela, três fileiras de mandioca (**Manihot esculenta** Crantz), variedade amarelinha, espaçadas de 1,5 m entre ruas e de 1 m entre plantas. Ladeando, e a 0,5 m da fileira central de mandioca, ficavam duas fileiras duplas de feijão-de-corda (**Vigna unguiculata** (L.) Walp), variedade EPACE-10, com espaçamento de 0,5 m entre plantas e de 1 m entre linhas (Figura 2). A semeadura do feijão-de-corda foi executada manualmente, em covas, no sentido do declive em 04 de fevereiro de 1994, nas mesmas parcelas. Foram plantadas 4 sementes por covas do feijão-de-corda e, 15 dias após a germinação, foi

**LEGENDA:**

P₁, P₂, P₃, P₄ e P₅: Parcelas Experimentais

T₁, T₂, T₃, T₄ e T₅: Tratamentos

MAN: **Mulch**, adubado e nitrogênio adicionado

DA: Descoberto e adubado

MA: **Mulch** e adubado

DAN: Descoberto, adubado e nitrogênio adicionado

T: Testemunha

D: Declividade

t₁: Tambor coletor de sedimentos com tampa, tela e balde de 20 litros

t₂: Tambor coletor de deflúvio com tampa

(1): Calha coletora de enxurrada na parte inferior da parcela

(2): Cano "PVC" com diâmetro de 3" condutor da enxurrada da calha tambor

(3): Sistema divisor de furos com uma calha central ligando os tambores

■ Solo coberto

● Mandioca

□ Solo descoberto

○ Feijão-de-corda

Figura 2: Esquema geral do experimento no campo.

efetuado o desbaste das plântulas, permanecendo duas plantas por cova. O critério para o desbaste foi a eliminação das plântulas de menor desenvolvimento. As manivas-ementes, com 20 cm de comprimento, foram plantadas em posição vertical, enterrando-se 2/3 de seu comprimento, juntamente com a cultura consorciada.

No controle químico das ervas daninhas foi utilizado o herbicida ROUNDUP (Sal de isopropilamina de N (fosfometil) glicina (glyphosate) 480 g/l) em aplicações dirigidas, trinta dias e sessenta dias após a emergência das culturas, na quantidade de 5,0 l/ha. O herbicida foi aplicado com pulverizador costal com o bico tipo leque e as ervas predominantes foram o capim-gengibre (*Paspalum maritimum* Trin.) e o capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus* L.).

As únicas pragas que atacaram as culturas foram as formigas cortadeiras, conhecidas como saúvas do nordeste (*Atta opaciceps* Borgmeier, 1939. Hymeroptura: Formicidae), cujo combate foi feito com a aplicação de formicida granular seco MIREX na dosagem de 6 g/m² da área do experimento.

Em todos os tratamentos, com exceção da testemunha, o solo foi adubado com base em análise emitida pelo Laboratório de Solo do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da UFC e consistiu na aplicação, por ocasião da semeadura, de nitrogênio, 20 kg/ha, fósforo, 80 kg/ha e potássio, 20 kg/ha, tendo como fontes de nutrientes uréia (45%N), superfosfato simples (20%P) e cloreto de potássio (60%K) para a cultura do feijão-de-corda. Para a mandioca a adubação recomendada foi 15 kg/ha de nitrogênio, 60 kg/h de fósforo e 15 kg/h de

potássio, por ocasião do plantio, nas covas e nas mesmas formas do feijão de corda. A suplementação de N foi adicionada aos 30 dias e 45 dias, após a semeadura, na dosagem de 20 kg/ha de uréia.

Como cobertura morta utilizou-se o bagaço de cana-de-açúcar triturado com 23,72% de umidade na quantidade equivalente a 34 t/ha, calculada a partir da distribuição uniforme em 1 m² onde se determinou uma cobertura de 90% do solo. Via de regra, a quantidade de 1 tonelada de cana-de-açúcar gera aproximadamente 250 kg de resíduos triturados. Estes resíduos foram aplicados na superfície do solo, de maneira uniforme, nos tratamentos MAN e MA, logo após a semeadura.

OLIVEIRA (1985) menciona os resultados da análise química do bagaço de cana-de-açúcar triturado na matéria seca, com os seguintes percentuais de nutrientes: N - 0,63%; C - 37,2%; P - 0,014%; K - 0,18%; Ca - 0,112%; Mg - 0,193% e relação C/N 59.

3.4. Erosividade.

A estação agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará forneceu os diagramas diários que serviram para os cálculos da erosividade das chuvas. Para determinação do índice EI₃₀ (Calculado pelo produto da energia cinética total da chuva e sua intensidade máxima em trinta minutos), utilizamos o procedimento descrito por SILVA (1991), analisando-se todas as intensidades e energias cinéticas das chuvas que provocaram perdas de solo

e água, através dos registros em pluviogramas diários, fornecidos pela estação agrometeorológica, durante o período de fevereiro a julho. Esse período corresponde à fase mais crítica de risco de erosão local, abrangendo os meses mais chuvosos e cerca de 72% da precipitação anual.

3.5. Perdas de solo e água

Nos tratamentos MAN, DAN, MA e DA foram determinadas as perdas de solo em t/ha e água em mm, bem como a erosividade de todas as chuvas locais que provocaram erosão nas parcelas.

Cada uma das cinco parcelas, sem repetições de tratamentos, foi delimitada com tijolos, revestidos com cimento, com 10 cm de altura e impermeabilizados. Nas quatro primeiras parcelas foram colocadas calhas coletoras de enxurradas na parte inferior do declive, com 15 cm enterradas no solo. Após cada chuva erosiva, as enxurradas, juntamente com o solo proveniente da parcela, foram coletadas em um conjunto de tambores, sendo o primeiro com capacidade para 150 litros e o segundo com 100 litros, unidos por um sistema divisor com três janelas retangulares e área de 10 cm² cada uma. Após o enchimento do primeiro tambor, um terço da enxurrada desaguava no segundo tambor através da janela central.

O subdimensionamento do segundo tambor coletor em relação ao tamanho da parcela provocou seu extravasamento nas chuvas de maior intensidade e duração, o que inviabilizaria o cálculo das perdas de água. Assim sendo, somente foi

possível a estimativa de tais perdas, nesses eventos, utilizando-se um coeficiente de run-off igual a 0,41 para as parcelas descobertas e de 0,19 para as parcelas com a cobertura morta. Esses valores foram estimados com base em determinações anteriores de escoamento superficial no mesmo solo e local realizadas em parcelas nua e com cobertura de palha em estudo semelhante de plantio direto de milho.²

Utilizou-se baldes de 20 litros, previamente calibrados, para coleta e medições do volume de sedimentos depositados no primeiro tambor e também os que ficaram retidos na calha coletora. As coletas das alíquotas de suspensão e lama foram feitas após cada chuva erosiva. O material amostrado foi acondicionado em garrafas plásticas de 300 ml e latas de alumínio de 96 cm³, previamente numeradas e identificadas, e conduzidas ao laboratório para quantificações de massas e volumes de solo e água perdida, bem como para as determinações de concentrações dos colóides minerais e orgânicos em suspensão nas enxurradas, de acordo com SILVA (1991). A figura 3 mostra a organização dos recipientes de sedimentos e alíquotas das enxurradas nos diferentes tratamentos para as análises em laboratório.

3.6. Análises físicas e químicas.

Para avaliar o efeito da proteção do bagaço de cana-de-açúcar sobre as propriedades físicas e químicas do solo, relacionadas à retenção dos colóides

² Informação pessoal do Prof. José Ronaldo Coelho Silva com base em estimativas preliminares do coeficiente de run-off determinado com sistemas coletores de enxurradas para uso na fórmula racional de cálculo de vazões.

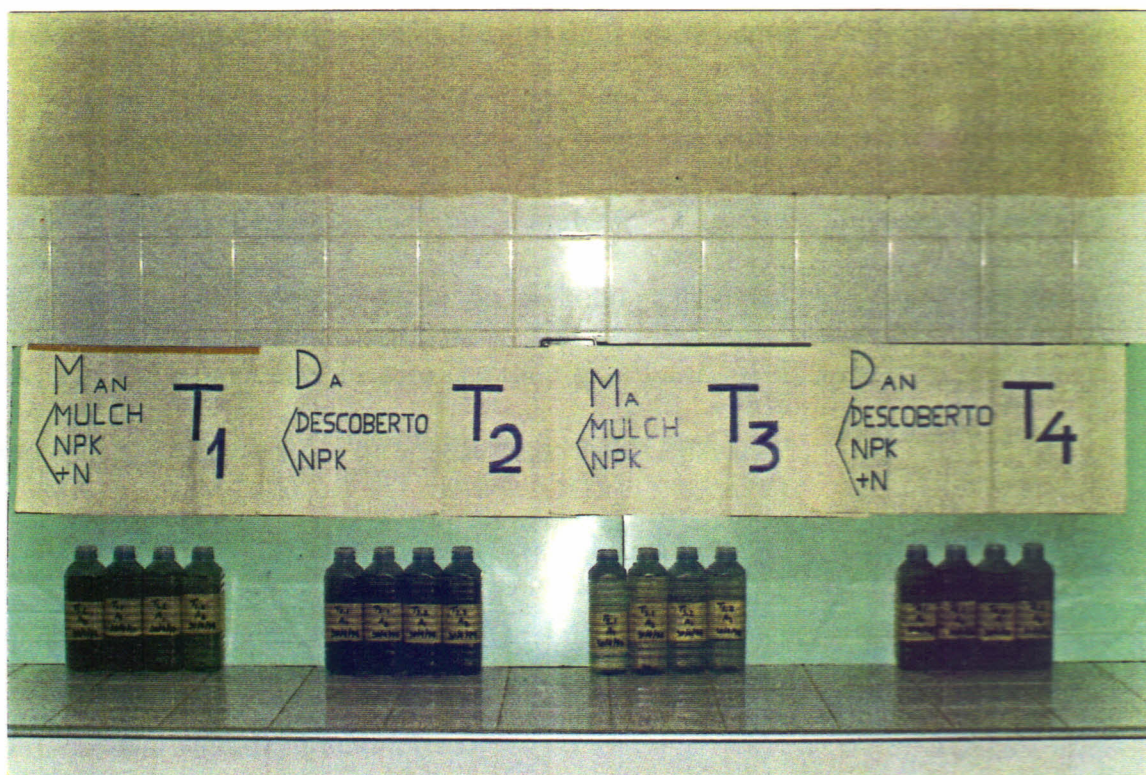


Figura 3. Amostras coletadas nas parcelas de campo para análises no laboratório.

minerais e orgânicos, à integridade dos agregados e à disponibilidade de água no solo na camada arável, foram estudadas as seguintes determinações: análise granulométrica, antes do plantio e após a colheita nas profundidades de 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 15 cm, em todas as parcelas; teores de matéria orgânica, antes do plantio e após a colheita, com três repetições, nas cinco parcelas; estabilidade dos agregados e diâmetro médio ponderado dos agregados, com duas repetições, nos tratamentos MAN e T; dez determinações de umidade do solo, com duas repetições, em todos os tratamentos, nas profundidades de 5 cm, 25 cm e 50 cm com intervalos de 14 a 25 dias no período de fevereiro a julho de 1994.

Para as determinações de granulometria (método da pipeta), matéria orgânica (método de determinação do carbono, calculado pela expressão $\%C \times 1,724 = M.O.$) e umidade do solo (método gravimétrico) utilizou-se o manual de métodos de análises de solos de acordo com EMBRAPA (1979).

Para análises de agregados utilizou-se o método de tamisação em água segundo o roteiro proposto por COELHO (s. d.).

3.7. Medidas biométricas.

Por ocasião da colheita do feijão-de-corda, 85 dias após a sementeira, praticamente no final do ciclo da cultura, 10 plantas foram selecionadas ao acaso, em cada parcela, e as vagens colhidas manualmente. As vagens, separadas das plantas, foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente numerados e identificados, e conduzidos ao laboratório. Após a contagem dos números de vagens

R665630.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

por planta, determinou-se o peso de vagens por planta em balança digital de 0,1g de precisão. Em seguida as vagens sofreram debulha manual e os grãos foram pesados, obtendo-se, deste modo, o peso dos grãos por planta. Para cálculo da produtividade, determinou-se a produção por parcela sendo, os valores obtidos, transformados em kg/ha.

A colheita da mandioca foi realizada 11 meses após o plantio e foram escolhidas 6 plantas, na linha central de cada parcela, seguindo o esquema inteiramente casualizado, através de sorteio. A altura média das plantas foi feita no campo, com fita métrica, partindo-se da superfície do solo até o topo mais elevado. O corte da parte aérea foi realizado no ponto de inserção das raízes com as ramas. Em seguida, a parte aérea de cada planta foi colocada em sacos plásticos, numerados e identificados, e rapidamente pesados em balança com capacidade máxima de 15 kg. Para pesagem das raízes, seguiu-se o mesmo procedimento da parte aérea e a produtividade foi determinada a partir da produção das raízes de cada parcela e transformados, os valores obtidos, em t/ha.

3.8. Análises estatísticas.

Os dados obtidos com relação ao número de vagens, peso de grãos e produtividade para a cultura do feijão-de-corda e altura da planta, parte aérea e produtividade para a cultura da mandioca foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível fiducial de 5% de probabilidade.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Erosividade das chuvas.

As características das chuvas e do índice de erosividade EI_{30} , no período de 21 de fevereiro a 20 de julho de 1994, são apresentadas no quadro 1. Excepcionalmente o mês de junho foi o mais chuvoso (520,2mm), seguido de março (426,2mm) e abril (401,2mm).

Ressalta-se, em primeiro lugar, o total de chuvas do período em estudo, ao verificar-se um aumento excepcional de 660,9 mm em relação as normais de fevereiro a julho (1.152,0 mm) em Fortaleza. Efetivamente, exceto em fevereiro, quando a pesquisa foi iniciada, já em sua última semana, todos os outros meses apresentaram totais de precipitação superiores às normais, sobressaindo-se o mês de junho com 520,2 mm, superando em 407,6 mm a média mensal do local em estudo. Esse dado, embora ocorrendo já no final do período chuvoso, vem confirmar a situação atípica com relação a pluviometria em Fortaleza, no ano do presente estudo.

Em consequência, o índice de erosividade do período de apenas 6 meses (7407,1 MJ.mm/ha.h) superou aquele obtido em estudo de 20 anos do fator R médio

Quadro 1. Características das chuvas e do Índice de Erosividade El_{30} em Fortaleza-Ce, no período de 21 de fevereiro a 20 de julho de 1994.

Período	Total mm	Chuvas								Erosividade		
		Não erosivas				Erosivas				amplitude	El_{30}	% ⁽²⁾
		nº	mm	amplitude	% ⁽¹⁾	nº	mm	amplitude	% ⁽¹⁾			
21 a 28.02	47,5	5	9,5	1,9 - 3,1	0,5	2	38,00	4,5 - 26,5	2,1	5,8 - 44,8	146,1	1,9
02 a 31.03	426,2	9	16,0	0,2 - 5,9	0,9	11	410,2	6,7 - 117,3	22,6	5,34 - 721,6	2007,5	27,1
03 a 28.04	401,2	4	11,8	0,8 - 5,1	0,7	6	389,4	64,5 - 100,9	21,4	11,0 - 630,9	1373,1	18,6
06 a 23.05	324,5	2	41,2	2,6 - 38,6	2,3	3	283,3	65,5 - 126,9	15,6	6,5 - 333,2	1234,2	16,7
03 a 30.06	520,2	5	19,0	1,1 - 6,2	1,1	8	501,2	12,4 - 175,5	27,6	9,9 - 487,9	2474,6	33,4
10 a 20.07	93,3	2	7,8	3,4 - 4,4	0,5	2	85,5	30,4 - 141,2	4,7	8,8 - 54,2	171,6	2,3
Total	1.812,9	27	105,3	-----	6,0	32	1.707,6	-----	94,0	-----	7.407,1	100

(1) - Percentagem de chuvas erosivas em relação ao total de 1.812,9 mm.

(2) - Percentagem do El_{30} em relação ao total do período.

anual em Fortaleza (6.769 MJ.mm/ha.h) obtido por SILVA e DIAS.³ Esse elevado índice de erosividade aumentou, portanto, a capacidade de desagregação das chuvas locais, assim como o volume e velocidade das enxurradas e sua capacidade de transporte, em função dos altos valores de intensidades de chuvas, e suas energias cinéticas computadas através das análises do pluviogramas diários.

Deve ser enfatizada, ainda, a elevada percentagem de 94% do total de 1.812,9 mm ter sido determinada como pertencendo ao grupo de chuvas erosivas e a ocorrência de aproximadamente 30% do total da carga erosiva em apenas cinco semanas (21.02 a 31.03.95). Essas observações confirmam resultados de MELO FILHO e SILVA (1993), no que se refere aos altos riscos de erosão dos podzólicos do litoral cearense, relacionados a alta carga erosiva das chuvas dessa região exatamente na fase de preparo do solo e germinação das sementes. Nesse estágio as terras ficam totalmente descobertas, pulverizadas pelo manejo do solo mecanizado sem qualquer proteção conservacionista e extremamente frágeis ao processo erosivo desencadeado pelas chuvas de maior erosividade do ano.

4.2. Efeito da cobertura morta com bagaço triturado da cana-de-açúcar sobre as perdas de solo e água.

Os resultados mostrados no quadro 2 evidenciam claramente a eficiência da cobertura morta com o bagaço de cana triturado na conservação do solo e da

³ Dados em análise ainda não publicados.

Quadro 2: Perdas de solo e água em diferentes tratamentos na cultura da mandioca consorciada com feijão-de-corda em Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico no município de Fortaleza-CE.

Tratamento (1)	Perdas de solo	
	kg/parcela	t/ha
MAN	68,4	7,8
DAN	439,3	49,9
MA	72,8	8,3
DA	397,9	45,2
	Perdas de água	
	mm	%
Parcela com cobertura morta	346,1	19,04
Parcela com solo descoberto	726,8	39,97

(1): MAN -**Mulch**, adubado e nitrogênio adicionado.
 DAN - Descoberto, adubado e nitrogênio adicionado.
 MA - **Mulch** e adubado.
 DA - Descoberto e adubado .

água. Os tratamentos com cobertura, associados ou não ao suplemento de N, reduziram as perdas de solo em 84,4% e 81,6%, respectivamente, em relação àqueles onde não se utilizaram essas técnicas conservacionistas, permanecendo o solo descoberto e vulnerável as altas taxas de erosividade local. Esses resultados estão coerentes com os dados obtidos por MELO FILHO e SILVA (1993) e com uma boa aproximação do valor percentual obtido de perdas de solo (90,1%) para tratamento com cobertura de palha de milho quando comparado ao mesmo solo do presente estudo cultivado sem práticas conservacionistas.

Ressalta-se que, enquanto os tratamentos com cobertura perderam apenas uma média de 8,1 t/ha, nos tratamentos sem a proteção conservacionista essas perdas de solo alcançaram uma média de 47,6 t/ha, atingindo um aumento de 487,7%. Essas elevadas perdas, correspondem, portanto, a cerca de 4 vezes uma tolerância de 12 t/ha/ano para esse solo, mesmo considerando a pequena declividade em que se encontra. Essa observação, relacionada aos resultados obtidos no presente estudo, enfatiza não somente a gravidade do problema da erosão nesse solo mas, ressalta a importância e validade de sua proteção com a cobertura morta por ser mais econômica e de mais fácil disponibilidade no local.

A cobertura morta com bagaço triturado da cana também exerceu um relevante papel na economia de água do solo reduzindo em mais de 50% as enxurradas nas parcelas cobertas (346,1 mm) quando comparadas as parcelas sem proteção (726,8 mm). Por outro lado o efeito das plantas no consórcio apresentando uma boa cobertura do solo mesmo considerando um maior espaçamento, influenciou

na interceptação da chuva, particularmente o feijão-de-corda com duas plantas por cova que rapidamente cobriram sua fração de solo, enquanto a mandioca estava em seu estágio inicial de desenvolvimento.

A figura 4 mostra claramente o efeito do **mulch** da redução das perdas de solo, verificando-se pequena quantidade de sedimentos retidos na calha do tratamento com cobertura morta e grande acúmulo de terra na calha do tratamento sem cobertura morta. A figura 5 mostra idêntico comportamento dos tratamentos, porém sem a suplementação de N.

É provável que esse controle de perdas de água e solo pudesse ser maior, se a cobertura fosse com bagaço de cana-de-açúcar inteiro e não triturado como no presente caso, posto que, determinação ao final do experimento, indicou uma cobertura do solo em torno de 39,3% quando comparada a 90% no início do experimento. Essa hipótese prende-se ao fato do bagaço não triturado oferecer mais resistência à decomposição, aumentando, dessa forma, a duração de seu efeito de proteção do solo.

Esses resultados mostram que o bagaço de cana-de-açúcar triturado, distribuído uniformemente sobre a superfície do solo como **mulch**, dissipa a elevada carga de energia cinética das chuvas, controla a erosão em taxas inferiores a própria tolerância de perdas de solo, diminui a evaporação e aumenta a infiltração e retenção de água no solo, aspectos fundamentais para a sustentabilidade da agricultura no Nordeste. Comprovam também em termos científicos e dimensionais para nossas condições de solo, clima e manejo de culturas regionais resultados de



Figura 4. Comparação do acúmulo de sedimentos nas calhas coletoras dos tratamentos MAN e

DA.



Figura 5. Comparação do acúmulo de sedimentos nas calhas coletoras dos tratamentos MA e DAN.

outros pesquisadores em outras condições e locais entre os quais destacam-se as pesquisas de ALBERTS et al., (1978), MARGOLIS et al., (1980), FREITAS et al., (1981), MONDARDO e BISCAIA (1981), OLIVEIRA (1981), BERTONI e LOMBARDI NETO (1985), BRAGAGNOLO (1986), DEDECEK et al., (1986), LOMBARDI NETO et al., (1988), AMADO et al., (1989), BRAGAGNOLO e MIELNICZUK (1990), CARPENEDO e MIELNICZUK (1990), CARVALHO et al., (1990), TREIN et al., (1991), VIEIRA et al., (1991), MELO FILHO e SILVA (1993) e SILVA (1994).

4.3. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado na granulometria do solo e retenção da argila.

A distribuição percentual das frações granulométricas da camada arável à profundidade de 0-15 cm com coletas em intervalos de 5 cm, nos tratamentos com e sem a cobertura morta e na testemunha, antes do plantio e após a colheita apresenta-se na figura 6. Ressalta-se a consistência dos resultados obtidos ao verificar-se que, em todos os tratamentos, a fração areia aumentou seu percentual após a colheita, refletindo na diminuição proporcional das percentagens mais finas de silte e argila também nessa fase final do estudo, quando comparadas às percentagens antes do plantio. Isso significa que no intervalo entre o plantio e a colheita as chuvas erosivas desagregaram e transportaram as frações mais finas e nobres do solo com um aumento relativo das frações mais grosseiras de areia. Esse resultado denota a alta capacidade seletiva da erosão no empobrecimento do solo,

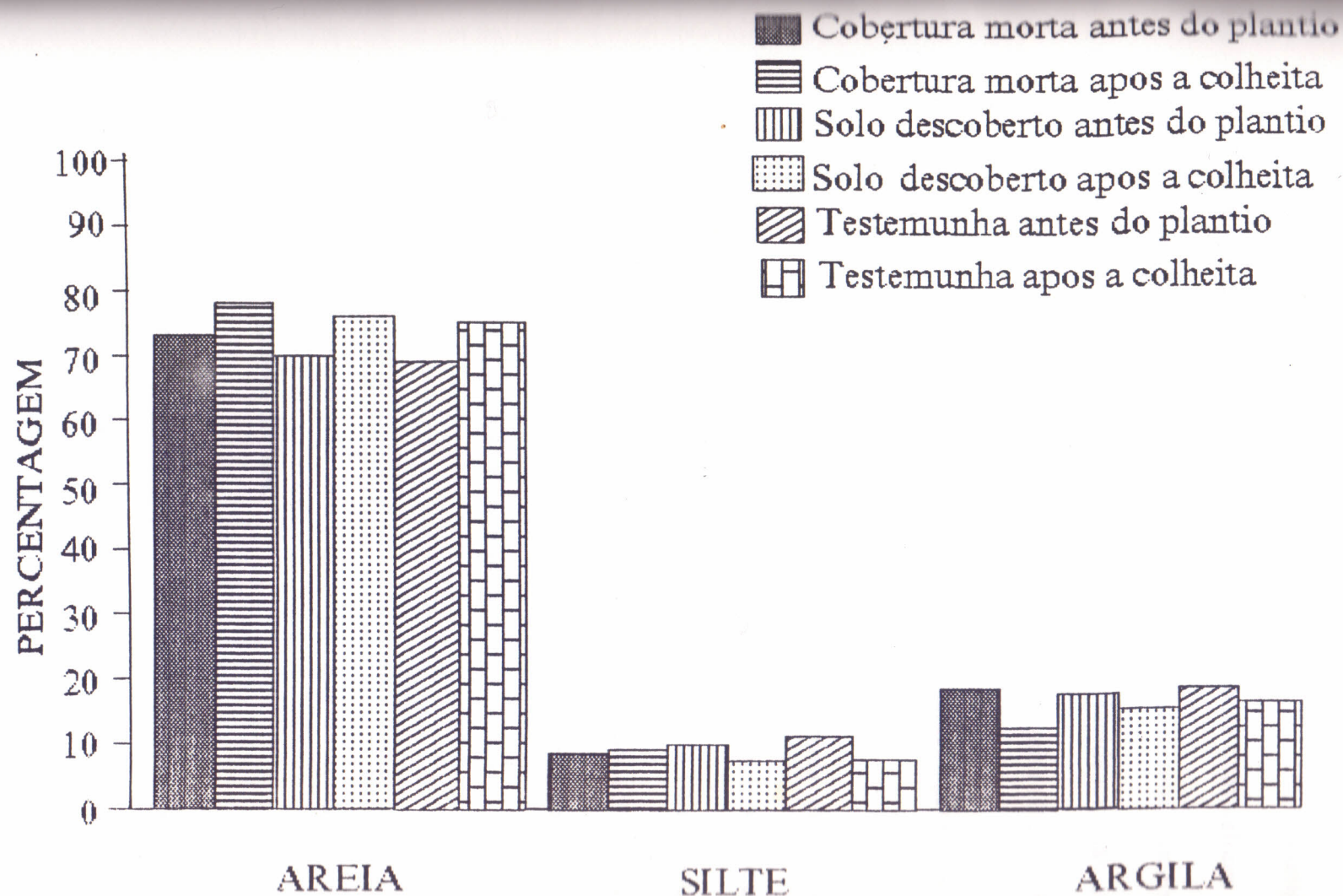


Figura 6. Distribuição granulométrica, em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha antes do plantio e após a colheita.

através da remoção das frações de argila, importantes nos mecanismos de retenção de água, capacidade de absorção e troca de íons e agregação do solo.

Na camada mais exposta à erosão, de 0-5 cm, o comportamento foi idêntico ao da camada arável até 15 cm pois, embora com valores de argila mais baixos e variando de 3,5% e 19,4%, sempre houve um aumento de areia e proporcional diminuição de silte e argila após a incidência das chuvas erosivas quando comparadas aos determinados no início da pesquisa (Quadro 3).

Os valores quase idênticos das percentagens de cada fração granulométrica em relação aos tratamentos com e sem cobertura, sugerem que a agregação dessas frações granulométricas, condicionada em grande parte pela matéria orgânica, é uma propriedade mais indicada para observar-se diferenças entre estes tratamentos do que a textura do solo. A textura do solo é uma característica mais estável em curtos prazos, como o do presente estudo, correspondente a um ano de duração em campo. Enquanto isso, a matéria orgânica é melhor relacionada aos efeitos que exerce na agregação e na produtividade do solo.

4.4. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado no teor de matéria orgânica do solo.

Comparando-se os resultados dos teores de matéria orgânica, de acordo com o quadro 4, verifica-se uma elevação progressiva de seu conteúdo após a colheita, quando comparado às percentagens originalmente presentes antes do

Quadro 3. Composição granulométrica em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha, antes do plantio e após a colheita na camada de 0 - 5 cm.

Tratamento (1)	AREIA		SILTE		ARGILA	
	Antes do Plantio	Após a colheita	Antes do plantio	Após a colheita	Antes do plantio	Após a colheita
MAN	77,16	82,76	10,74	8,04	12,09	9,25
DAN	64,46	83,16	21,83	13,34	13,70	3,49
MA	71,77	80,44	8,92	6,81	19,35	12,74
DA	78,57	83,88	13,96	7,69	7,45	8,42
T	70,71	85,22	19,41	11,49	9,87	3,28

(1): MAN - **Mulch**, adubado e nitrogênio adicionado.

DAN - Descoberto, adubado e nitrogênio adicionado.

MA - **Mulch** e adubado.

DA - Descoberto e adubado.

T - Testemunha.

Quadro 4. Teores de matéria orgânica (M.O.), carbono, nitrogênio e relação carbono/nitrogênio (C/N), em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha, antes do plantio e após a colheita, com a média de três repetições.

Tratamento ⁽¹⁾	M.O.		Carbono		Nitrogênio		C/N	
	antes do plantio	após a colheita	antes do plantio	após a colheita	antes do plantio	após a colheita	antes do plantio	após a colheita
MAN	0,62	1,17	0,36	0,68	0,03	0,04	12	17
DAN	0,49	0,78	0,28	0,45	0,03	0,03	9,3	15
MA	0,77	0,95	0,44	0,55	0,04	0,04	11	13,7
DA	0,66	0,89	0,38	0,51	0,03	0,03	12,7	17
T	0,60	0,75	0,35	0,44	0,03	0,03	11,6	14,6

(1): MAN -**Mulch**, adubado e nitrogênio adicionado.

DAN - Descoberto, adubado e nitrogênio adicionado.

MA - **Mulch** e adubado.

DA - Descoberto e adubado.

T - Testemunha.

plântio.

A excelência da cobertura morta com o bagaço de cana no aumento da matéria orgânica do solo reflete-se claramente nos valores, dessa fração, dos tratamentos MAN e MA, 33% e 6% respectivamente, superiores aos tratamentos DAN e DA nos quais o **mulch** não foi utilizado.

Nos tratamentos sem **mulch** o valor do N em DA foi ligeiramente superior ao do DAN, admitindo-se que o N suplementar tenha sido em parte lixiviado e, principalmente, carregado pelas enxurradas decorrentes das fortes chuvas erosivas. Ao contrário, os valores mais elevados do C e N nos tratamentos com **mulch** sugerem menores perdas desse macronutriente e, conseqüentemente, seu melhor aproveitamento pela ação microbiana, elevando a taxa de decomposição do bagaço, produzindo mais húmus e realçando o efeito benéfico do bagaço como cobertura morta do solo, protegendo-o também contra as perdas de nutrientes por erosão.

Admitindo-se as leguminosas como eficientes na adição de nitrogênio ao sistema agrícola do solo, o feijão-de-corda, cultivado em todos os tratamentos, poderia ter fixado parte desse elemento ao solo, caracterizando seu benefício como planta para o consórcio.

A turbidez das enxurradas coletadas nas parcelas sem cobertura em contraste com a limpidez da água proveniente dos talhões protegidos pelo **mulch** encontra-se na figura 7. Nessa figura evidencia-se o efeito benéfico da cobertura

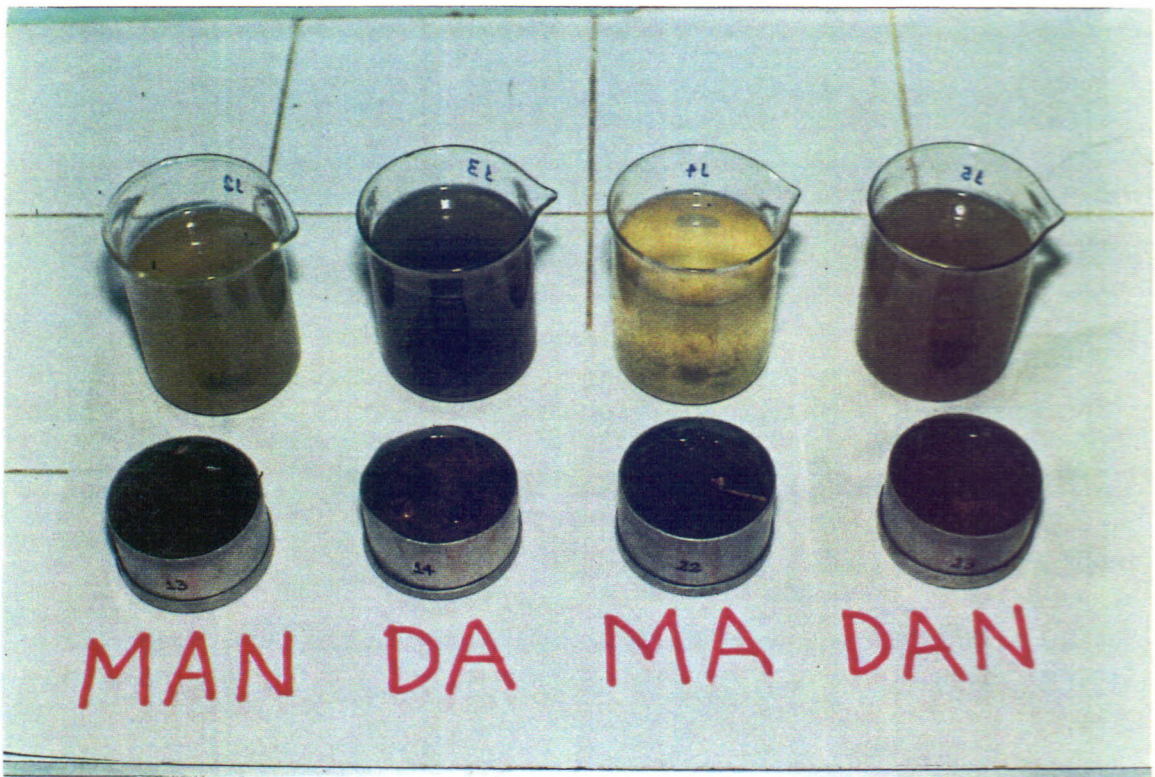


Figura 7. Contraste em amostras de sedimentos nas latas e de suspensão em becker coletadas em cada parcela, após chuva erosiva, para análises no laboratório.

com bagaço de cana-de-açúcar triturado na conservação da matéria orgânica das parcelas com **mulch**, enquanto que, no solo descoberto, esse material foi carregado em grandes volumes pelas enxurradas.

4.5. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado associada à adubação nitrogenada suplementar na estabilidade e no diâmetro ponderado dos agregados do solo.

Os resultados indicam que o cultivo aliado à forte erosividade das chuvas e das enxurradas provocaram diminuição dos agregados em todas as classes de diâmetro nas determinações após a colheita, em relação aos respectivos diâmetros encontrados nessas classes antes do plantio. No tratamento MAN, entretanto, o **mulch** e o maior conteúdo de matéria orgânica (Quadro 4) protegeram os agregados, conferindo-lhes maior estabilidade (LOMBARDI NETO et al., 1988); SIDIRAS e PAVAN, 1985). Esse efeito benéfico do **mulch** evidencia-se, ao verificar-se no quadro 5 que, particularmente na classe de maior diâmetro (8,00-2,00 mm), a mais importante do ponto de vista de preservação das boas características físicas e da estrutura do solo (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990), a percentagem de agregados estáveis no solo tratado com **mulch** (43,1%) atingiu valores cerca de 11% superiores aos encontrados no tratamento testemunha (38,4%).

Em consequência da predominância de agregados maiores no tratamento MAN, o diâmetro médio ponderado dessas partículas também foi elevado no solo coberto com o bagaço de cana (2,3 mm) em relação à testemunha (2,1 mm), a qual sofreu uma redução de cerca de 9% na média ponderada de suas classes de diâmetro (Figura 8). Esses resultados estão coerentes e em sintonia com aqueles determinados por MELO FILHO (1991) no que concerne à influência da matéria orgânica e do

Quadro 5: Estabilidade dos agregados estáveis em água, da camada arável do solo, antes do plantio e após a colheita, nos tratamentos MAN⁽¹⁾ e T⁽²⁾, com a média de duas repetições.

Diâmetros dos agregados mm	Tratamento			
	MAN		T	
	antes do plantio	após a colheita	antes do plantio	após a colheita
	-----%			
8,00 — 2,00	58,37	43,06	53,82	38,44
2,00 — 1,00	6,79	6,42	6,63	5,89
1,00 — 0,50	5,99	4,89	5,07	4,37
0,50 — 0,25	4,98	4,79	5,15	4,10

(1): MAN - **Mulch**, adubado e nitrogênio adicionado.

(2): T - Testemunha.

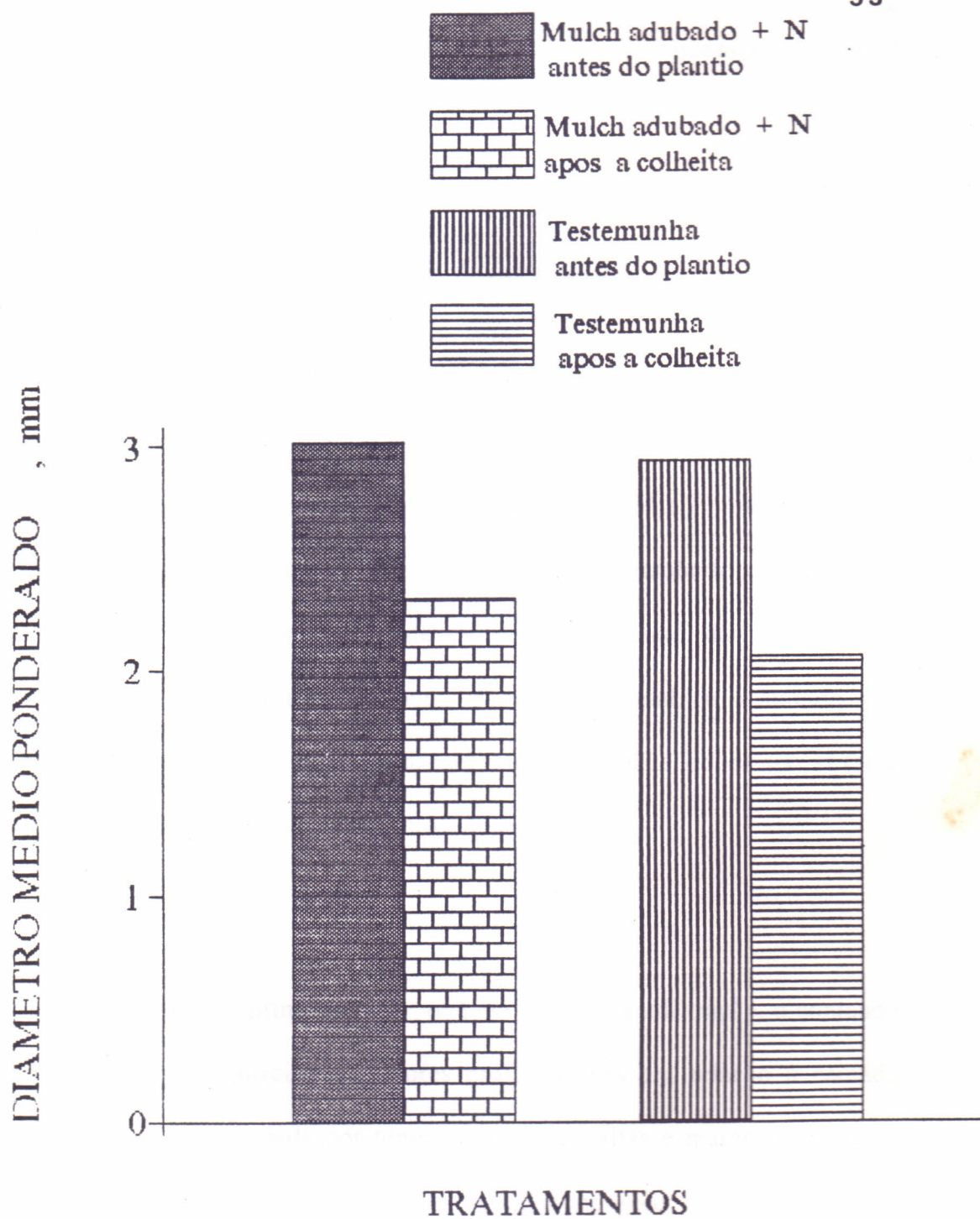


Figura 8. Diâmetro médio ponderado dos agregados em função dos tratamentos MAN e T, antes do plantio e após a colheita, com a média de duas repetições.

mulch, beneficiando as boas propriedades físicas do solo relacionadas ao tamanho e estabilidade dos agregados do podzólico em estudo.

4.6. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado no teor, disponibilidade e economia de água no solo.

A figura 9 mostra os resultados das determinações da umidade do solo nas profundidades de 5 cm, 25 cm e 50 cm, em intervalos de 14 a 29 dias e datas das amostragens nos tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha durante todo o período mais importante de desenvolvimento das culturas, de fevereiro a julho. É, mostrado, também, como referencial, o resultado das determinações dos teores de umidade do solo na capacidade de campo (CC) e umidade de murchamento (UM) nas três profundidades.

Observa-se, em primeiro lugar, que em função da infiltração, o conteúdo mais elevado de água ocorreu nas maiores profundidades em relação à camada superficial a qual é influenciada por temperaturas mais altas e maior evaporação. Comparando-se as diferenças do conteúdo de água no solo nas três camadas, verifica-se que a cobertura morta proporcionou os maiores teores de umidade apenas na profundidade de 5 cm e particularmente no estágio inicial de desenvolvimento das plantas até o início de abril. A partir dessa data, nessa camada, o teor de umidade aproximou-se dos teores dos tratamentos com o solo descoberto até que no

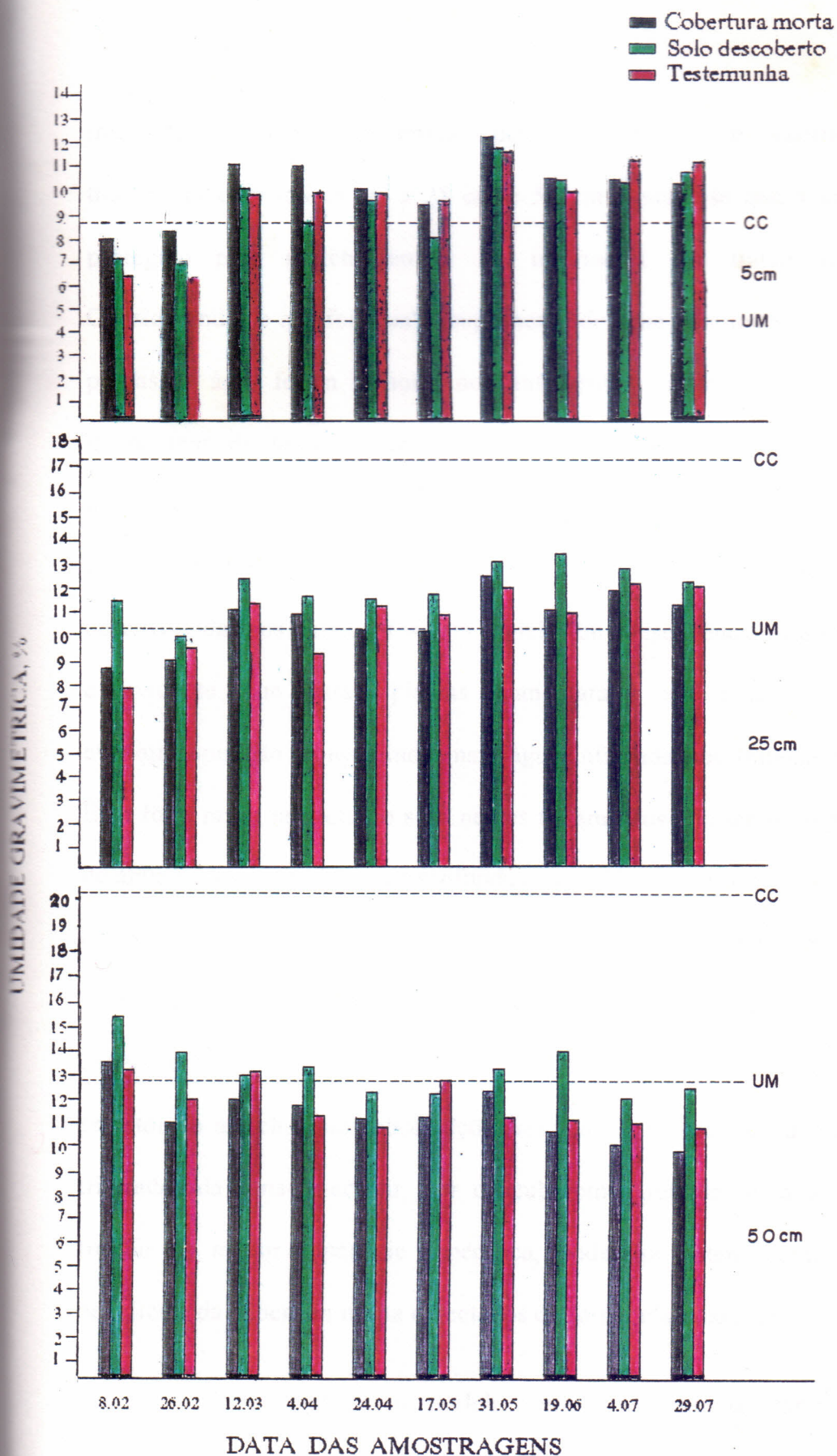


Figura 9. Variação do teor de água no solo em três profundidades em função dos tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha no período de 8 de fevereiro a 29 de julho de 1994.

início de julho a média de umidade desses tratamentos sem cobertura superou a do tratamento com **mulch**. Já a 25 cm e 50 cm observa-se que a umidade do solo, protegido pelo **mulch** sempre foi inferior à dos tratamentos descobertos. Considerando-se que foi igual o suprimento de água para todos os tratamentos, e as perdas de água foram menores nos tratamentos com **mulch**, seria de se esperar maior teor de umidade no solo exatamente nesses tratamentos cobertos que dificultavam as perdas de água por evaporação. Esse paradoxo pode ser explicado pela maior produção de biomassa, vagens, grãos e raízes apresentadas pelas plantas desenvolvidas nos tratamentos com **mulch**. Em consequência dessa maior produção, é evidente que essas plantas aumentaram sua taxa de fotossíntese e evapotranspiração, consumindo mais água infiltrada nos tratamentos com **mulch**. Essa foi a razão pela qual o solo nesses tratamentos apresentou sempre menor teor de água nessas camadas mais profundas, coincidindo também com o maior volume de raízes (resultados semelhantes). Acrescente-se a esse fator, a decomposição e consequente diminuição da cobertura do solo pelo bagaço, à medida que o experimento aproximava-se do mês de julho, diminuindo dessa forma o efeito protetor do **mulch**. Essas observações reforçam a hipótese de que os resíduos não triturados da cana-de-açúcar, por dificultarem e retardarem a decomposição em função de menor superfície específica, poderiam potencializar ainda mais os benefícios da cobertura morta detectados de forma clara no presente estudo.

Comparando-se o **mulch** com a testemunha, também descoberta, verifica-se um comportamento semelhante da variação de água no solo observada nos tratamentos descobertos. Finalmente, a testemunha, apresentando menor

biomassa e produção consumiu, em consequência, menor volume de água, porém, a pequena cobertura vegetativa, que oferecia ao solo, certamente diminuiu a interceptação e a retenção da água. Isso produziria altas taxas de escoamento superficial, o que explica os baixos conteúdos de água no solo nesse tratamento, quando comparados aos tratamentos descobertos, os quais, produzindo mais biomassa raízes e grãos, em função dos adubos, ofereciam em contrapartida, maior interceptação e infiltração de água no solo.

A economia de água no solo, relacionada ao seu melhor aproveitamento para produzir plantas mais vigorosas e produtivas, aliada ao aumento da eficiência dos adubos empregados, foram aspectos relevantes que valorizaram os efeitos positivos da cobertura com o bagaço de cana detectados no presente estudo.

4.7. Efeito da cobertura morta com bagaço de cana-de-açúcar triturado na biometria das culturas e na produtividade do solo.

4.7.1. Feijão-de-corda.

No quadro 6 encontram-se os resultados médios do número de vagens, peso de grãos e produtividade da cultura do feijão-de-corda cultivado sob os tratamentos em estudo.

A análise estatística revelou que os tratamentos com cobertura, MA e MAN foram superiores aos demais tratamentos em todos os parâmetros biométricos

Quadro 6: Resultado médio, com dez repetições, do número de vagens, peso de vagens, peso de grãos e produtividade da cultura do feijão-de-corda em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha.

Tratamento (1)	Feijão-de-corda			
	Nº de vagens/planta	Peso da vagens	Peso dos grãos	Produtividade
		-----g-----		Kg/ha
MAN	31,4 a	83,4 a	66,0 a	1.320,8 a
DAN	16,7 ab	46,0 ab	33,2 b	665,6 b
MA	27, a	80,6 a	60,2 a	1.205,8 a
DA	22,5 abc	59,8 ab	42,3 ab	847,8 ab
T	10,8 b	24,5 b	17,9 b	359,2 b
DMS ⁽²⁾	11,5	36,4	26,4	529,0

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

(1): MAN - **Mulch**, adubado e nitrogênio adicionado

DAN - Descoberto, adubado e nitrogênio adicionado

MA - **Mulch** e adubado

DA - Descoberto e adubado

T - Testemunha

(2) DMS - Diferença mínima significativa

estudados, fato que comprova a ação benéfica da cobertura morta com o bagaço da cana no desenvolvimento dessa cultura.

O tratamento T sem nenhuma prática de adubação ou cobertura apresentou os menores valores de todos os parâmetros biométricos.

Com relação à produtividade, é válido ressaltar que os tratamentos MAN e MA também foram superiores a todos os outros, porém o efeito do N suplementar não foi significativo. Inclusive nos tratamentos sem cobertura, o tratamento DA, sem suplementação de N, apresentou produtividade ligeiramente superior ao DNA, embora essa diferença não tenha sido significativa. Esses resultados sugerem que essa cultura não respondeu bem ao N, além desse nutriente ter sido perdido principalmente pelo transporte nas enxurradas, particularmente nos tratamentos sem cobertura.

A média dos tratamentos com **mulch** (1263,3 kg/ha) foi de 40,1% superior a média dos tratamentos sem cobertura (756,3 kg/ha) e 70,2% maior que o tratamento T (359,2 kg/ha).

A eficiência da prática conservacionista de cobertura morta com bagaço de cana torna-se ainda mais significativa em termos econômicos ao comparar-se os valores acima citados com a média de produção cearense de feijão-de-corda segundo o IBGE (1994) igual a 382,0 kg/ha, ou seja 3,3 vezes menor.

4.7.2. Mandioca.

Os dados médios de altura da planta, parte aérea e produtividade da cultura da mandioca encontram-se no quadro 7.

A exemplo do que foi detectado para o feijão-de-corda, os resultados obtidos confirmam as maiores produtividades nos tratamentos em que os resíduos de cana foram utilizados como cobertura morta. A testemunha, no solo sem qualquer tratamento, obteve a menor produtividade.

No que se refere a altura da planta, verificou-se, nos tratamentos com ou sem cobertura, resultados estatisticamente iguais, enquanto o tratamento T apresentou as menores médias.

Os dados da parte aérea revelam também que as médias entre os tratamentos não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, exceto quando comparamos os tratamentos MA e T.

A média de produtividade dos tratamentos cobertos (18,3 t/ha) foi 27% mais elevada que os tratamentos descobertos (13,3 t/ha) e 34,6% superior quando comparada com o tratamento T (11,9 t/ha).

De acordo com o IBGE (1994) a cultura da mandioca apresenta uma produtividade média igual a 7,8 t/ha no Estado do Ceará. Assim sendo, a média de produtividade dos tratamentos com resíduos de cana, no presente estudo, foi 2,3 vezes maior.

Quadro 7: Resultado médio, com seis repetições, da altura da planta, parte aérea e produtividade da cultura da mandioca em tratamentos com cobertura morta, solo descoberto e testemunha.

Tratamento(1)	Mandioca		
	Altura da planta m	Parte aérea g	Produtividade t/ha
MAN	1,42 ab	840,0 ab	16,0 ab
DAN	1,52 ad	925,0 ab	13,7 ab
MA	1,46 ab	1.308,3 a	20,5 a
DA	1,45 ab	1.553,3 b	13,0 ab
T	1,37 ac	823,3 b	11,9 b
DMS(2)	0,12	478,24	7,70

Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

- (1): MAN - **Mulch**, adubado e nitrogênio adicionado
 DAN - Descoberto, adubado e nitrogênio adicionado
 MA - **Mulch** e adubado
 DA - Descoberto e adubado
 T - Testemunha

(2): DMS - Diferença mínima significativa

A figura 10 ressalta o pequeno crescimento do consórcio, particularmente com referência à cultura da mandioca, na qual observam-se as partes cloróticas e pouco desenvolvidas na parcela testemunha, sem qualquer prática conservacionista do solo e da água.

Observa-se o acúmulo de matéria orgânica caracterizado pela coloração escura do solo na parte inferior do declive, em contraste com o solo mais claro da parcela de onde esse material foi carregado pelas enxurradas.

Estes resultados reforçam a importância dos resíduos, mantidos como cobertura morta e distribuídos uniformemente na superfície do solo, para o melhor desenvolvimento das culturas, seus maiores rendimentos por hectare cultivado e para auto-sustentação da produtividade do solo.



Figura 10. Vista geral da parcela testemunha (T), observando-se o empobrecimento do solo e o carreamento da matéria orgânica para a parte inferior do declive.

5 - CONCLUSÕES

No consórcio de mandioca e feijão-de-corda cultivado em Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico sob a forte incidência de chuvas erosivas que em apenas seis meses atingiram um valor de 7.407,1 MJ.mm/ha.h, superando o fator R médio anual de Fortaleza, os resultados obtidos no presente estudo permitiram as seguintes conclusões:

1 - O bagaço de cana triturado usado como cobertura do solo demonstrou ser uma eficiente prática de controle da erosão, reduzindo as perdas de solo para 8,1 t/ha e as perdas de água para 346 mm, mantendo-as dentro da tolerância para o solo em estudo, enquanto os tratamentos sem proteção conservacionista atingiram uma perda média anual de 47,6 t/ha e praticamente o dobro das perdas de água que atingiram 726,8 mm;

2 - Essa cobertura morta agiu como dissipador da energia cinética das chuvas de excepcional erosividade no estágio de maior fragilidade do solo, logo após o plantio e desenvolvimento inicial das culturas, beneficiando as propriedades físicas do solo. Diminuiu, porém, gradativamente, sua eficiência à medida que a seqüência de sua decomposição com o tempo reduzia seu volume e, em conseqüência, a percentagem de sua cobertura do solo.

3 - Dentre as propriedades físicas beneficiadas destacou-se a matéria orgânica com aumentos de 42,6% e 43,4% nas parcelas com **mulch** após a colheita

em relação aos teores encontrados, antes do plantio nas parcelas com solo descoberto e testemunha, respectivamente.

4 - O **mulch** com bagaço de cana triturado, associado à adubação e suplemento de N, também beneficiou a estabilidade dos agregados, particularmente a classe de maior diâmetro (8-2 mm) e de maior valor para a boa estrutura do solo conferindo-lhe, após a colheita, um aumento de 11% em relação ao tratamento sem nenhuma prática conservacionista.

5 - A cobertura na quantidade adotada não foi suficiente para evitar totalmente o empobrecimento do solo em argila cujo teor diminuiu em cerca de 35% nos tratamentos com **mulch** e o relativo aumento das frações de areia. Essa propriedade física entretanto não se apresentou, em relação a propriedades dinâmicas como a agregação e a água no solo, como o critério mais adequado para avaliar os benefícios da prática em estudo.

6 - O menor teor de umidade no solo (8,1%), determinado nas parcelas com o **mulch**, indicou que essa prática desempenhou uma relevante função na retenção, economia e disponibilidade de água posto que, o aumento de sua infiltração, em função de menores perdas pelas enxurradas, foi aproveitado pelas culturas que apresentaram maior biomassa e maior produção de vagens e grãos de feijão-de-corda e de raízes de mandioca em relação às parcelas sem cobertura.

7 - O efeito da adubação foi positivo nas parcelas com e sem cobertura quando comparados a testemunha, porém o N suplementar, nas doses adotadas, não

influenciou significativamente a produção das culturas, em face de possíveis perdas pela forte erosividade das chuvas à medida que a cobertura era decomposta e pela sua intensa utilização pelos microrganismos nesse processo de decomposição.

8 - A média dos rendimentos da mandioca e do feijão nos tratamentos com **mulch** foram, respectivamente, 26,8% e 40,1% superiores aos das parcelas sem cobertura e 34,6% e 70,2% maiores que a testemunha sem práticas conservacionistas.

9 - A cobertura morta com bagaço da cana triturado revelou-se como uma prática eficiente no controle da erosão, no aumento da produtividade do solo e na melhoria de suas propriedades físicas. Sugere-se pesquisas sobre seu emprego sem sofrer o processo de trituração, visando determinar provável aumento no potencial de benefícios determinados no presente estudo.

6 - LITERATURA CITADA

- ALBERTS, E. E. e MOLDENHAUER, W. C. Transport of sediment nitrogen and phosphorus in run-off through cornstalk residue strips. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:1177-1184, 1981.
- ALBERTS, E. E.; SCHUMAN, G. E. e BURWELL, R. E. Seasonal run-off losses of N and P from Missouri Valley Loesses watersheds. J. Environ. Qual. 7:203-212, 1978.
- ALENCAR, F. M. A. de. Conservação do solo e revestimento vegetal. São Paulo, Secretaria da Agricultura/SSC, 1950. 16p. (Boletins 277 e 278).
- AMADO, T. J. C.; COGO, N. P. e LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. R. bras. Ci. Solo, 13:251-257, 1989.
- ASSIS, A. F. F. de; BERTOLINI, D. e CARRARO, E. Conservação do Solo. Campinas, Secretaria de Agricultura/CATI/COT, 1976. 42p. (Mimeografado).
- BATCHELDER, A. R. e JONES JÚNIOR, J. N. Soil management factors and growth of zea mays. L. on Tropsoil and exposed subsoil. 64:648-652, 1972.
- BELTRAME, L. F. S.; GONDIM, L. A. P. e TAYLOR, J. C. Influência da desestruturação e compactação na permeabilidade do solo. In: ENCONTRO

NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Anais. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1981. 473p.

BERTOL, I.; COGO, N. P. e LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. R.bras. Ci. Solo, Campinas, 13:373-379, 1989.

BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, Livroceres, 1985, 392p.

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO, Fortaleza-CE, JAN/JUN, JUL/DEZ, nº 110/111, 1994. 34p.

BRAGAGNOLO, N. e MIELNICZUK, J. Cobertura por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 14:91-98, 1990.

BRAGAGNOLO, N. Efeito da cobertura do solo por resíduos de culturas sobre a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento do milho. Porto Alegre, UFRS, 1986. 119p. (Tese de Mestrado).

BRASIL. Ministério das Minas e Energia, Secretaria Geral, Projeto RADAMBRASIL. Folha SA. 24 Fortaleza; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, MME/SG/ Projeto RADAMBRASIL, 1981. 488p.

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará. Recife, 1973, v. 1. 310p. (Série Pedagogia, 16).
- BUCHAMAN, M. e KING, L. D. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no -till and conventional- till agroecosys. Tems. Agronomy Journal. 85:631-638, 1993.
- BUCKMAN, H. O. e BRADY, N. C. Natureza e propriedade dos solos. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1974, 594p.
- CAMPOS FILHO, O. R.; SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A. P. de e PRUN, J. C. Avaliação de perdas de solo e de água num Podzólico Vermelho-Amarelo orto do Agreste de Pernambuco. Pesq. agropec. Brasília, 26:1057-1062, 1991.
- CARPENEDO, V. e MIELNICZUK. Estado de agregação e qualidade de agregação de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 14:99-105, 1990.
- CARVALHO, F. L.C.; GOGO, N. P. e LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 14:227-234, 1990.
- COELHO, M. A. e MOTA, F. O. B. Regimes hídrico e térmico de solo do Estado do Ceará. I - Podzólico Vermelho-Amarelo, equivalente eutrófico, do município de Fortaleza. Ciên. Agron., Fortaleza, 8:3-8, 1978.

COELHO, M. A. Análise de Agregados In: Análise físicas do solo. UFC/Curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, (s.d.), 6p. (Mimeografado).

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural. I. Sugestões gerais, medição do volume, amostragem e quantificação de solo e água na enxurrada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2. Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, CNPT/SNLCS/EMBRAPA, 1978.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). Nosso futuro comum. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1991. 430p.

DEDECEK, R. A. Cobertura permanente do solo na erosão sob condições de Cerrados. Pesq. agropec. bras., Brasília, 24:483-488, 1989.

DEDECEK, R. A. Efeitos das perdas e deposições de camadas de solo na produtividade de um Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 11:323-328, 1987.

DEDECEK, R. A.; RESCK, D. V. S. e FREITAS JÚNIOR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos Cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 10:265-272, 1986.

DEIZMAN, M. M.; MOSTAGHIMI, S.; DILLAHA, T. A. e HEATWOLE, C. D. Tillage effects on phosphorus losses from sludge-amended soils. J. Soil and

Water Cons. 44:247-251, 1989.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N. e HEINZMANN, F. X.. Efeito residual da adubação verde de inverno sobre umidade e temperatura do solo e rendimentos de culturas de verão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Curitiba, 19, 1983. Anais. Campinas, SBPC, 1983. p. 110.

ELTZ, F. L. F. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo - Primeira etapa experimental. Porto Alegre, UFRGS, 1977. 97p. (Tese de Mestrado).

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; GUERRA, M. e ABRÃO, P. U. R. Perdas de solo e água por erosão em diferentes sistemas de manejo e coberturas vegetais em solo São Pedro (Podzólico Vermelho-Amarelo) sob chuva natural. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 8:245-249, 1984.

ELTZ, F. L. F.; SCOPEL, I; CASSOL, E. A. e GUERRA, M. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno Avermelhado distrófico (São Jerônimo) sob chuva natural. In: Encontro NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. Anais. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 1981. 473p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Definição e Notação de Horizontes e Camadas do Solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1988. 54p. (Documento

3).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de Métodos de Análises de Solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979. 247p.

FERREIRA FILHO, W. M. e MARTINS JÚNIOR, C. M. Avaliação de escoamento na bacia experimental de Tauá-CE. Produção científica do PDCT/NE no Ceará. V. 1. Fortaleza-CE, 1991. p. 152-163.

FOSTER, G. R.; YOUNG, R. A.; ROMKENS, M. J. M. e ONSTAD, C. A. Processes of soil erosion by water. In: FOLLETT, R. F. e STEWART, B. A. Ed. Soil Erosion and crop productivity. MADISON, ASA, CSSA, SSSA, Cap. 9, p. 137-162, 1985. 533p.

FREITAS, M. B. de; CHOUDHURY, E. N. e FARIA, C. M. B. de. Manejo e conservação do solo no Agreste pernambucano. Petrolina, PE, EMBRAPA/CPATSA, 1981. 44p. (Boletim de Pesquisa, 6).

GALINDO, I. C. de L e MARGOLIS, E. Tolerância de perdas por erosão para solos do Estado de Pernambuco. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 13:95-100, 1989.

HUDSON, N. H. Soil conservation. Ithaca, N.Y., Cornell University Press, 1971, 320 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal. Anuário estatístico do Ceará. Fortaleza, 1994. 110p.

- KETCHESON, J. W. e ONDERDONK, J. J. Effect of corn stover on phosphorus in run-off from nontilled soil. Agronomy Journal. 65:69-71, 1973.
- LAL, R. Role of mulching techniques in tropical soil and water manegement. Idaban, Internactional Intitute of Tropical Agriculture, 1974. 37p. (Technical Bulletin, 1).
- LEVIEN, R.; COGO, N. P. e ROCKENBACH, C. A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 14:73-80, 1990.
- LOMBARDI NETO, F.; MARIA, I. C. De; CASTRO, O. M. De; DECHEN, S. C. F. e VIEIRA, S. R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 12:71-75, 1988.
- LOPES, A. S. e GUILHERME, L. R. G. Uso eficiente de fertilizantes: aspectos econômicos. São Paulo, ANDA, 1990, 60p. (Boletim Técnico, 4).
- LOPES, P. R. C.; COGO, N. P. e LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 11:71-75, 1987.
- MALHI, S. S.; IZAURRALDE, R. C. e SOLBERG, E. D. Influence of topsoil removal on soil fertility and barley growth. J. Soil and water cons. 49:96-101, 1994.
- MANNERING, J. V. e MEYER, L. D. The effects of various rates of sulface mulch

on infiltration and erosion. Soil Sci. Soc. Am. J. 27(1):84-86, 1963.

MARGOLIS, E. Terraceamento na região Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, Campinas, Fundação Cargill, 1989. p. 3-10.

MARGOLIS, E. e MELLO NETO, A. V. de. Observações gerais sobre as perdas por erosão na Zona do Agreste de Pernambuco. Recife, IPA, 1977. 19p. (Boletim Técnico).

MARGOLIS, E.; MELLO NETTO, A. V. de; ANDRADE, J. E. de P. e SILVA, A. B. da. Efeito do estágio de desenvolvimento da cultura do milho sobre as perdas por erosão. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 4:193-195, 1980.

MARGOLIS, E.; SILVA, A. B. da e REIS, O. V. dos. Controle da erosão com diferentes práticas conservacionistas num solo Litólico de Caruaru (PE). R. bras. Ci. Solo, Campinas, 9:161-164, 1985.

MELO FILHO, J. F. e SILVA, J. R. C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 17:291-297, 1993.

MELO FILHO, J. F. de. Comparação dos sistemas de manejo plantio direto e convencional na conservação do solo e água e produtividade da cultura do milho em Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico. Fortaleza, UFC, 1991. 75p. (Tese de Mestrado).

- MONDARDO, A. e BISCAIA, R. M. Controle da erosão. In: Plantio direto no Estado do Paraná. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1981. p.33-42.
- OLIVEIRA, A. P. Efeito do bagaço de cana-de-açúcar associado à adubação nitrogenada sobre a produção dos alhos (Allium sativum L.) "Amante" e "Dourados". Viçosa, UFV, 1985. 51p. (Tese de Mestrado).
- OLIVEIRA, J. B. de. Efeitos do manejo do solo na erosão de Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente Eutrófico e Planossolo Solódico da microrregião homogênea 68 do Ceará. Fortaleza, UFC, junho, 1981. 96p. (Tese de Mestrado).
- PIMENTEL, G. B. M. e CHAVES, R. S. Produtividade do caupi sob diferentes sistemas de manejo de um solo de várzea do médio Amazonas paraense. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 17:135-138, 1993.
- PONTES, C. G. e MEDEIROS, E. R. O solo agrícola: uso, manejo e conservação. Porto Velho, SEAG/EMATER-RO, 1985. 32p.
- RAMOS, A. D. Tópicos em Ciência do solo, Fortaleza, EPACE/DOT/DTC, 1982. 47p. (mimeografado).
- REICHERT, J. M. e CABEDA, M. S. V. Salpico de partículas e selamento superficial em solos do Rio Grande do Sul. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 16:389-396, 1992.
- SARAIVA, O. F. Perdas por erosão sob precipitação natural em diferentes manejos

de solo e coberturas vegetais. I. Solo da unidade de mapeamento São Jerônimo - Segunda etapa experimental. Porto Alegre, UFRGS, 1978. 126p. (Tese de Mestrado)

SARAIVA, O. F.; COGO, N. P.; e MIELNICZUK, J. Erosividade das chuvas e perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno-Avermelhado distrófico. I. Resultados do segundo ano. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília, 16:121-128, 1981.

SIDIRAS, N. e PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 9:249-254, 1985.

SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A. P. de; CAMPOS FILHO, O. R. e OLIVEIRA, F. A. P. de. Efeito de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas no controle da erosão. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 10:289-292, 1986.

SILVA, I. de F. da; CAMPOS FILHO, O. R.; ANDRADE, A. P.; COELHO, E. A. C. e DINIZ, E. J. Influência do cultivo isolado e do consórcio sobre as perdas de solo e água numa Terra Roxa estruturada. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 13:111-115, 1989.

SILVA, J. R. e FREIRE, O. Previsão de perdas de solo e estimativa de assoreamento em relação a características de uma bacia hidrográfica. *Ciên. Agron.*, Fortaleza, 17:13-27, 1986.

SILVA, J. R. C. Perdas de solo e água por erosão: métodos de determinação e conversão da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) para o sistema

internacional de unidades. CCA/UFC, 1991. 28p. (Mimeografado).

SILVA, J. R. C.; COELHO, M. A.; MOREIRA, E. G. S. e OLIVEIRA NETO, P. R.

Efeitos da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo. Ciê. Agron., Fortaleza, 16:55-63, 1985.

SILVA, M. L. N. Erodibilidade e impacto direto das gotas de chuva simulada sobre a superfície de Latossolo sob cerrado. Lavras, ESAL, 1994. 109p. (Tese de Mestrado).

SILVA, M. S. L. da e RIBEIRO, M. R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de Tabuleiro no Estado de Alagoas. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 16:397-402, 1992.

SINGER, M. J. e BLACKARD, J. Effect of mulching on sediment in runoff from simulated rainfall. Soil Sci. Soc. Am. J. 42:481-485, 1978.

SINGER, M. J. e BLACKARD, J. Evaluation of wild oat straw as a soil erosion retardant using simulated rainfall. Agronomy Journal. 69:811-814, 1977.

SPAROVEK, G.; JONG VAN LIER, R.; ALOISI, R. R. e VIDAL-TORRADO, P. Previsão do rendimento de uma cultura em solos de Piracicaba em função da erosão. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 17:465:470, 1993.

SPAROVEK, G.; TERMOTO, E. R.; TOREDA, D. M.; ROCHELE, T. C. P. e SHAYER, E. P. M. Erosão simulada e a produtividade da cultura do milho. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 15:363-368, 1991.

- TANAKA, D. L. e AASE, J. K. Influence of topsoil removal and fertilizer application on spring wheat yields. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:228-232, 1989.
- TREIN, C. R.; COGO, N. P. e LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia + trevo/milho, após pastejo intensivo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 15:105-111, 1991.
- VIEIRA, M. J. Considerações na aplicação do terraceamento. In: SIMPÓSIO SOBRE TERRACEAMENTO AGRÍCOLA, Campinas, Fundação Cargill, 1989. p.257-265.
- VIEIRA, M. J. Perdas por erosão sob diferentes sistemas de preparo do solo para a cultura da soja (Glycine max L. Men.), em condições de chuva simulada. Porto Alegre. Dezembro, 1977. 108p. (Tese de Mestrado).
- VIEIRA, S. R.; NASCIMENTO, P. C. do; SARVASI, F. O. C. e MOURA, E. G. Unidade e temperatura da camada superficial do solo em função da cobertura morta por resteva de soja em plantio direto. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 15:219-224, 1991.
- ZAFFARONI, E.; BARROS, H. H. de A.; NÓBREGA, J. A. M.; LACERDA, J. T. de e SOUZA JÚNIOR, V. E. Efeito de métodos de preparo do solo na produtividade e outras características agronômicas de milho e feijão no Nordeste do Brasil. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 15:99-104, 1991.

APÊNDICES

Apêndice 1 - Características e descrição do perfil do solo em estudo.

1. Caracterização e descrição do perfil do Solo.

1. Caracterização do Perfil.

Classificação:	Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente eutrófico abruptico-A, moderado, textura arenosa/média ou Oxic Haplustalfs (Soil Taxonomy - 1988).
Localização:	Estado do Ceará, município de Fortaleza, distante aproximadamente 40 metros da Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da UFC.
Situação e	
Declive:	Trincheira aberta em pastagem natural de gramíneas com aproximadamente 3% de declive.
Altitude:	20 metros.
Material	
Originário:	Grupo barreiras.
Relevo:	Local - Plano.
Erosão:	Sem erosão aparente.
Drenagem:	Bem drenado.
Vegetação:	Local - Gramíneas (Capim-de-Burro - <i>Cynodon dactylou</i> Pers.).
Uso Atual:	Sem uso atual.

2. Descrição do Perfil.

A _p -	0 - 9 cm, bruno (10YR 4/3), bruno acinzentado escuro (10YR 4/2); bruno acinzentado (10YR 5/2), bruno acinzentado (10YR 5/2); areia franca; moderada, grande granular; micro poros, pequenos e médios; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição plana e abrupta.
AB -	9 - 37 cm, bruno escuro (10YR 3/3), bruno escuro (10YR 3/3), cinzento brunado claro (10YR 6/2), cinzento brunado claro (6/2): franco arenoso; moderada, grande em blocos sub-angulares; poros comuns e pequenos; ligeiramente duro, friável, não plástico e ligeiramente duro, friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.
Bt ₁ -	37 - 84 cm, bruno amarelado (10YR 5/6), bruno amarelado claro (10YR

6/4), bruno amarelado claro (10YR 6/4); franco argiloso; moderada grande emblocos angulares, poucos poros e pequenos; duro, friável, plástico e pegajoso; transição irregular e clara.

Bt₂ - 84 - 119 cm, bruno amarelado (10YR 5/6, bruno amarelado (10YR 5/8), amarelo (10YR 7/6), amarelo (10YR 7/6), amarelo (10YR 7/6); argila arenosa; forte, grande em blocos angulares; poucos poros, pequenos e muito pequenos; muito duro, firme, muito plástico e muito pegajoso.

Raízes: Abundantes em A_p, comuns em AB e Bt₁; raras em Bt₂.

Fatores

Biológicos: Presença de formigas ao longo do perfil.

Examinadores: Mardônio Aguiar Coelho & Francisco Ocian Bastos.

Observação: A simbologia dos horizontes foi atualizada segundo os critérios da EMBRAPA (1988).

Apêndice 2 - Resultados das análises físicas e químicas do perfil do solo.

2. Análises físicas e químicas do perfil.

2.1. Características físicas.

Horizonte		Composição granulométrica				Argila	Índice de	Propriedades hídricas		Densidade	
Símbolo	Profundidade	A. grossa 2 - 0,2	Areia fina 0,2 - 0,05	Silte 0,05-0,002	Argila < 0,002	natural	floculação	Umidade 1/3 atm	Umidade 15 atm	do solo	de partículas g/cm ³
	cm	-----%									
A _p	0 - 9	45	32	8	15	4	73	8,7	4,4	1,54	2,65
AB	9 - 37	29	24	10	37	13	65	17,2	10,2	1,34	2,60
Bt ₁	37 - 84	24	19	14	43	8	81	20,3	12,7	1,30	2,62
Bt ₂	84-119	23	19	22	36	8	78	19,4	12,1	1,32	2,56

2.2. Características químicas.

Horizonte		C	N	Matéria	P	pH	C.E.	Complexo					Sortivo			
Símbolo	Profundidade			orgânica		em água	a 25° C Ext. sat.	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ Al ⁺⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	S	T	V
	cm	-----%			ppm		d/sm	-----mE/100g de solo-----					--%--			
A _p	0 - 9	0,51	0,03	0,88	3	4,9	0,55	0,8	0,5	0,22	0,11	2,3	0,2	1,7	4,0	42
AB	9 - 37	0,41	0,03	0,71	1	4,4	0,47	1,0	0,7	0,16	0,12	3,0	0,3	1,8	4,8	37
Bt ₁	37 - 84	0,37	0,03	0,64	1	4,8	0,38	1,8	1,1	0,11	0,12	0,7	0,1	3,1	3,8	81
Bt ₂	84 - 119	0,29	0,02	0,50	2	4,9	0,27	1,4	0,9	0,13	0,10	0,7	0,1	2,6	3,3	79