

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.

JOSÉ FERNANDES DE MELO FILHO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E
NUTRIÇÃO DE PLANTAS, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FORTALEZA - 1991

Esta dissertação foi apresentada como parte dos requisitos necessários a 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 da referida Universidade.

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

[Redacted Signature]
José Fernandes de Melo Filho

DISSERTAÇÃO APROVADA EM

10 / 12 / 91
...../...../.....

[Redacted Signature]
Prof. José Ronaldo Coelho Silva, Ph.D.
Orientador

[Redacted Signature]
Prof. Fernando F. F. Hernandez, Doutor
Conselheiro

[Redacted Signature]
Prof. Raimundo N. de A. Júnior, MS
Conselheiro

À minha mãe VANDA, pelo
esforço dedicado à
minha formação.

À minha mulher TILMA
pela compreensão e
apoio.

Aos meus filhos LUIZ
FERNANDO e THAMIRIS.

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

Ao professor José Ronaldo Coelho Silva, pela orientação recebida e confiança dispensada.

Ao professor Raimundo Nonato de Assis Júnior, pelo apoio e amizade.

Aos professores Elder Gurgel de S. Moreira e Francisco de Assis Maia Lima, pela amizade dispensada.

Ao professor Fernando Ferreira F. Hernandez, pelo apoio e contribuição dispensados.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia - EPABA - pela oportunidade de treinamento.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA - pelo apoio através da bolsa de estudos.

À Universidade Federal do Ceará - UFC - pelo treinamento recebido.

A Ney, Iara e Ivaldo pela ajuda na implantação do experimento.

Aos colegas, pela amizade e convívio durante o curso.

A Djalma e Aménalia Guerra, e José Peruna, pelo apoio mesmo que distante.

À secretária Sayonara Almeida de Oliveira, pelo apoio dispensado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1. - INTRODUÇÃO.....	1
2. - REVISÃO DE LITERATURA.....	5
3. - MATERIAL E MÉTODO.....	27
3.1. - Sistema de manejo e conservação do solo e água.....	29
3.2. - Erosividade e perdas de solo e água.....	32
3.3. - Análises físicas e químicas.....	32
3.4. - Medidas biométricas.....	33
4. - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1. - Erosividade e efeito do sistema de manejo sobre as perdas de solo e água.....	35

4.2. - Variação do teor de água no solo.....	40
4.3 - Efeito dos sistemas de manejo sobre as características físicas do solo.....	43
4.4. - Efeito dos sistemas de manejo na produtividade da cultura do milho.....	48
5. - CONCLUSÕES.....	53
6. - LITERATURA CITADA.....	56
APÊNDICES.....	69
Apêndice 1 - Cálculo do fator R da Equação Universal de Perdas de Solo. Programa para calculadora científica HP - 20S.....	70
Apêndice 2 - Relação das chuvas erosivas e perdas de solo e água em dois sistemas de manejo de solo, plantio direto e plantio convencional, ocorridas no período de 14.04.91 a 22.07.91, em Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico.....	74

LISTA DE QUADROS

QUADROS

Página

1. - Composição granulométrica , densidade do solo e das partículas, porosidade total, macro e micro porosidade e condutividade hidráulica em horizontes do solo Podzólico Vermelho-Amarelo Equivalente eutrófico..... 28
2. - Características das chuvas e do índice de Erosividade EI_{30} em Fortaleza, Ce, no período de 14 de abril a 22 de julho de 1991..... 36
3. - Perdas de solo e água nos sistemas plantio direto e plantio convencional na cultura do milho em Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico, com declividade de 3% 38
4. - Características físicas da camada arável do solo antes e após a colheita nos sistemas de manejo do solo, plantio convencional e plantio direto..... 44
5. - Altura das plantas, número de dias para a floração, percentagens de espigas

atrofiadas e produtividade da cultura
do milho em dois sistemas de manejo de
solo, com e sem adubação nitrogenada..... 51

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1. - Variação da unidade em % de peso e precipitação pluvial ocorrida no mês, nos sistemas plantio direto e plantio convencional, durante o período 14.04.91 até 22.07.91.....	41
2. - Diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água, antes, e após plantio direto e o plantio convencional.....	46
3. - Altura média das plantas de milho (zea mays L.) aos 90 dias da semeadura.....	49

RESUMO

Perdas de solo por erosão, erosividade das chuvas, características físicas e produtividade do milho foram avaliadas para comparar os efeitos do plantio direto e plantio convencional em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Comparado ao preparo convencional, onde as perdas de solo foram 30,9 t/ha e as perdas de água, 233 mm, o plantio direto reduziu as perdas para 3,0 t/ha e 184 mm, respectivamente, sob uma erosividade de 2.172 MJ.mm/ha.h calculada durante 100 dias. O conteúdo de água no solo foi mais elevado nas parcelas submetidas a plantio direto durante o primeiro mês e mais baixo que aquele encontrado no plantio convencional durante os meses seguintes. Como a infiltração da água foi maior no plantio direto, isto denotou uma melhor eficiência no consumo de água pelas plantas no plantio direto no qual mais água foi utilizada para produzir plantas mais altas e produtivas. O plantio direto aumentou o teor de matéria orgânica e mostrou maior estabilidade de agregados. O diâmetro médio ponderado na camada arável foi 3,43 mm neste sistema e de 2,82 mm no preparo convencional. As produções não foram estatisticamente diferentes ao nível de 5%, exceto para o plantio convencional sem nitrogênio. Entretanto, as parcelas com plantio direto,

tanto com quanto sem N, produziram 2,1 e 1,8 vezes mais, que suas correspondentes no plantio convencional, respectivamente. Estes resultados sugerem marcantes benefícios na conservação do solo obtidos no plantio direto e a necessidade de expandir pesquisa e seu uso no Estado do Ceará, onde altas taxas de erosão são acentuadas pela alta erosividade e excessivo uso do arado e da grade.

Termos para indexação: plantio direto, perdas de solo, perdas de água, manejo de solo, produtividade do milho, características do solo.

SUMMARY

Soil erosion losses, rainfall erosivity, physical characteristics, and corn productivity were evaluated in order to compare the effects of no-tillage and conventional tillage on Red Yellow Podzolic. Compared to conventional tillage where soil loss was 30.9 t/ha and water loss was 233 mm, no-tillage reduced soil and water losses to 3.0 t/ha and 184 mm respectively, under erosivity of 2,171 MJ.mm/ha.h calculated for 100 days. The soil water content was higher in no-tillage plots during the first month and lower than that found in conventional tillage during the following months. Since water infiltration was greater in the no-tillage system, this denoted a better efficiency of water consumption by the plants in the no-tillage system where more water was used to produce higher plants and yields. No-tillage increased organic matter content, showed higher aggregate stability in water. The mean weighted diameter at the plow layer was 3.43 mm at this system and 2.82 mm at conventional tillage. The yields were not statistically different at the 5% level, excepted for conventional tillage without N. However, no-tillage plots, both with or without N, yielded 2.1 and 1.8 times more than their corresponding conventional tillage plots, respectively.

These results suggest marked soil conservation benefits obtained in no-tillage and the need to expand its research and use in Ceara state where high erosion rates are exacerbated by high erosivity and excessive use of plow and harrow.

Index terms: no-tillage, erosion losses, corn productivity, soil characteristics.

1 - INTRODUÇÃO

Sob o ponto de vista agronômico, o solo constitui o substrato para qualquer atividade agropastoril. Em função do manejo ao qual está submetido, o solo é passível de degradação ou melhoramento em seu potencial produtivo visto que este recurso está inserido dentro de um ecossistema e, portanto, sujeito às variações dos demais componentes, clima, relevo, vegetação e macro e microorganismos, os quais podem ser influenciados pelo homem.

Face aos riscos que a erosão apresenta no que concerne a perda de produtividade do solo (SILVA et al., 1985) é fundamental que se desenvolvam sistemas de exploração agrícola que visem o controle das perdas de solo e também um maior aproveitamento das águas pluviais, evitando-se perdas excessivas através do escoamento superficial e evaporação.

Para atender a estes objetivos de controle da erosão, e conservação da água no solo, "o plantio direto, que foi difundido mais como medida de controle de erosão do que como sistema de cultivo propriamente dito" (MUZILLI, 1983), apresenta-se como possível alternativa, e ainda necessita de estudos que objetivem produzir informações básicas capazes de orientar sua adoção no Nordeste Brasileiro.

Em 1988 o Ceará produziu 424.984t de milho em 605.583ha plantados com a cultura, com produtividade média de 701 kg/ha, (BRASIL, 1990). Esta produtividade é baixa e possivelmente resulta, entre outros, da associação do baixo nível tecnológico e instabilidade climática, justificando-se pois ações de pesquisa que reduzindo ou amenizando os efeitos do clima, principalmente o déficit hídrico, tornem possível elevar o nível de produção e produtividade da cultura.

No Estado do Ceará os restolhos de milho são utilizados para alimentação animal ou são simplesmente deixados no campo, sem utilização agronômica, até o ano seguinte quando a área é queimada e preparada para novo plantio (DANTAS,D.C. e LIMA,J.A., comunicação pessoal). Considerando as condições de clima do Estado, em que 92,2% da área situa-se no polígono das secas (JACOMINE et al., 1973), e a disponibilidade de restolhos de milho, para uso no plantio direto, no qual agirá como cobertura morta do solo, com todos os benefícios inerentes a tal prática, este sistema de manejo e conservação do solo e água poderá concorrer para aumentar a produtividade do milho e redução das perdas por erosão nas áreas onde este é cultivado. O manejo destes restolhos, desta forma, traria mais vantagens sócio-econômicas que sua utilização da maneira tradicional.

Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, o plantio direto é um sistema de manejo e conservação do solo e água bem

desenvolvido e utilizado nas áreas de agricultura mais avançada.

No Nordeste Brasileiro, entretanto, o plantio direto é praticamente desconhecido e até o ano de 1991 apenas três trabalhos de pesquisa foram encontrados sobre este tema. (MELO NETO et al., 1981; NUNES FILHO et al., 1987 ; ZAFFFARONI et al., 1991). Particularmente no Ceará nenhuma pesquisa foi até hoje realizada no sentido de comparar o plantio direto com o sistema de manejo tradicional no que concerne às perdas de solo e água. Ressalte-se apenas as pesquisas de OLIVEIRA & SILVA (1982) e COELHO & SILVA (1983) os quais analisando perdas por erosão e regime hídrico do solo sob condições de chuva simulada, em dois tratamentos de preparo convencional do solo e dois tratamentos de preparo reduzido do solo. Sugeriram verificar os efeitos dos métodos de preparo e cultivo sobre o regime hídrico do solo durante período mais longo, e sua implicação na produção de culturas, não obstante as menores perdas de solo e os maiores acréscimos no armazenamento de água, ocorreram onde houve menor mobilização do solo.

A partir destas constatações buscou-se desenvolver uma ação inicial de pesquisa que pudesse fornecer indicativos, capazes de permitir uma avaliação sobre a validade ou não da introdução do plantio direto, em solos Podzólicos Vermelho-Amarelo Eutrófico, na região litorânea do Ceará.

O presente trabalho visa contribuir para o aumento do

volume de informações necessárias à melhor compreensão dos efeitos do plantio direto em condições de solo e clima da zona fisiográfica do litoral cearense através dos seguintes objetivos: a) Avaliação comparativa do efeito do plantio convencional e plantio direto nas perdas de terra e água e na produtividade da cultura do milho; b) Comparação dos efeitos destes sistemas de manejo em propriedades físicas do solo, relacionadas com o armazenamento e disponibilidade de água.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

As primeiras ferramentas de preparo do solo foram feitas de pedras, madeiras e, possivelmente, de osso e conchas. Foram utilizadas para eliminar ervas daninhas e fazer um sulco superficial que permitisse a colocação de sementes no solo. Mais tarde, animais foram usados para puxar hastes de madeira em formas apropriadas que com o tempo foram munidas com pontas ou partes de metal (CASTRO, 1989).

Sistemas mais aperfeiçoados de preparo do solo tiveram sua origem quando o arado de aiveca de metal foi inventado em 1760, na Escócia. A função do arado era a de enterrar e eliminar as ervas daninhas e os restos culturais, deixando o solo em condições de receber a semente. A sua invenção revolucionou a agricultura mundial (MAZUCHOWSKI & DERPSCH, 1984).

Segundo CASTRO (1989), as técnicas de preparo do solo que originalmente se desenvolveram na Europa, sob clima temperado ou frio, em topografia pouco acidentada e chuvas caracterizadas por uma energia cinética baixa, foram introduzidas sem modificações nos trópicos. Estas técnicas, que consistem no enterrio de resíduos vegetais, deixando a superfície do solo descoberta por muitos meses, mostraram,

sob condições de altas temperaturas e chuvas intensas com alta energia cinética e relevo ondulado, efeitos desastrosos em termos de perdas de solo por erosão.

Estes efeitos, sua origem e consequências prejudiciais a auto-sustentação da agricultura nos solos tropicais foram oportunamente comentados por DUQUE (1950), quando ele enfatiza que a aplicação de conhecimentos e métodos culturais de clima frio, por parte dos colonizadores europeus para explorar a terra na zona tropical, revelou-se um desastre. Como consequência os solos tropicais assim explorados diminuíram seu teor de matéria orgânica, e as chuvas torrenciais tiveram acentuadas sua ação erosiva e a terra foi reduzida em seu poder produtivo.

SEGUY et al. (1984), citam que os avanços conseguidos nas técnicas de preparo do solo, têm sido orientados mais no sentido de aumentar a capacidade de trabalho dos conjuntos e raramente no sentido de aperfeiçoar a técnica de preparo visando entre outros, obter melhor conservação do solo.

Para introdução de um estável e contínuo sistema de produção agrícola nos trópicos, é necessário a manutenção das condições físicas dos solos, manutenção da fertilidade, e controle da erosão por métodos eficientes e que não custem caro (KANG & YUNUSA, 1977; LAL et al., 1980).

O sistema de cultivo que melhor se adapta às condições tropicais, sem agressão ao meio ambiente e com bases contínuas de produção é assunto bastante polêmico.

Alguns apontam a mecanização como um indicativo de desenvolvimento, afirmando ser o sistema tradicional normal (aração e gradagem), o que causa menos danos ao solo (BAENA, 1985).

O fato é que qualquer que seja o sistema utilizado, o cultivo do solo modifica as condições do meio ambiente existente anteriormente, e o conhecimento atual dos diversos fatores que determinam a produtividade em diversos tipos de solos submetidos a diferentes tipos de manejo é, no momento, insuficiente para se definir sistemas seguros, econômicos e de imediata aplicação (BAENA, 1985).

A forma pela qual o solo é utilizado tem grande importância no processo erosivo. Quando se aplicam preparo e cultivos intensivos, pode-se provocar um distúrbio maior na estrutura do solo, causando a sua desagregação nas camadas superficiais e a compactação subsuperficial, o que facilita sobremaneira, a ação erosiva da água de chuva. Um fator fundamental no controle da erosão é a cobertura do solo. Quando o solo encontra-se protegido por uma cobertura vegetal, dificilmente há erosão hídrica, pois a cobertura vegetal viva ou morta intercepta as gotas de chuva dissipando sua energia cinética, evitando o impacto direto sobre a superfície do terreno e reduzindo a desagregação das partículas do solo a qual é a fase inicial do processo erosivo. Nestes aspectos o sistema de plantio sem preparo, ou plantio direto, é o que confere ao solo maior proteção contra

a erosão (HARROLD, 1984; CASTRO, 1989).

A primeira pessoa a experimentar o plantio direto foi o falecido Jonh E. Moody (sic), na Virginia Agricultural Experiment Station em 1960. Ele removeu a cobertura vegetal do solo, retirou uma amostra do mesmo, com um tubo amostrador, semeou milho e reimplantou o solo removido pelo amostrador e sem deformá-lo, no seu local de origem. Para surpresa de sua associação o milho cresceu bem (Morod, Shear & Jones, citado por THOMAS et al., 1973).

No Brasil, bem antes de Jonh E. Moody, quem primeiro chamou a atenção e divulgou o plantio direto em suas aulas na antiga Escola Nacional de Agronomia do Rio de Janeiro foi Ferreira Filho, em 1930. Nesta época divulgava entre seus alunos um novo processo de cultivo para a cultura do milho, sobre os próprios restolhos depositados na superfície do solo, cuja proteção seria muito útil ao desenvolvimento da cultura. Suas experiências foram conduzidas na Fazenda Experimental de Curitiba (PR) (Ferreira Neto, citado por SOUSA et al., 1981).

A cobertura morta do solo é recomendada como importante fator de controle da erosão, é um método barato de aumentar a produção, reduzir a evaporação da água do solo, aumentar a infiltração e o armazenamento de água, proteger a superfície do solo da ação das gotas de chuva e eliminar a formação de crostas (LATTANZI et al., 1974; OLSON & HORTON, 1975; MOCK & ERBACH, 1977; KANG & YUNUSA, 1977; SINGER &

BLACKARD, 1977; LAL et al., 1980).

"A terra coberta de capins, arbustos ou arvoredos está em condições ótimas para resistir aos estragos e para absorver a chuva . O desgaste acelerado é proveniente do desnudamento, da aração continuada e do pastejamento demasiado (...) , urge então copiar os processos de defesa da natureza e introduzir os meios técnicos conhecidos para salvar a economia agrícola nacional. Isto quer dizer que devemos lançar mão de plantas de crescimento denso, manter coberturas de vegetação ou molche (sic) vegetativo, na maior superfície possível e no maior espaço de tempo" (DUQUE, 1950).

O estudo e desenvolvimento de sistemas de preparo de solo e rotações de culturas, incluindo espécies de cobertura verde que protejam e recuperem o solo, constituem ponto importante para uso permanente das terras sem declínio de sua produtividade e rentabilidade (SIDIRAS et al., 1983).

A importância do resto de cultura na superfície do solo, em um dado momento, depende da quantidade, da taxa de decomposição e do tempo passado. Uma vez que a decomposição é maior nos trópicos que na zona temperada, é importante saber a ótima quantidade de resíduos requerida para conservar o solo e a água e melhoria das características do solo. Em condições tropicais após seis dias da aplicação de palha de arroz, a quantidade de resíduos aplicados ao solo, diminuiu por decomposição em 49, 42, 39 e 34% para 2, 4, 6 e 12t.ha⁻¹,

aplicados, respectivamente (LAL et al., 1980).

Outro fator que também contribui para a redução da quantidade de resíduos na cobertura do solo é o sistema de cultivo. LEVIEN et al. (1990), indicam que o preparo convencional proporcionou uma redução de 93 a 98% na cobertura do solo, a escarificação 42 a 68% e que uma pequena redução foi observada no método sem preparo do solo, apenas 7 a 10%. Afirmam também que os resíduos culturais do milho, espalhados uniformemente sobre a superfície do solo, reduziram as perdas a níveis insignificantes.

UNGER (1976), estudando taxa de cobertura morta no armazenamento da água e taxas de evaporação, em relação a textura do solo, diz que para baixa quantidade de resíduo e aplicação de água, houve pouco ou nenhuma acumulação de água no solo. Quando houve aumento da quantidade de resíduo na superfície do solo e na quantidade de água, houve aumento do armazenamento, independente da textura do solo, arenosa ou argilosa. Naquele trabalho 12 toneladas de palha por hectare, proporcionaram maior índice de armazenamento de água.

THOMAS et al. (1973), em estudos conduzidos em Lexiton, citam que a evaporação foi bem controlada pelo mulch, reduzindo-a bastante na escassez de chuva. Com relação ao conteúdo de água no perfil eles encontraram maiores quantidades na camada de 0 - 8cm, para solos com mulch na superfície.

CHAUDHARY & PRIHAR (1974), encontraram em áreas com

mulch maior conteúdo de água no solo nas profundidades de 0 - 7,5cm, indicando uma redução nas perdas por evaporação. Na camada 7,5 - 15cm o plantio direto apresentou menor conteúdo de água, indicando maior consumo pelas raízes da cultura do milho nesta camada, explicam.

BENNETT et al. (1973), constataram que o plantio direto, com cobertura morta, comparado com o convencional, apresentou maior teor de umidade na camada de 0 - 60cm.

Apesar de admitirem que o efeito direto do mulch no suprimento de água pela redução da evaporação é uma diferença positiva de água contida na parte superior do perfil do solo, OLSON & HORTON (1975), não encontraram diferenças significantes no conteúdo de água em parcelas com e sem mulch, na profundidade de 0 - 45cm do perfil. Entretanto concluíram que o mulch foi capaz de proporcionar o uso mais eficiente da água para a cultura do milho, resultando em rendimentos mais elevados e indicando um importante resultado para zonas áridas.

LINDSTRON et al. (1974), concluíram que a estação pode influenciar o comportamento do sistema de cultivo, quanto a capacidade de prover o armazenamento de água no solo. Neste trabalho, quando o inverno foi ameno o sistema de cultivo não afetou o armazenamento de água. Em condições de inverno mais frio o solo arado com aiveca armazenou 87% da chuva caída, a aração a disco 60% e o plantio direto 75%.

Em ensaios de plantio direto conduzidos no IAPAR, em

que foram acompanhados por três anos, os conteúdos de água existentes no solo cultivado neste sistema e comparados com solo sob sistema de cultivo convencional, as áreas com plantio direto mostraram durante o ciclo das culturas, maiores conteúdos de água, principalmente na profundidade de 0 - 5cm, enquanto que nas camadas inferiores, até 90cm a distribuição foi semelhante, afirma VIEIRA (1981).

ELTZ et al. (1984), estudando efeitos de sistemas de uso e manejo do solo nas perdas por erosão e rendimentos de culturas, durante quatro anos em Podzólico Vermelho-Amarelo textura média, no Estado do Rio Grande do Sul para a sucessão aveia - tremoço - milho, encontraram que o plantio direto reduziu em 69,3% as perdas de solo e em 30,2% as perdas de água em relação ao preparo convencional.

BENATTI JR. et al. (1983), comparando manejo convencional versus plantio direto em um solo Podzolizado Lins e Marília, com declividade de 10%, constataram que o plantio direto reduziu as perdas de terra em 75% e as perdas de água em 49%.

HARROLD (1984), cita que ele mesmo, depois de três anos de plantio de milho com preparo mínimo, na Estação Experimental Norte Apalache, Corhoctom, Ohio, em 1960, observou considerável redução de perdas de solo nesse sistema quando comparado com métodos convencionais de preparo do solo. Seus dados indicam que o plantio direto reduziu as perdas de solo em até 97%.

HARROLD & EDWARDS (1984), relataram uma interessante experiência passada em 5 de julho de 1969, na bacia hidrográfica da Estação Experimental para Estudos da Erosão Norte Apalache, no Estado de Ohio, U.S.A. , em que parcelas experimentais plantadas com milho pelo sistema convencional e pelo sistema de plantio direto, foram atingidas por uma tempestade com forte chuva, cuja frequência é de uma a cada 100 anos. Mais de 127mm de chuva caíram em 7 horas. Mesmo com uma declividade de 21% a capacidade do plantio direto em restringir a erosão, é evidenciada com as irrisórias perdas de 71kg de terra por ha, apesar de ter havido um escoamento superficial de água de 63mm. Acentua-se ainda mais tal efeito ao se analisar as perdas na parcela arada e gradeada, desprotegida, limpa e plantada morro abaixo, com 6% de declividade, cujas perdas foram de 112mm da enxurrada e de 51t de terra por hectare.

NUNES FILHO et al. (1987), quando estudaram os efeitos do preparo do solo sobre as perdas por erosão na cultura do milho, em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico, no sertão de Pernambuco, constataram que o plantio direto apresentou redução de 94% nas perdas de solo e 42% nas perdas de água quando comparado com cultivo com duas arações e gradagem.

ELTZ et al. (1981), em determinações durante quatro anos, citam que na sucessão trigo - milho, em preparo convencional, as perdas de solo foram de 92,58 t.ha⁻¹,

enquanto que na mesma sucessão e no mesmo período, as perdas de solo em plantio direto foram de $12,98 \text{ t.ha}^{-1}$, ou 86% menores. As perdas de água em relação ao total precipitado, foram 6,4% na sucessão em preparo convencional e 2,7% na sucessão trigo - milho em plantio direto.

SINGER & BLACKARD (1977), concluíram que a cobertura morta do solo com palha, reduz significativamente as perdas de solo para coberturas de 50% ou mais, com drástica redução do volume de run-off para coberturas de 90% do solo. Em seus resultados as perdas de solo diminuíram de $4,19 \text{ t.ha}^{-1}$ para $0,43 \text{ t.ha}^{-1}$, quando a cobertura vegetal passou de 0 para 97%, evidenciando uma importante relação entre percentagem de cobertura e perdas de solo.

LAL et al. (1980), encontraram perdas de água por run-off de 18, 10, 4, 1 e 0% da chuva, para 0, 2, 4, 6 e 12 toneladas de mulch por hectare.

LATTANZI et al. (1974), encontraram resultados em que 2 t.ha^{-1} de mulch reduziu a erosão em 80%, quando comparado com parcelas sem mulch. Para 8 t.ha^{-1} de mulch a erosão foi inexpressiva, quase zero.

A proteção do solo contra a ação erosiva da chuva está relacionada também, com a cobertura proporcionada pelas plantas. Essa cobertura pode ser de culturas anuais ou perenes, ou ainda, dos próprios restos culturais, os quais no Nordeste são quase sempre desprezados ou subutilizados como palha para alimentação animal. Certamente ao se utilizar

estes restos vegetais para cobertura do solo estar-se-á proporcionando em condições nordestinas, efeitos bem mais eficientes para o seu uso, que a simples utilização como alimento de baixa capacidade nutricional, porque palha.

BERTONI et al. (1986), concluíram que o manejo dos restos culturais tem grande influência nas perdas por erosão. Citando o efeito do manejo de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água, relatam que, quando a palha de milho foi queimada houve perdas de 20 toneladas de terra por ha, a palha enterrada 13,8 t.ha⁻¹ e a palha na superfície do solo 6,5 t. Quanto às perdas de água, a palha queimada perdeu 8,0%, palha enterrada 5,8% e palha na superfície 2,5% da chuva caída. Eles afirmam que a prática de queimar a palhada elevou em 46% as perdas de solo e em 38% as perdas de água e que o controle da erosão proporcionado pela palhada deixada na superfície é de 52% em terra e 56% em água.

SILVA & LOMBARDI NETO (1981), observaram que o tratamento palha na superfície, reduziu em 83% e 76% as perdas de solo em relação aos tratamentos, palha queimada ou enterrada, respectivamente. E concluíram que a queima dos restos culturais aumenta as perdas de terra.

LOMBARDI NETO et al. (1976), comparando os efeitos de vários sistemas de cultivo e manejo de restos culturais do milho, na produção e perdas de solo e água, em solos Podzolizados Lins e Marília, concluíram que a queima dos restos culturais aumenta as perdas de solo e água. Neste

experimento o milho plantado após os restos serem queimados, ocasionou perdas de 25,5 toneladas de solo por hectare e de 8% da chuva caída.

SIDIRAS et al. (1984), constataram que a presença de uma cobertura de restos vegetais reduziu a desagregação superficial causada pelo impacto das gotas de chuva, a 2,4% quando comparado com o plantio convencional (100%).

BISCAIA (1978), concluiu que o tipo de preparo do solo tem uma influência grande na intensidade de erosão e a manutenção de restos culturais sobre o solo é um fator altamente positivo no controle da erosão. Em seu experimento, o tratamento sem preparo do solo e com cobertura morta apresentou as menores perdas, reduzindo-as, em 80% quando comparadas com o preparo convencional.

MELLO NETO et al. (1981), estudaram o efeito de diferentes sistemas de preparo do solo sobre as perdas por erosão em um solo Litólico Eutrófico, com 12% de declividade, e concluíram que nos solos que foram preparados com uma e duas arações as perdas de terra foram de 1,3 e 1,4 t.ha⁻¹, respectivamente, cujos aumentos percentuais de perdas atingem 2.691 e 2.908% em relação as menores perdas, 0,06 t.ha⁻¹, que ocorreram no solo sem preparo. As perdas de água, que também foram elevadas, foram 3,1%, 1,9% e 0,4% das chuvas caídas, para uma aração, duas arações e sem preparo, respectivamente.

LOPES et al. (1987), citam que valores de cobertura do

solo em torno de 20%, foram suficientes para reduzir a erosão em 40 a 60%, em comparação ao solo descoberto. Ainda no mesmo trabalho de LOPES et al. (1987), eles afirmam que a forma de manejo de restos culturais no controle da erosão, assume grande importância, citando que Mannering & Mayer testaram métodos de manejo com resteva de milho e concluíram que, para uma mesma quantidade de restos culturais, a resteva picada e espalhada uniformemente sobre a superfície do solo foi mais eficaz no controle da erosão do que a resteva picada e semi-incorporada. Também concluíram que a aplicação de 5000 Kg/ha de resíduos culturais de milho proporcionaram cobertura de cerca de 80% da área.

LOMBARDI NETO et al. (1988) concluíram que a presença de resíduos de milho uniformemente distribuídos sobre a superfície do solo, reduziu acentuadamente as perdas de solo e água. Eles usaram quantidades de 0, 250, 500, 1000, 1500, 2000, 4000 e 8000 Kg.ha⁻¹ e informam que 2000 kg.ha⁻¹ reduziram as perdas de solo em 50% e em 40% as perdas de água, enquanto o tratamento 8000 kg.ha⁻¹, diminuíram em 90% as perdas de solo e em 80% as de água. Para a relação quantidade de resíduos/percentagem de cobertura, seus dados indicam que 2000 Kg cobriram 46,5% da área e 8000 Kg.ha⁻¹ significaram 91,8% de cobertura da superfície.

CARVALHO et al. (1990), dizem que independente do manejo ao qual é submetido, se na superfície do solo, semi-incorporado ou totalmente incorporado ao solo, o aumento

na percentagem de cobertura proporciona acentuada redução nas perdas de solo, notadamente até 40 a 50% de cobertura da superfície.

MARQUES & BERTONI (1961), citam que Duley & Russel verificaram que um terreno descoberto perdia três vezes mais água e treze vezes mais terra do que um terreno com restos de cultura na superfície. Citam também um trabalho de Wordburn no qual aplicando-se cinco toneladas de palha por hectare como mulch depois que o solo havia sido preparado reduziram-se as perdas de terra para 0,25 t/ha e as de água para 6%, quando no mesmo período, um terreno descoberto perdeu 52 toneladas de terra por hectare e 44% da chuva caída.

Dependendo das condições de uso e manejo, as características físicas do solo podem se modificar, evoluindo para situações positivas ou negativas ao crescimento e produtividade. Dos componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a atividade que mais influi no seu comportamento físico. Isto porque o preparo do solo é uma atividade que atua diretamente sobre a estrutura, e sendo esta, uma propriedade que interage ou afeta uma série de outras características do perfil, a sua modificação altera praticamente todas as outras variáveis a ela ligadas. Assim uma mudança na estrutura do solo através do preparo, acarreta mudanças na porosidade, tamanho dos poros, retenção e armazenamento de água e regime térmico (VIEIRA, 1985).

Estudos realizados por VIEIRA (1981) mostraram que a infiltração da água no solo, em sistema de plantio direto, teve um comportamento variável em determinadas situações, comparada ao sistema de preparo convencional. Em muitos casos constatou-se que a infiltração da água no solo sob plantio direto foi menor que a infiltração da água no solo sob preparo convencional. Ainda no mesmo trabalho, ele diz que as características do sistema de plantio direto, determinadas por um menor tráfego de veículos, porém sem o revolvimento da superfície do solo, acarreta neste sistema um adensamento natural na parte superficial do solo, ϕ - 20cm. Isto é verificado através do aumento da densidade do solo, da microporosidade e diminuição da porosidade total e principalmente macroporosidade. Também afirma que o plantio direto atua de forma positiva quanto à estabilidade dos agregados.

FINK & WESLEY (1974), detectaram que o solo em plantio convencional foi mais capaz de absorver o excesso de umidade, apresentando melhor infiltração de água que o plantio direto, cujo stand de milho foi reduzido por excesso de umidade (inundação) quando ocorreram chuvas fortes em seu experimento.

Entretanto MACHADO et al. (1981), dizem que solos manejados sob sistema convencional de cultivo durante oito e quatorze anos tiveram reduzidas sua porosidade total e macroporosidade e aumentadas sua microporosidade e densidade

do solo.

BAENA & DUTRA (1979), citam que o preparo para cultivo acarreta modificações nas propriedades físicas dos solos com intensidades que variam com o método de preparo utilizado. Além do arraste da camada superficial do solo, onde está concentrada a maioria dos nutrientes, o peso das máquinas provoca um aumento na densidade do solo, tornando-o mais compacto e dificultando o desenvolvimento vegetativo pelo impedimento mecânico ao crescimento do sistema radicular. Paralelamente ao aumento da densidade do solo ocorre a diminuição da porosidade. Neste experimento BAENA & DUTRA (1979), estudando em Terra Roxa Estruturada Eutrófica, observaram um retardamento no crescimento do milho, com o aumento da densidade e diminuição da porosidade do solo.

VIEIRA (1981), cita que Baumer & Bakermans, revisaram o assunto e chegaram a conclusão que o solo sob plantio direto apresentava a camada superficial mais adensada, caracterizada por uma porosidade total menor. Poucas exceções foram constatadas, cita. Ao contrário CHAVES (1981), comparou sistemas de preparo de solo para milho, em relação a estrutura, densidade do solo e porosidade total e concluiu que a densidade do solo foi semelhante entre os tratamentos plantio direto e plantio convencional, e a estrutura do solo foi melhor quando o mesmo recebeu o manejo plantio direto, que apresentou 67% de agregados estáveis em água.

LAL et al. (1980), conduziram experimento em 1976 e

1977, onde procuraram identificar as mudanças nas propriedades físicas de um Alfisol causadas por 0, 2, 4, 6, e 12 t.ha⁻¹ de mulch. Após 18 meses de iniciado o experimento a porosidade total foi 48, 50, 55, e 59% para 0, 2, 4, 6, 12 t.ha⁻¹ de mulch, alcançando valores mais baixos nas parcelas sem mulch. Os efeitos foram também similares quanto à proporção de macroporos, infiltração e retenção de água. A microporosidade foi significativamente maior para as parcelas sem mulch, e 2 t.ha⁻¹, quando comparada com maiores taxas de mulch. A percentagem de mesoporos não foi afetada pelo mulch, houve aumento no diâmetro médio de agregados e a densidade global diminuiu com o aumento da taxa de mulch.

Para CARPENEDO & MIELNICZUK (1990), o uso intensivo dos solos e o emprego de práticas agrícolas inadequadas, com predominância de preparo superficial excessivo e queima de resíduos culturais, que implicam em altas perdas de solo por erosão, modificam acentuadamente as características originais dos solos. Analisando amostras de um Latossolo, manejado com diferentes sistemas de cultivo, eles concluíram que o solo submetido ao preparo convencional (aração + gradagem) apresentou menor agregação do que campo e mato nativo, e que o plantio direto aumentou a agregação, e os agregados eram estáveis e houve predominância de microporos.

SILVA & LOMBARDI NETO (1981), dizem que a degradação das propriedades físicas do solo normalmente é resultante da má utilização do mesmo, com sistemas inadequados e

intensivos. Eles, em trabalho conduzido em Latossolo Roxo Distrófico, concluíram que áreas cultivadas de forma convencional, apresentaram redução na percentagem de macroagregados, enquanto que o plantio direto apresentou uma maior percentagem de agregados. Afirmam ainda que áreas anteriormente cultivadas convencionalmente e após 5 anos com plantio direto, este sistema de cultivo parece ter recuperado a estrutura do solo, visto que neste caso houve aumento na percentagem de macroagregados .

RANZANI et al. (1962), investigando a influência da cobertura morta sobre a estrutura do solo, em Latossolo Vermelho-Amarelo, apesar de concluírem que um período de três anos com vestimenta morta (sic) não modificou as "usualmente" investigadas características físicas do solo, afirmam que o índice de agregação no solo com vestimenta morta (sic) foi 35% superior ao solo descoberto.

Assumindo que as características estruturais dos solos, sob o ponto de vista do preparo, têm sido pouco estudadas, porque os autores até então não se preocupavam com seu efeito sobre o solo e sim sobre o rendimento das culturas, FREIRE (1972), conduziu experimento em que comparou o efeito do preparo do solo feito com enxada rotativa e capinas com o terreno somente limpo e capinado com enxada manual. Neste trabalho ele concluiu que o preparo intensivo contribuiu acentuadamente para diminuir a agregação do solo , enquanto o cultivo mínimo é altamente recomendado por agir em

sentido contrário. Resultados semelhantes foram obtidos por OLIVEIRA & SILVA (1982) e COELHO & SILVA (1983).

BLEVINS et al. (1977) não encontraram diferença entre a densidade global, na camada de 0 - 8cm quando comparou plantio direto versus plantio convencional, cujos dados eles dizem que concordam com os encontrados por Mochler et al. BANDEL et al. (1975) observaram numerosas vezes em campos cultivados com milho, que em plantio direto, com níveis baixos de Nitrogênio, o milho apresentava sintomas de deficiência de N, mais pronunciados que em plantio convencional. Para estudar esta situação, eles conduziram experimento associando níveis de nitrogênio, de 0, 45, 90, 135 e 180 Kg.ha⁻¹, com sistema de cultivo, plantio direto e convencional. Com níveis de N, de 0 até 180 kg.ha⁻¹ o plantio direto apresentou mais severos sintomas de deficiência e produziu menos que o plantio convencional.

ARNOLD et al., (1974) em três anos de estudos concluíram que o Nitrogênio aumenta o rendimento do milho, com o aumento na sua quantidade.

MUZILLI (1983), estudando a influência do plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo, concluiu que deficiências de nitrogênio foram visivelmente acentuadas na cultura de milho em plantio, direto, assumindo que essa maior deficiência é decorrente do movimento descendente da água no solo a acarretar maior lixiviação de nitratos, já que a não

movimentação do solo nesse sistema evita a quebra da capilaridade. Diz ainda que a necessidade de adubação nitrogenada pelas culturas em plantio direto tende a aumentar com o decorrer do tempo, existindo indicações de uma necessidade entre 20 e 25% mais alta nesse sistema, para cereais como milho, o sorgo e o trigo.

KANG & YUNUSA (1977), em experimento conduzido em Egbeda, na Nigéria, afirmam que o milho em plantio direto e adubado com 120 kg/ha de Nitrogênio, mostrou deficiência do nutriente; e que após aplicação em superfície os sintomas desapareceram, embora esta carência inicial tenha tido um significativo efeito no desenvolvimento das alturas de plantas, que foram menores no plantio direto, comparado ao convencional. Quando eles elevaram o nível de N para 160 kg/ha, nenhum sintoma de carência foi observado.

PERRY JR. & OLSON (1975), estudando o efeito do N no rendimento de milho e sorgo granífero, nas dosagens de 90, 180 e 270 Kg.ha⁻¹, concluíram que as dosagens de 90 e 180 kg.ha⁻¹ promoveram significativo aumento no rendimento do milho.

THOMAS et al. (1973), também citam que maiores quantidades de Nitrogênio são requeridas pelo milho em plantio direto em relação ao milho em plantio convencional. Eles concluíram que com o aumento do nível de Nitrogênio de 0 e 84 kg.ha⁻¹ para 168 e 336 Kg.ha⁻¹, a cultura teve sua produção aumentada e produziu mais que o plantio

convencional.

ROBINSON & MURPHY (1972) dizem que o rendimento de grãos, em milho é uma função quadrática da quantidade de N aplicada e que o milho teve sua produção aumentada quando eles elevaram os níveis de N de 0 à 112, 224, 336 e 448 Kg.ha⁻¹.

LAL (1979), concluiu após três anos agrícolas de estudos em Alfisol na Nigéria, que o milho em sistema de plantio direto produziu mais que o plantio convencional, 1,30 t/ha e 1,07 t/ha respectivamente. Também concluiu que a aplicação de Nitrogênio foi significativa na produção de grãos, alcançando nível mais elevado com 120 Kg/ha.

FINK & WESLEY (1974) e NELSON et al. (1977), não encontraram diferenças significativas entre as produções de milho em plantio direto versus plantio convencional.

Além das vantagens de economia de tempo, combustível, aumento da umidade do solo e controle da erosão, os sistemas de cultivo com palha na superfície também podem causar problemas. Usualmente estes problemas estão associados justamente com a acumulação desses resíduos, que entre outros ao diminuir a temperatura do solo, principalmente em clima mais frio, reduzem o desenvolvimento do milho, resultam em menor uniformidade e distribuição das sementes, implicando em emergência mais demorada e plantas menos desenvolvidas, (MOCK & ERBACH, 1977). Eles citam também, no mesmo trabalho, menor stand final e rendimento de grãos para o plantio direto, em

condições de stand natural. Para stands iguais, o rendimento de grãos não foi influenciado pelo sistema de cultivo.

Estudando o efeito de métodos de preparo do solo sobre a produtividade e outras características agronômicas do milho, ZAFFARONI et al. (1991), encontraram em um Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, adubado com N,P,K,, em Areia, PB, menores rendimentos para o milho em plantio direto, 1.673 kg/ha, comparado ao plantio convencional, 1.980 Kg/ha.

SOBRINHO & ARRUDA (1960), encontraram uma diferença significativa de 30% na produção do milho em preparo mecânico, 2.267 kg/ha, em relação ao solo sem preparo, apenas capinado com enxada que produziu 1.746 kg/ha.

Atualmente, a solução para todos os problemas de manejo de culturas com plantio direto não foram ainda avaliados. Alguns destes problemas prioritários incluem o controle de ervas e os meios de aplicação de fertilizantes, particularmente o Nitrogênio (LAL, 1979).

DOREM JR. & TRIPLETT JR. (1973), dizem que extrapolação de resultados de estudos relativo ao efeito da cobertura morta sobre a produção do milho para outros climas e solos é discutível. Quando estudou as relações entre cobertura morta e sistemas de cultivo para milho, concluiu que o milho em cobertura morta produziu três vezes mais que outras variáveis de cultivo e que a maior razão deste efeito da cobertura morta deve-se a sua influência no conteúdo de água no solo.

3- MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido na cidade de Fortaleza, Ce, durante os meses de abril a julho de 1991 numa altitude de 19,5m, apresentando as seguintes coordenadas geográficas: Latitude 3°44'S e longitude 38°33' W. O clima é do tipo AW'i Koeppen, ou seja, tropical chuvoso com precipitação de verão, com temperatura do mês mais frio maior que 18 °C. Com precipitação média anual de 1.390mm e 26,5°C de temperatura média anual (BOL.AGROMETEROLÓGICO,1988).

A área experimental fica localizada no Campus do Pici, pertencente à Universidade Federal do Ceará e está a 60m da estação meteorológica do Centro de Ciências Agrárias . O solo é um Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente Eutrófico, abruptico - A, moderado, textura arenosa/média (COELHO & MOTA, 1978), com declividade média determinada pelo clinômetro de ABNEY de 3% . Suas características físicas estão representadas no QUADRO 1 (COELHO, 1983) e os resultados da análise de solo na camada arável indicam os seguintes teores de nutrientes, em meq/100g de solo : $Ca^{++} = 0,5$; $Mg^{++} = 0,3$; $K^{+} = 1,2$; $Na^{+} = 1,1$; $S = 3,1$; $H^{+} + Al^{+3} = 0,7$; $Al^{+3} = 0,3$ e $T = 3,8$; $V\% = 81$; pH em água 4,9.

QUADRO 1. Composição granulométrica, densidade do solo e das partículas, porosidade total, macro e micro porosidade e condutividade hidráulica em horizontes do solo Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico.

Prof.	Composição granulométrica			Densidade		Porosidade			Condutividade hidráulica do solo saturado
	Areia 2 - 0,5	Silte 0,5 - 0,002	Argila 0,002	do solo	de partículas	total	macro	micro	
cm	%			g.cm ⁻³		%			cm.h ⁻¹
0 - 9	81,3	8,2	10,5	1,45	2,60	45,3	28,8	16,5	14,9
9 - 34	84,1	5,2	10,7	1,71	2,68	34,2	18,6	15,6	4,2
34 - 58	69,3	8,0	22,7	1,59	2,64	39,8	22,2	17,6	9,8
58 - 81	60,0	8,0	32,0	1,56	2,66	41,4	18,0	23,4	3,1
81 - 130	56,0	6,0	38,0	1,67	2,67	37,5	11,6	25,9	0,7

FONTE : COELHO (1983).

3.1 - Sistema de manejo e conservação do solo e água.

Em janeiro de 1991 para uniformizar a área experimental, foi realizada uma aração com arado de disco e duas gradagens, feita a semeadura do milho, visando-se a obtenção dos restolhos a utilizar nos tratamentos com plantio direto.

Aos sessenta dias o milho foi cortado e picado em três pedaços de aproximadamente 25cm, espalhados uniformemente e deixados na superfície do solo, na quantidade de 5000 Kg.ha⁻¹, nas parcelas cultivadas com plantio direto.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições em doze parcelas de 40m² com 4,0m x 10m no sentido do declive. Os tratamentos foram os seguintes:

T1 - PLANTIO DIRETO COM NITROGÊNIO : Aplicação de herbicida de pré-emergência, sulcamento das linhas de plantio sobre os restolhos de milho, semeadura, adubação nitrogenada na dosagem de 15 g/m linear na semeadura e duas coberturas de 30 g/m linear aos 30 e 45 dias, e cultivo com uso de herbicida.

T2 - PLANTIO CONVENCIONAL COM NITROGÊNIO : Retirada dos restolhos de milho, uma aração com arado de disco e duas gradagens morro abaixo, semeadura, adubação nitrogenada na dosagem de 15 g/m linear na semeadura e duas coberturas de 30

g/m linear aos 30 e 45 dias, e capina com enxada.

T3 - PLANTIO DIRETO SEM NITROGÊNIO: Igual ao T1, sem adubação nitrogenada.

T4 - PLANTIO CONVENCIONAL SEM NITROGÊNIO: Igual ao T2, sem adubação nitrogenada.

A semeadura foi realizada em 14/04/91, em sulcos, no espaçamento de 1 metro entre sulcos e 0,20m entre plantas, perfazendo cinco plantas por metro linear e quatro linhas de 10m.

A cultura foi milho, cultivar CARGILL.

Os tratos culturais foram uma capina com enxada nas parcelas com plantio convencional, aos trinta dias após a semeadura. Nas parcelas com plantio direto foi feito apenas o controle químico das ervas daninhas com o herbicida ROUNDUP, (Sal de isopropilamina de N (fosfometil) glicina (glifosate) 480 g/l) na dosagem de 1,5 l/ha em pré-semeadura e também aos trinta dias. O herbicida foi aplicado com pulverizador costal manual Brudden com bico tipo leque e a erva predominante era o capim gengibre (*Paspalum maritimum* Trin.).

A única praga que atacou a cultura foi a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith), cujo combate foi realizado com cinco pulverizações de SEVIN 85 PM, na dosagem de 150 g/100 litros de água.

A adubação foi feita com base em análise emitida pelo Laboratório Solo do Departamento de Ciências do Solo da UFC e consistiu na aplicação de P, 60 kg/ha e K, 20 kg/ha, nas

formas de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, em todas as parcelas experimentais, sem exceção, na semeadura, em sulcos abaixo e ao lado da linha de sementes. Quanto ao N, sua aplicação e doses foram condicionadas ao delineamento experimental, indicado anteriormente nos tratamentos T1 e T2.

Aos noventa dias o milho foi dobrado, apenas na parcela útil, correspondendo as duas linhas centrais, e aos cem dias realizou-se a colheita. As espigas foram pesadas sem palha, logo após a colheita e debulhadas para pesagem dos grãos com 22% de umidade.

Numa das três repetições dos tratamentos plantio direto e plantio convencional foram determinadas as perdas de solo e água, bem como a erosividade de todas as chuvas que provocaram erosão nas parcelas. Nestes tratamentos as parcelas foram delimitadas lateralmente com chapas de aço galvanizado de altura igual a 0,25m, para evitar contribuições externas de run-off. Na parte inferior da parcela foi instalada uma calha coletora ligada a um sistema de dois tanques de concreto, sendo o primeiro de sedimentação. O segundo tanque coletor recebia 1/7 do volume de enxurrada extravassada do primeiro tanque através de um sistema de divisor de janelas circulares.

As perdas de solo em t/ha e água em mm foram determinadas para todas as chuvas que causaram erosão, de acordo com a metodologia descrita por SILVA (1991).

3.2 - Erosividade e perdas de solo e água.

A erosividade e quantidade da chuva foram determinadas com base nos pluviogramas fornecidos pela Estação de meteorologia da UFC, localizada aproximadamente a 60m do experimento. Para determinação do índice EI_{30} , utilizou-se o procedimento descrito por SILVA (1991), analisando-se as chuvas correspondentes as determinações das perdas de solo e água, através dos registros em pluviogramas diários, fornecidos pela Estação de meteorologia da U.F.C.. O cálculo do fator R da equação universal de perdas de solo foi feito através do programa para calculadora científica HP-20S, (APÊNDICE)1, desenvolvido por SILVA (1991). (Trabalho em andamento para publicação)

3.3 - Análises físicas e químicas.

Com a finalidade de avaliar preliminarmente os efeitos dos dois sistemas de manejo estudados sobre as propriedades físicas do solo na camada arável foram realizadas as seguintes determinações antes e após a realização do experimento: Análise granulométrica ; Densidade global ; Densidade de partículas; Porosidade total; Matéria orgânica ;

Estabilidade de agregados e Diâmetro médio ponderado de agregados e Umidade do solo nas profundidades de 25 e 75cm (EMBRAPA, 1983), de acordo com o Manual de métodos de análise de solo (EMBRAPA, 1979).

Para determinação da umidade gravimétrica do solo em intervalos regulares de quinze dias, coletou-se amostras com trado, nas profundidades de 25cm e 75cm, com três repetições, nos tratamentos plantio direto e plantio convencional, apenas nas parcelas dos coletores.

3.4 - Medidas biométricas.

Em cada parcela foram feitas determinações da altura das plantas, data de floração, stand final, número de espigas normais e atrofiadas, peso das espigas, peso dos grãos e produtividade do milho em kg/ha. Os grãos foram pesados e a produtividade foi determinada extrapolando-se a média da produção por planta da área útil de cada parcela para o equivalente a 50.000 plantas para obter-se o rendimento de cada tratamento em kg/ha.

As médias dos tratamentos com relação aos parâmetros de produtividade (kg/ha) e altura das plantas (cm) foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Para determinação da altura as plantas foram medidas

da base do solo até o seu ponto mais apical, nas extremidades das inflorescências masculinas. O stand final corresponde ao número de plantas, na parcela útil, no dia da colheita, realizadas 100 dias após o plantio.

Foram consideradas como anormais, aquelas espigas, sem desenvolvimento e sem ou com número insignificante de grãos.

Para a data de floração foi considerado o número de dias decorridos entre a semeadura e a data em que 50% mais uma das plantas da parcela útil apresentavam inflorescência masculina.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Erosividade e efeito do sistema de manejo sobre as perdas de solo e água.

O QUADRO 2 mostra a erosividade das chuvas e sua distribuição em três fases de desenvolvimento da cultura do milho: preparo do solo e plantio; estabelecimento e crescimento; e maturação e colheita, correspondendo respectivamente aos períodos de 14 a 31.04, 01 a 31.05 e 01 a 22.07 de 1991.

Considerando que o período estudado correspondeu a cerca de 20% de um ano, o valor 2.172,1 MJ.mm/ha.h encontrado, está coerente com os dados indicados por LEPRUN (1983) para a zona do Litoral Cearense. O limite superior do fator R anual indicado por aquele autor, quando convertido a unidades do Sistema Métrico Internacional de Unidades, de acordo com SILVA (1991), corresponde a 7.161,3 MJ.mm/ha.h.

Ressalte-se a ocorrência na fase de preparo do solo e plantio de 72,7% do total de erosividade de todo período em apenas 7 chuvas correspondendo a 43% do total de 475,7mm referentes a 47 chuvas registradas (APÊNDICE 2).

QUADRO 2. Características das chuvas e do Índice de Erosividade EI₃₀ em Fortaleza, Ce, no período de 14 de abril a 22 de julho de 1991.

Período	Total	Chuvas								Erosividade		
		Não erosivas				Erosivas				amplitude	EI ₃₀	%(2)
		nº	mm	amplitude	%(1)	nº	mm	amplitude	%(1)			
----- MJ.mm/ha.h -----												
14 a 31.04	243,6	6	39,4	0,2 - 11,9	8,0	7	204,2	13,0 - 88,9	43,0	27,0 - 813,2	1579,8	72,7
01 a 31.05	160,5	11	32,8	0,3 - 9,3	7,0	10	127,7	6,4 - 23,3	27,0	2,4 - 77,7	290,1	13,4
01 a 22.07	71,6	10	10,5	0,1 - 2,3	2,0	3	61,1	12,0 - 29,6	13,0	16,0 - 223,5	302,2	13,9
Total	475,7	27	82,7	-----	17,0	20	393,0	-----	83,0	-----	2172,1	100,00

(1) - Percentagem de chuvas erosivas em relação ao total de 475,7mm.

(2) - Percentagem do EI₃₀ em relação ao total do período.

Considerando-se os resultados de perdas de solo e água indicados no QUADRO 3, evidencia-se a debilidade do sistema convencional com referência a virtual nula resistência a erosão nesta fase de menor cobertura vegetal do solo, demonstrada pelas perdas de 30,87 t/ha de solo. Isto decorre da intensiva movimentação do solo por arações e gradagens sucessivas, mantendo-o quase sempre nu, excessivamente friável, desagregado e exposto a ação erosiva direta da chuva, predispondo-o à erosão e conseqüentemente a grandes perdas de terra.

Ao contrário, a presença dos restos de cultura na superfície do solo manejado com plantio direto, dissipa a energia cinética das gotas de chuva, evitando o impacto direto destas com o solo, a desagregação causada por este choque e portanto reduz acentuadamente a erosão. Além disso a menor desagregação, evitando o selamento e, portanto, obstrução dos poros na superfície do solo, facilita a infiltração, concorrendo para a diminuição das enxurradas e conservação da água. Estas características favoráveis ao plantio direto estão evidenciadas ainda no QUADRO 3, posto que, enquanto plantio direto perdeu apenas 3,05 toneladas de terra e 38,63% das chuvas, o sistema de manejo convencional perdeu 30,87 toneladas de terra por ha, e 49,0% das chuvas caídas. Tais resultados expressam uma redução significativa das perdas de terra, em 90,12% e das perdas de água em 21,18% favorável ao plantio direto.

QUADRO 3. Perdas de solo e água nos sistemas plantio direto e plantio convencional na cultura do milho, em Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico, com declividade de 3%.

Plantio convencional			Plantio direto		
perdas de terra	Perdas de água (1)		perdas de terra	Perdas de água (1)	
t/ha	mm	%	t/ha	mm	%
30,87	233,15	49,01	3,05	183,76	38,63

(1) Calculada em função da chuva total caída durante o experimento, 475,7 mm, no período de 14.04.91 a 22.07.91, em Fortaleza, Ce.

Estes resultados estão coerentes e concordam com os resultados e observações de SINGER & BLACKARD (1977), BENATTI JR. et al. (1983), HARROLD (1984), ELTZ et al. (1984), NUNES FILHO et al. (1987), LOMBARDI NETO et al. (1988).

Vale enfatizar a agressividade das chuvas características do litoral cearense verificada em apenas dois eventos no dia 29.04.91 quando precipitaram-se 106,4mm, provocando um índice de erosividade EI_{30} igual a 1.102,6 e correspondendo a perdas de solo de 1,14 e 14,50 t/ha, para o plantio direto e convencional, respectivamente (APÊNDICE 2).

Neste caso apenas 4,3% do número total de chuvas ocorridas durante o ciclo da cultura foram responsáveis por 50,8% do total do EI_{30} do período estudado, ocasionando em um único dia perdas de solo no plantio convencional que foram 7 vezes maiores que a tolerância anual de 2 t/ha proposta por SILVA (1990), que introduziu um novo conceito para este parâmetro com base em estimativas de taxas de formação do solo. Mesmo o plantio direto, considerando todo o período estudado, provocou perdas superiores (QUADRO 3) a esta tolerância extremamente baixa definida por SILVA (1991) como "Ótima Tolerância". Isto sugere, portanto, que a quantidade de restolhos ($5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) utilizada deveria ser aumentada para controle da erosão em níveis compatíveis com o exigente limite de perdas anuais proposto por aquele autor.

Entretanto, considerando as tolerâncias usadas para estes solos com horizonte B textural (5,7 a 9,1 t/ha) de

acordo com BERTONI et al. (1975) o plantio direto diminuiu as perdas de solo para limites abaixo destas tolerâncias, comprovando definitivamente sua eficiência quando comparado ao preparo convencional que, durante o período estudado, provocou perdas de 5,4 e 3,4 vezes maiores (QUADRO 3) que os limites inferiores e superiores citados por aquele autor, respectivamente.

4.2 - Variação do teor de água no solo.

Os resultados das determinações quinzenais da umidade do solo, nas profundidades de 25 e 75cm do perfil, estão representados na FIGURA 1.

Analisando-se o teor de água no solo à profundidade de 25cm, nota-se que no início do desenvolvimento da cultura do milho, nos trinta dias iniciais, quando os resíduos ainda se mostravam persistentes na superfície do solo, o plantio direto mostrou maior teor de umidade. A partir do momento em que a decomposição dos resíduos impediu a continuidade dos seus efeitos benéficos na redução da evaporação e maior infiltração de água no solo, aliado ao maior consumo da cultura, o solo sob plantio direto apresentou menor conteúdo de água, influenciado pelo maior consumo de água como função do maior desenvolvimento vegetativo e produção alcançados

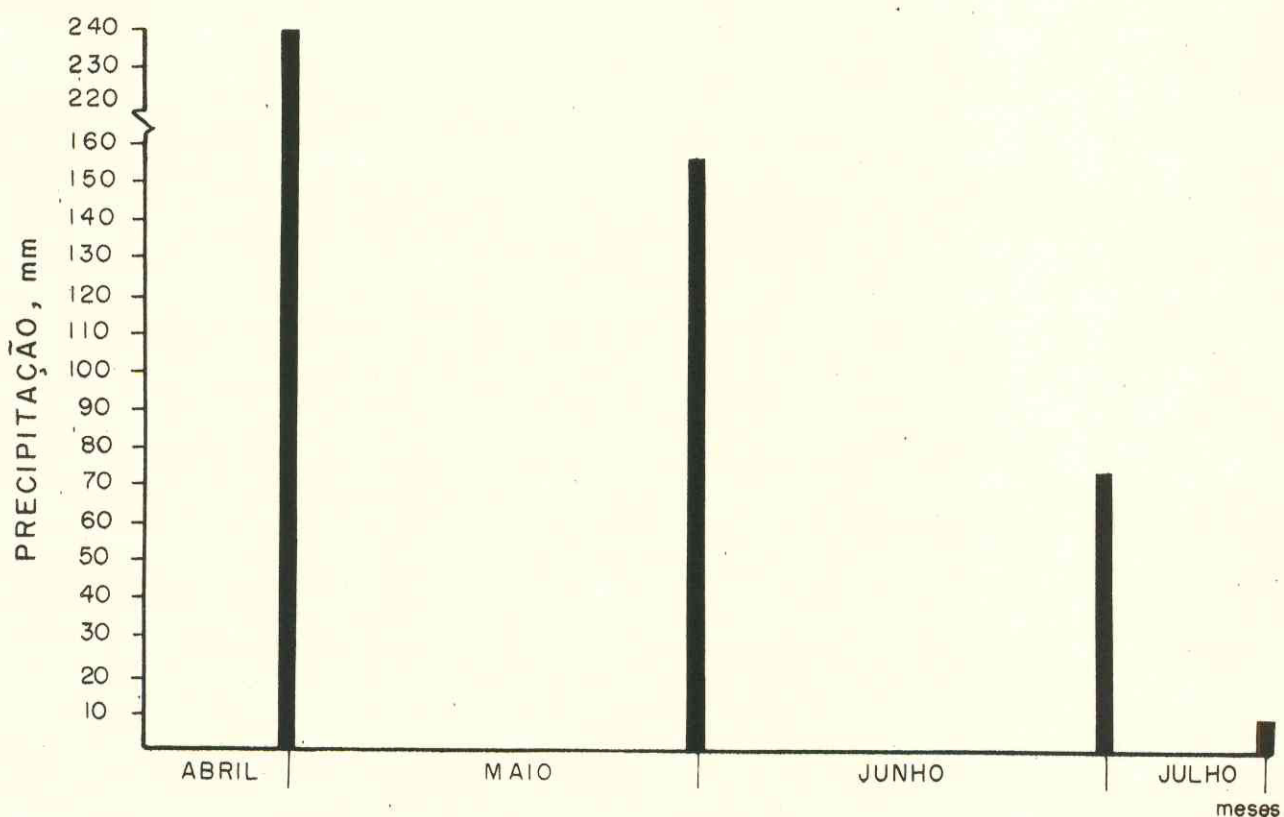
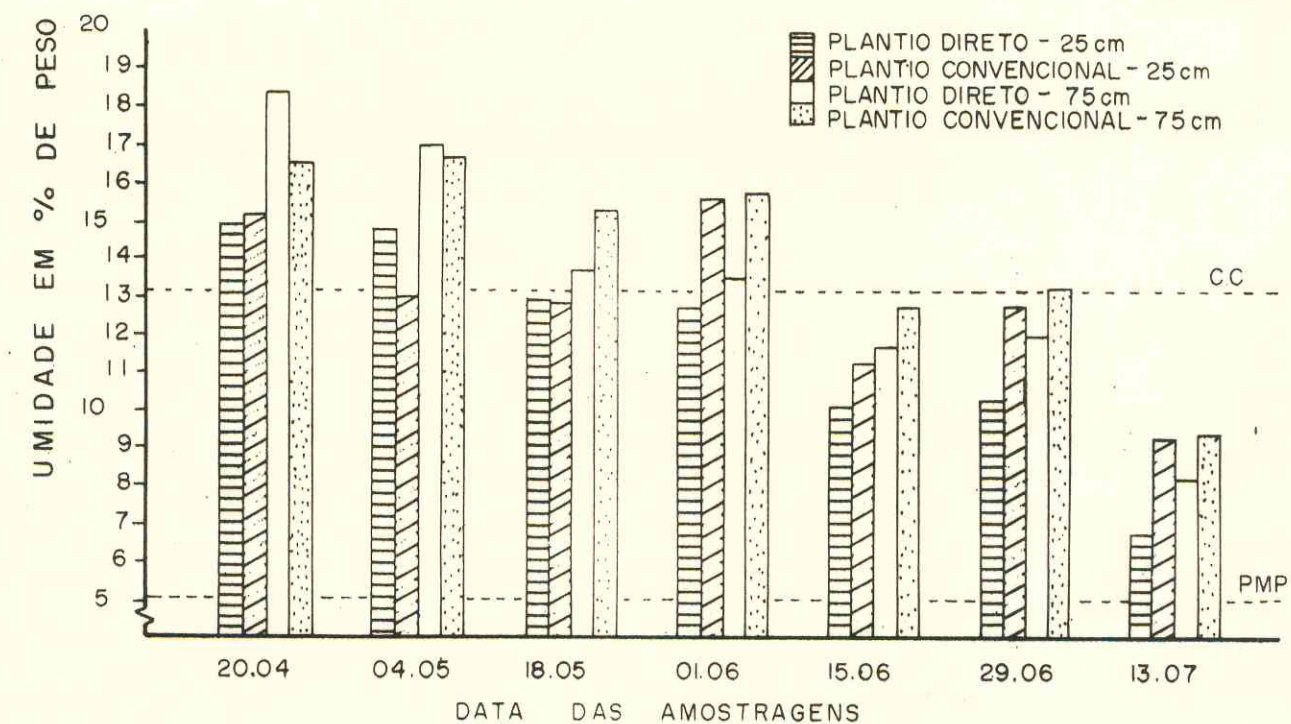


FIGURA 1. Variação da umidade em % de peso e a precipitação pluviométrica ocorrida no mês, nos sistemas de manejo, plantio direto e convencional, durante o período de 14.04.91 a 22.07.91.

neste sistema. Isto indica que houve maior eficiência da cultura no uso da umidade disponível, no sistema de plantio direto (CHAUDHARY & PRIHAR, 1974; OLSON & HORTON, 1975; LAL et al., 1980).

Na profundidade de 75cm a variação do teor de umidade no solo seguiu uma tendência semelhante à profundidade de 25cm, observando-se uma menor amplitude na variação do teor de água no solo entre os dois sistemas nesta profundidade, o que coincide com observações de VIEIRA (1981).

É válido acrescentar, ainda, que a decomposição dos resíduos, que conforme LAL et al. (1980), é bastante acentuada nos trópicos, foi neste experimento, bastante acelerada, tendo em vista a baixa relação C/N dos restos aplicados sobre o solo (milho aos 60 dias).

Esta foi a principal razão para a redução da taxa de cobertura após os 30 dias de aplicação e consequente diminuição de seus efeitos na manutenção da umidade na camada superficial do solo.

Para evitar este problema de redução na quantidade de resíduos e percentagem de cobertura por decomposição sugere-se que a utilização de resíduos mais velhos, com relação C/N alta, e quantidades acima dos 5.000 kg.ha⁻¹, utilizados neste trabalho, poderá aumentar ainda mais o potencial de benefícios que o plantio direto demonstrou neste estudo.

4.3 - Efeito dos sistemas de manejo sobre as características físicas.

O QUADRO 4 mostra o efeito dos sistemas de manejo estudados sobre as características do solo, observando-se que os dados de densidade do solo não mostram diferenças acentuadas entre o plantio direto e plantio convencional, indicando, provavelmente, que o tempo de estudo foi relativamente curto para que houvesse mudança nesta propriedade (BLEVINS et al., 1977; CHAVES, 1981).

Quanto à porosidade total, ocorreu o mesmo, isto é, uma tendência ao aumento da densidade do solo e correspondente diminuição da porosidade total após a mobilização do solo em ambos os sistemas de manejo. Esta variação foi menos pronunciada no sistema de plantio direto fazendo crer que face ao maior teor de matéria orgânica (QUADRO 4) encontrado neste sistema, seu emprego nos anos seguintes potencializaria mais esta vantagem relacionada com uma maior porosidade, influenciando de forma positiva todas as propriedades de interesse ao melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Estas observações coincidem com os resultados de FREIRE (1972); BAENA & DUTRA (1981); MACHADO et al. (1981); JORGE (1986) e CARPENEDO & MIELNICZUK (1990).

Ainda no QUADRO 4, encontramos a percentagem de

QUADRO 4. Características físicas da camada arável do solo antes e após a colheita nos sistemas de manejo do solo, plantio convencional e plantio direto.

Características físicas do solo	Antes do plantio	Após a colheita	
		P C(1)	P D(2)
Densidade do solo, g/cm ³	1,74	1,78	1,77
Porosidade total, %	34,2	32,0	32,3
Diâmetro dos agregados, %			
8,00 --- 2,00mm	79,38	52,10	66,27
2,00 --- 1,00mm	3,61	9,51	5,10
1,00 --- 0,50mm	2,83	7,34	3,60
0,50 --- 0,25mm	3,63	5,49	3,17
Matéria orgânica, %	0,58	0,61	0,71

(1) - Plantio convencional

(2) - Plantio direto

agregados estáveis em água, com diâmetro entre 8 e 0,25mm, para os sistemas plantio direto e convencional.

A comparação destes resultados com o apresentado pelo solo antes da execução dos dois sistemas indica que o preparo convencional reduziu a percentagem dos agregados de tamanho entre 8 - 2mm e aumentou a percentagem dos agregados menores, logicamente devido ao fracionamento causado pela aração e gradagem. O plantio direto também apresentou uma redução em relação a situação anterior, embora menor que o plantio convencional, quanto a percentagem de agregados com diâmetro entre 8 - 2mm, porém aumentou em relação as outras classes de tamanho. Neste caso a redução verificada em relação as classes maiores, ocorreu provavelmente em consequência da aração e gradagem que toda área experimental recebeu para efeito de uniformização e produção de restolhos a utilizar no plantio direto.

Comparando o plantio direto com o convencional, verifica-se que o primeiro apresentou maior percentagem de agregados, 66,27% contra 52,10%, na classe de tamanho 8 a 2mm, enquanto o plantio convencional apresentou maiores percentagens nas classes de tamanho menores, consequência do fracionamento por arado e grade.

A FIGURA 2 mostra os resultados do diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados para os dois sistemas de manejo.

O plantio direto apresentou DMP de 3,43mm, valor 17,8%

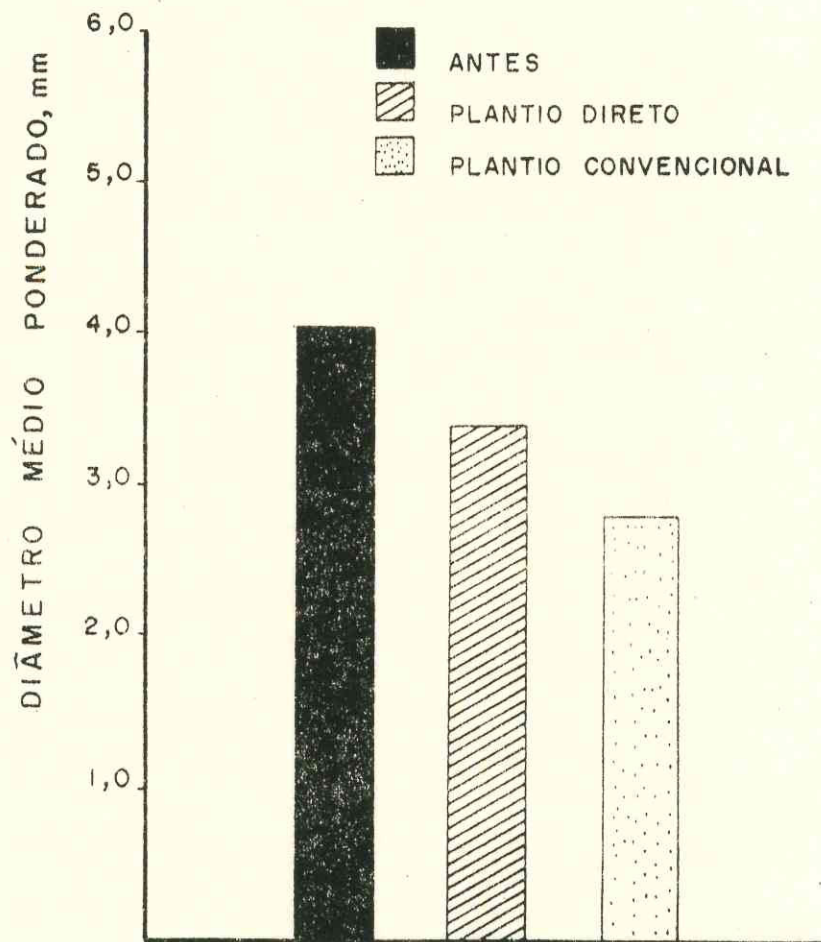


FIGURA 2. Diâmetro médio Ponderado dos agregados estáveis em água, antes e após o plantio direto e o plantio convencional.

superior ao plantio convencional, cujo índice DMP foi 2,82mm, evidenciando mais uma vez que os agregados de maior tamanho são fracionados pelo cultivo.

Comparando os resultados de plantio direto e plantio convencional com a situação anterior, que apresentou 4,05 de DMP para agregados, houve uma redução de 30% no DMP para o plantio convencional e de 15% para o plantio direto.

Considerando que ao lado do aumento da densidade do solo, e redução da porosidade e do teor de matéria orgânica, a redução do tamanho dos agregados é responsável pela degradação da estrutura do solo, redução das taxas de infiltração da água e do desenvolvimento das raízes (CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990) evidenciou-se neste estudo a vantagem que o plantio direto apresenta com relação ao preparo convencional, principalmente pela preservação da estrutura do solo através do controle da erosão, redução da mobilização do solo e constante reposição de matéria orgânica através dos restos. MARQUES & BERTONI (1961); RANZANI (1962); FREIRE (1972); LAL et al. (1980); SILVA & LOMBARDI NETO (1981).

Com relação a matéria orgânica observa-se um aumento no seu teor no solo, para o plantio direto, em relação a situação natural, anterior ao experimento, bem como em relação ao preparo convencional, devendo em consequência do acúmulo sucessivo de restos culturais, o plantio direto favorecer ainda mais o aumento do teor de matéria orgânica no

solo, e, conseqüentemente, acentuar estas diferenças, (QUADRO 4).

4.4 - Efeito dos sistemas de manejo na produtividade da cultura do milho.

A FIGURA 3 mostra que o plantio direto com Nitrogênio apresentou a maior altura média, (167cm) e que o plantio convencional sem N foi o tratamento com menor altura de plantas, (116cm). Em nível intermediário ficaram o plantio convencional adubado com nitrogênio, cuja altura média de plantas foi 142cm e plantio direto sem N com 123cm. A comparação estatística pelo teste de Tukey a 5% indicou que tanto o plantio direto quanto o convencional adubados com Nitrogênio, foram superiores aos mesmos sem N, embora não diferissem significativamente entre si. Vale ressaltar que as produções variaram em função da altura das plantas, ou seja, as maiores produções corresponderam sempre às maiores alturas das plantas.

Comparadas estatisticamente, as médias de produtividade do milho somente apresentaram diferença significativa na comparação entre plantio direto com nitrogênio e plantio convencional sem nitrogênio, justamente a maior e a menor produção, respectivamente, (QUADRO 5).

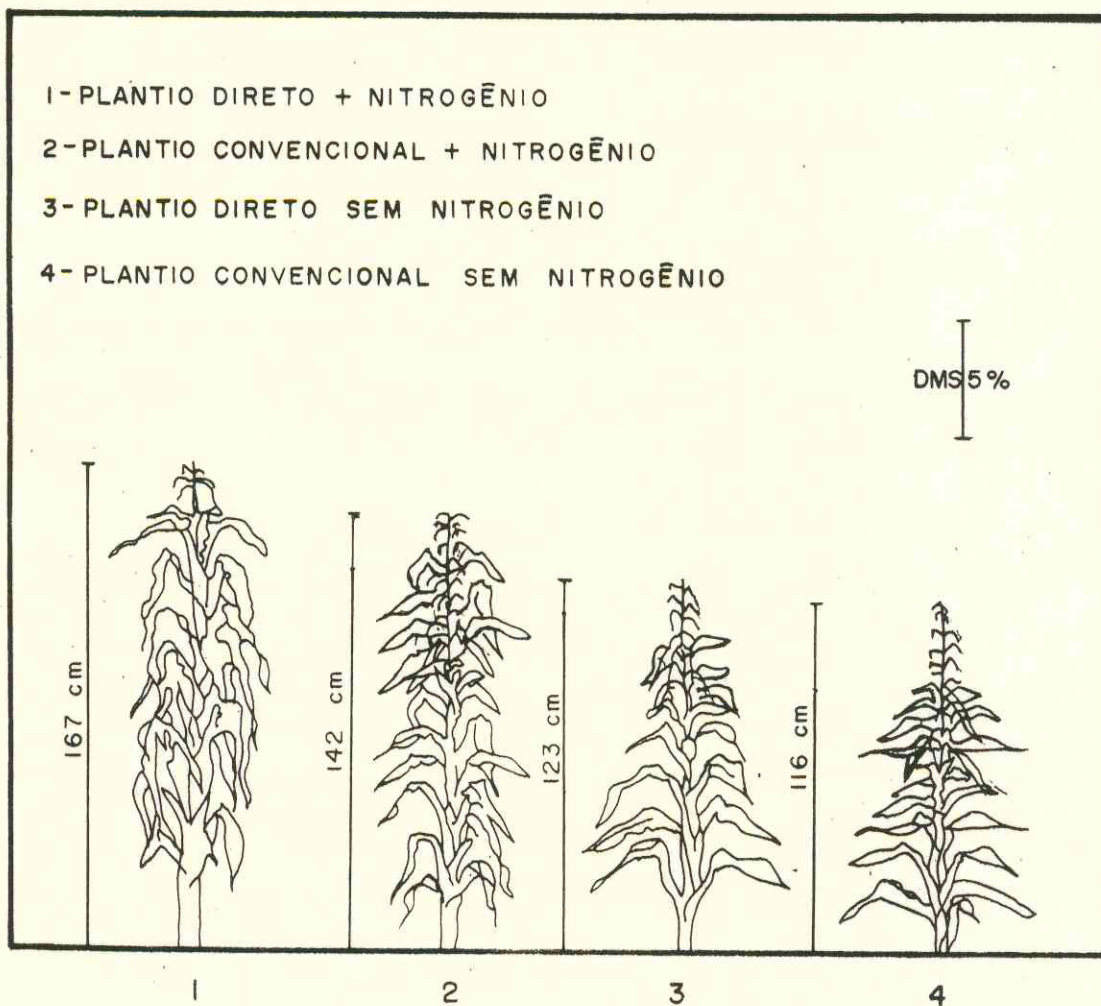


FIGURA 3. Altura média das plantas de milho (*Zea mays* L.) aos 90 dias da semeadura.

Do ponto de vista prático, a produção média de 2.120 kg/ha no plantio direto adubado com Nitrogênio, significa uma produção 3 vezes ou 300% superior a média cearense em 1988 de 701 kg/ha (BRASIL, 1990), e 2,3 vezes ou 231% superior ao plantio convencional também adubado com N.

A importância do nitrogênio no incremento da produção do milho em plantio direto e também convencional está claramente demonstrada com as maiores produções alcançadas pela cultura, nos dois sistemas em relação aos mesmos quando não adubados com o nutriente.

Com referência ao número de dias decorridos entre semeadura e a floração, este foi menor no plantio direto adubado com nitrogênio e praticamente não houve diferença entre os outros tratamentos, conforme mostrado no QUADRO 5, onde observa-se ainda um dado acessório para análise da produção, que reputamos importante: a relação percentual entre as espigas normais e espigas atrofiadas. Para a formação e desenvolvimento normal de espigas a cultura do milho necessita neste estágio de seu crescimento, estar provida de água suficiente e necessária ao processo (REICHARDT, 1987) . Os dados de umidade do solo, FIGURA 2 e precipitação indicam que justamente neste período, entre 01.06.91 a 29.06.91, os níveis de umidade foram os menores de todo o experimento. Certamente tal situação refletiu nos percentuais de espigas atrofiadas. Desta forma, observamos que o plantio direto com adubação nitrogenada foi o

QUADRO 5. Altura das plantas, número de dias para floração, percentagem de espigas atrofiadas e produtividade da cultura do milho em dois sistemas de manejo de solo, com e sem adubação nitrogenada.

Tratamentos	Dias para floração	Percentagem de espigas atrofiadas	Peso médio das espigas	Produtividade
	no	%	g	kg/ha
PD ⁽¹⁾ com N	57	39,3	81,5	2.120 a
PD sem N	64	52,6	43,7	1.026 a c
PC ⁽²⁾ com N	62	57,9	41,9	917 a c
PC sem N	64	73,2	26,9	510 b c

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

(1) - Plantio direto

(2) - Plantio convencional

tratamento que apresentou o maior número de espigas normais e o menor índice de espigas atrofiadas, 39,3% em média, seguido do plantio direto sem N, 52,6%, depois o plantio convencional com N, 57,9% e por último o plantio convencional sem N, cujo índice de espigas anormais foi 73,2%, o mais alto, portanto.

Esta análise reforça sobretudo a suposição de que o plantio direto promove uma maior eficiência do uso da água disponível e que o nitrogênio é sumamente necessário a obtenção de elevadas produções, visto que foram os fatores de diferenciação entre os tratamentos. (ROBINSON & MURPHY, 1972; DOREM JR. & TRIPLETT JR., 1973; THOMAS et al., 1973; ARNOLD, 1974; PERRY JR. & OLSON, 1975; LAL, 1979).

5 - CONCLUSÕES

Com base nas condições experimentais e resultados deste experimento, pode-se concluir que:

1 - O tipo de preparo do solo exerce influência nas perdas de solo e água por erosão, e a manutenção de restos de cultura, na forma de mulch, sobre a superfície do solo é um fator de controle destas perdas;

2 - O plantio direto foi mais eficaz que o plantio convencional no controle das perdas de solo e água, tendo reduzido em 90,12% as perdas de terra e em 21,18% as perdas de água em relação ao plantio convencional;

3 - O teor de umidade à 25cm e 75cm, foi na maior parte do ciclo da cultura do milho, superior no plantio convencional, porém o plantio direto apresentou maior eficiência no uso da água do solo, visto que as produções, neste, foram maiores;

4 - Apesar da tendência indicar maior altura de plantas no plantio direto, o teste de significância indicou

que a altura de plantas não diferiu estatisticamente entre o plantio direto e o convencional. Com referência ao número de dias decorridos entre o plantio e a floração este foi menor para o plantio direto;

5 - Em relação às condições anteriores à implantação dos sistemas de manejo, o plantio direto mostrou tendência a elevar o teor de matéria orgânica do solo, enquanto que o plantio convencional não afetou este parâmetro;

6 - Com relação as características físicas do solo, os sistemas de manejo, plantio direto e convencional apresentaram comportamento semelhante quanto à densidade aparente e porosidade total, porém a estrutura do solo, avaliada pelo diâmetro médio ponderado sofreu menos degradação no plantio direto que no convencional;

7 - A adubação nitrogenada constituiu-se em um fator de elevação da produção, tendo neste caso contribuído para que ambos os sistemas, quando adubados com nitrogênio, apresentassem maiores alturas de plantas e produções superiores aos mesmos sem adubação nitrogenada e

8 - É necessário o prosseguimento destes estudos, com variações nas quantidades de resíduos, adubação nitrogenada e época de semeadura do plantio direto, para assim avaliar

melhor o efeito do sistema de manejo na umidade do solo, produção e produtividade, porosidade total e densidade aparente, e dada a importância da cultura do milho no Estado, por ser o plantio direto inédito no Ceará, e considerando os substanciais benefícios observados neste estudo, com relação à conservação do solo e água, o teste foi oportuno e seu desenvolvimento deverá continuar.

6 - LITERATURA CITADA

ARNOLD, J.M.; JOSEPHSON, L.M.; PARKS, W.L. & KINCER, H.C.
Influence of nitrogen, phosphorus, and potassium
application on stalk quality characteristics and yield of
corn. Agronomy Journal, Madison, 66(5):605-608, 1974.

BAENA, A.R.C. & DUTRA, S. Densidade aparente e porosidade
do solo no desenvolvimento do milho. Belém, EMBRAPA -
CPATU, 1979. 11p. (Comunicado técnico 24)

BAENA, A.R.C. Efeito de diferentes sistemas de cultivos
nas propriedades físicas e produtividade do solo. Belém,
EMBRAPA - CPTU, 1985. 22p.

BANDEL, V.A.; DIZIENIA, S.; STANFORD, G. & LEGG, J.O. N
behavior under no-till vs conventional corn culture. I
first-year results using unlabeled N fertilizer. Agronomy
Journal, Madison, 67(6):782-786, 1975.

BENATTI JR, R; FRANÇA, G.V. & MOREIRA, C.A. Manejo
convencional e reduzido em quatro tipos de solo na
cultura do milho em São Paulo. Campinas, Fundação

Cargill, 1983. 96p.

BENNETT, O.L.; MATHIAS, E.L. & LUNDBERG, P.E. Crop responses to no-till management practices on Hilly terrain. Agronomy Journal, Madison, 65(3):488-491, 1973.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI JR, R. Equação de perdas de solo. Campinas, Instituto Agronômico, 1975. 25p. (Boletim técnico, 21)

BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F. & BENATTI JR, R. Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo, no Instituto Agronômico, Campinas IAC, 1986. 57p. (Circular 20)

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W. & CORNELIUS, P.L. Influence of no tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. Agronomy Journal, Madison, 69(3):383-386, 1977.

BISCAIA, R.C.M. Influência da intensidade de movimentação do solo no processo erosivo, com uso do simulador de chuva, em Latossolo Vermelho escuro dos campos gerais, no Paraná. In: Encontro Nacional de Pesq. Sobre Cons. do Solo, 2, Passo Fundo, 1978. p. 271-280.

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO, Fortaleza, v.22, nº 99,

Jul/dez. 1988.

BRASIL, IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1990. v.50, p. 1-784.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolo roxo, submetido a diferentes sistemas de manejo. R. bras. Ci. Solo. Campinas, 14(1) : 99-105, 1990.

CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas do manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. R. bras. de Ci. do Solo, Campinas, 14:227-234, 1990.

CASTRO, O.M. Preparo do solo para a cultura do milho. Campinas, Fundação Cargill, 1989. 41p. (Série técnica, 3)

CHAUDHARY, M.R. & PRIHAR, S.S. Root development and growth response of corn following mulching, cultivation, or interrow compaction. Agronomy Journal, Madison, 66(3):350-355, 1974.

CHAVES, R.S. Sistemas de preparo do solo para milho em relação a estrutura do solo, densidade aparente e

porosidade total. Belém, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1981. 13p. (Informe técnico 3)

COELHO, M.A. & MOTA, F.O.B. Regimes hídrico e térmico de solos do Estado do Ceará. I - Podzólico Vermelho-Amarelo, equivalente eutrófico, do município de Fortaleza. Ciência Agronômica. Fortaleza, 8 (1/2):3-8, 1978.

COELHO, M.A. Caracterização físico-hídrica de solo Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente eutrófico. Ciência Agronômica. Fortaleza, 14 (1/2):55-59, 1983.

COELHO, M.A. & SILVA, J.R.C. Regime hídrico do solo. Ciência Agronômica, Fortaleza, 14 (1/2):47-53, 1983.

DOREM JR, D.M. van ; TRIPLETT JR, G.B. Mulch and tillage relationships in corn culture. Soil Sci, Las Vegas, 37(5):766-769, 1973.

DUQUE, J.G. Apreciações sobre os solos do Nordeste. Conservação da fertilidade e economia da água. Boletim Geográfico, Rio de Janeiro 8(3):1033-1071, 1950.

ELTZ, F.L.F.; SCOPEL, I.; CASSOL, E.A. & 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 Pesq. Sobre Cons. do solo, 3, Recife, 1981. p.305-307.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. & 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(2):245-249, 1984.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, SNLS, 1979. 247p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Contribuição da física do solo aos estudos sobre manejo e conservação do solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1983. 23 p. (Documento 6)

FINK, J.R. & WESLEY, D. Corn yield as affected by fertilization and tillage system. Agronomy Journal, Madison, 66(1):70-71, 1974.

FREIRE, W.J. O efeito do preparo sobre a agregação do solo. Engenharia Agrícola, 1(1):25-30, 1972.

HARROLD, L.L. Efeito de sistemas de preparo reduzido do solo

sobre a erosão causada pelas águas. In: Plantio direto no Brasil, Campinas, Fundação Cargill, 1984. p.93-108.

HAROLLD, L.L. & EDWARDS, W.M. Um teste rigoroso do comportamento do plantio direto do milho numa tempestade com forte chuva. In: Plantio direto no Brasil, Campinas, Fundação Cargill, 1984. p.109-111.

JACOMINE, P.K.T; ALMEIDA, J.C. & MEDEIROS, L.A.R. Levantamento exploratório : reconhecimento de solos do estado do Ceará. Recife, Ministério de Agricultura/Divisão de Pesquisa pedológica, 1973. V.1,

JORGE, J.A. Compactação do solo: Causas, consequências e maneiras de evitar sua ocorrência, Campinas, IAC, 1986, 22p. (Circular técnica 117).

KANG, B.T. & YUNUSA, M. Effect of tillage methods and phosphorus fertilization on maize in the humid tropics. Agronomy Journal, Madison, 69(2):291-294, 1977.

LAL, K.R. Influence of six years of no tillage and conventional plowing on fertilizer response of maize, an Alfisol in the tropics. Soil Sci, Fort Collis, 43(2):399-402, 1979.

- LAL, K.R.; VLEESCHAUWER, D. & NGANJE, R.M. Changes in properties of a newly cleared tropical alfisol as affected by mulching. Soil. Sci. Soc. Am. J., Detroit, 44(4):827-833, 1980.
- LATTANZI, A.R.; MEYER, L.D. & BAUGARDNER, M.F. Influence of mulch rate and slope steepness on interrill erosion. Soil Sci. Soc. Am. P., Knoxville, 38(6):946-950, 1974.
- LEVIEN, R.; COGO, N.P. & ROCKENBACH, C.A. Erosão na cultura do milho em diferentes sistemas de cultivo anterior e métodos de preparo do solo. R. bras. de Ci. do Solo, Campinas, 14(1):73-80, 1990.
- LEPRUN, J.C. Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste Brasileiro (1982-1983), Recife, SUDENE - O.R.S.T.O.M., 1983. 280p.
- LINDSTRON, M.J.; KOEHCER, F.E. & PAPENDICK, R.I. Tillage effects on fallow water storage in the Eastern Washington dryland region. Agronomy Journal, Madison, 66(2):312-315, 1974.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. & BENATTI JR, R. Manejo de solo e dos restos culturais do milho e as perdas por erosão. Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 15,

Campinas, 1976. p. 537-540.

LOMBARDI NETO, F.; MARIA, I.C.; CASTRO, D.M.; DECHEN, S.C.F.
& VIEIRA, S.R. Efeito da quantidade de resíduos culturais
de milho nas perdas de solo e água. R. bras. Ci. Solo,
Campinas, 12(1):71-75, 1988.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Eficácia relativa de
tipos e quantidade de resíduos culturais espalhados
uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica.
R. bras. Ci. Solo, Campinas, 11:71-75, 1987.

MACHADO, J.A.; SOUZA, D.M.P. & BRUN, A.C.R. Efeitos de anos
de cultivo convencional em propriedades físicas do solo.
R. bras. Ci. Solo, Campinas, 5(3):187-189, 1981.

MARQUES, J.Q.A.; BERTONI, J. Sistemas de preparo do solo em
relação a produção e a erosão. Bragantia, Campinas,
20(9):403-459, 1961.

MAZUCHOWSKI, J.Z.; DERPSCH, R. Guia de preparo do solo para
culturas anuais mecanizadas, Curitiba, A.C.A.R.P.A.,
1984. 68p.

MELLO NETO, A.V.; ANDRADE, J.E.P. & SILVA, A.B. Sistemas
de preparo do solo e as perdas por erosão em solo

Litólico Eutrófico do campo experimental de Caruarú - PE.
Encontro Nacional de Pesq. sobre Cons. do solo, 3,
Recife, 1981. p.375-376.

MOCK, J.J. & ERBACH, D.C. Influence of
conservation-tillage environments on growth and
productivity of corn. Agronomy Journal, Madison,
69(3):337-340, 1977.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto,
comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada
arável do solo. R. bras. Ci. Solo, Campinas, 1(7):95-102,
1983.

NELSON, L.R.; GALLAHER, R. N.; BRUCE, R.R. & HOLMES, M.R.
Production of corn and sorghum in double-cropping
systems. Agronomy Journal, Madison, 69(1):41-45, 1977.

NUNES FILHO, J.; SOUZA, A.R.; MAFRA, R.C. & JAQUES, F.O.
Efeito do preparo do solo sobre as perdas por erosão e
produção do milho num Podzólico Vermelho-Amarelo
Eutrófico de Serra Talhada (PE). R. Bras. Ci. Solo,
Campinas, 11:183-186, 1987.

OLIVEIRA, J.B. & SILVA, J.R.C. Efeito do manejo de solo na
erosão do Podzólico Vermelho-Amarelo equivalente

Eutrófico e Planossolo Solódico da microregião homogênea
68 do Ceará. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 6:231-235,
1982.

OLSON, T.C. & HORTON, M.L. Influences of early, delayed,
and no mulch residue management on corn production. Soil
Sci. Soc. Am. P., Knoxville, 39(2):352-356, 1975.

PERRY JR, L.J. & OLSON, R.A. Yield and quality of corn and
grain sorghum grain and residues as influenced by
fertilization. Agronomy Journal, Madison, 67(6):816-s818,
1975.

RANZANI, G.; FREIRE, O.; KIEHL, E.J.; CESAR, C.M. & SILVA,
J.G. Influência da cobertura morta sobre a estrutura do
solo. Revista de Agricultura, 37:217-225, 1962.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. Piracicaba,
Editora Manole, 1987. 188p.

ROBINSON. D.L. & MURPHY, L.S. Influence of nitrogen,
phosphorus and population yield and quality of forrage
corn. Agronomy Journal, Madison, 64(3):349-351, 1972.

SEGUY, L.; KLUTHOVSKI, J.; SILVA, J.G.; BLUSMENCHEIN, F.N.
& DALLACQUA, F.M. Técnicas de preparo do solo; Efeitos na

fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1984. 25p. (Circular técnica 17)

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R. & MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 7(1):103-106, 1983.

SIDIRAS, N.; ROTH, C. & FARIAS, G.S. Efeito da intensidade de chuva na desagregação por impacto de gotas em três sistemas de preparo do solo. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 8(2):251-254, 1984.

SILVA, I.R. & LOMBARDI NETO, F. Manejo dos restos culturais do milho e as perdas por erosão em latossolo roxo. Encontro Nacional de Pesq. sobre Cons. do Solo, 3., Recife, 1981. p.360-367.

SILVA, J.R.C.; COELHO, M.A.; MOREIRA, E.G.S. & NETO, P.R.O. Efeito da erosão na produtividade de dois solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo. Ciência Agrônoma, Fortaleza, 16:55-63, 1985.

SILVA, J.R.C. A conservationist approach for Brazilian soils

using a Geographic Information System. Cornell University, Ithaca, 1990. 280p. (Dissertação de PhD)

SILVA, J.R.C. Uso da equação universal de perdas de solo no sistema internacional de unidades e métodos de determinação das perdas por erosão e seu controle no Ceará. Boletim Técnico Científico CCA, Universidade Federal do Ceará, 1991. Série Solos , 2. (no prelo).

SINGER, M. J. & BLACKARD, J. Evaluation of wild oat straw as a soil erosion retardant using simulated rainfall. Agronomy Journal, Madison, 69(5):811-814, 1977.

SOBRINHO, J.A. & ARRUDA, H.V. Efeito do preparo do solo na produção do milho. Bragantia, Campinas, 19(14):215-219, 1960.

SOUSA, R.L.P.; FREITAS, P.L.; MADEIRA NETO, J.S. & SOBRAL FILHO, R.M. Estudo preliminar de plantio direto de milho (*Zea mays* L.) no Estado do Rio de Janeiro. Encontro Nacional de Pesq. Sobre Cons. do Solo, 3., Recife, 1981. p. 289-300.

THOMAS, G.W.; BLEVINS, R.L.; PHILLIPS, R.E. & MACMAHON, M.A. Effect of a killed soil mulch on nitrate movement

and corn yield. Agronomy Journal, Madison, 65(5):736-739, 1973.

UNGER, P.W. Surface residue, water application, and soil texture effects on water accumulation. Soil Sci., Houston, 40(2):298-300, 1976.

VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In: Plantio Direto no Estado do Paraná, Londrina, 1981. p.19-32.

VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.163-179.

ZAFFARONI, E.; BARROS, H.H.A.; NOBREGA, J.A.M.; LACERDA, J.T. & SOUZA, 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. de Ci. do Solo, Campinas, 15(1):99-104, 1991.

Apêndice 1 - Cálculo do fator R da Equação Universal de Perdas de Solo. Programa para calculadora científica HP - 20S.

CÁLCULO DO FATOR R DA EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO:

PROGRAMA PARA CALCULADORA CIENTÍFICA HP - 20S *

José Ronaldo Coelho Silva **

Teclas	Visor	Descrição
0.0873	0.0873	Entra esta constante
STO 2	0.0873	Armazena esta constante
0.119	0.119	Entra esta constante
STO 3	0.119	Armazena esta constante
(prgm	00	Entra no modo PRGM (Anúncio ativo)
) clprgm	00	Apaga a memória de programa
> lbl A	01 61 41 A	Rotula de A esta rotina de programa de cálculo da intensidade (mm/h) do segmento de chuva de declividade uniforme
RCL 0	02 22 0	Recupera mm da chuva
x	03 55	Multiplica ...
6	04 6	
0	05 0	... por 60
:	06 45	Divide
RCL 1	07 22 1	... por min recuperado
=	08 74	Intensidade
RS	09 26	Mostra a Intensidade no visor durante a execução
LBL B	10 61 41 B	Rotula de B esta rotina de cálculo

da energia cinética parcial

< log	11 51 13	Logaritmo da Intensidade
x	12 55	Multiplica...
RCL 2	13 22 2	... pela constante 0.0873 recuperada
=	14 74	
+	15 75	
RCL 3	16 22 3	Soma a constante 0.119
=	17 74	
x	18 55	Multiplica ...
RCL 0	19 22 0	... por mm da chuva em análise
=	20 74	Energia Cinética parcial
RS	21 26	Mostra o resultado no visor durante a execução
LBL C	22 61 41 C	Rotula de C esta rotina de armazenamento da Energia Cinética parcial
+	23 16	Acumula a Energia Cinética parcial
RS	24 26	Mostra o número de ordem crescente acumulado da Energia Cinética Parcial
RTN	25 61 26	Coloca o programa na linha 00 de forma a aceitar nova entrada de dados de mm e minutos

EXECUÇÃO

<	PRGM	Sai do modo PRGM
>	CL +	Limpa a memória de dados da energia da chuva anterior
mm	STO 0	Entra o número de mm do segmento de chuva de intensidade uniforme
min	STO 1	Entra o número de minutos do segmento de intensidade uniforme
XEQ A		Mostra no visor a INTENSIDADE (mm/hora)
XEQ B		Mostra no visor a ENERGIA CINÉTICA PARCIAL (MJ.mm/ha.h)
XEQ C		Mostra no visor o número de ordem da energia acumulada sinalizando a entrada de dados de mm e minutos do segmento de chuva seguinte.

Após repetir esta execução tantas vezes quantos segmentos de chuva existirem entrar com a instrução: RCL 5 x I30. Mostra no visor o somatório de todas as energias cinéticas acumuladas, multiplica pela Intensidade Máxima em 30 minutos que deverá ser introduzida e calcula a EROSIVIDADE desta chuva mostrando no visor estes três parâmetros nesta ordem de sequência.

Exemplo: Chuva com dois segmentos de intensidade uniforme:
6 mm em 9 minutos e 10 mm em 6 minutos.

Entrar:) CL + , 6 STO 0, 9 STO 1, XEQ A, XEQ B, XEQ C

Obter no visor: 40.0000 mm/hora, 1.5532 MJ.mm/ha.h e 1.0000

Entrar: 10 STO 0, 6 STO 1, XEQ A, XEQ B, XEQ C

Obter no visor: 100,0000 mm/hora, 2.9360 MJ.mm/ha.h e 3.0000

Entrar RCL 5 x 20 = Obter no visor: 4.4892, 20.0000 e
89.7832 nesta ordem representando a ENERGIA CINÉTICA TOTAL
DA CHUVA, INTENSIDADE MÁXIMA EM 30 MINUTOS E EROSIVIDADE DA
CHUVA EM ANÁLISE.

* Trabalho em andamento para publicação na revista Ciência
Agrônômica

** Professor Adjunto 4 do Depto. de Ciência do Solo - UFC,
Pesquisador Bolsista do CNPq.

Apêndice 2 - Relação das chuvas erosivas e perdas de solo e água em dois sistemas de manejo de solo, plantio direto e plantio convencional, ocorridas no período de 14.04.91 a 22.07.91, em Podzólico Vermelho-Amarelo Eutrófico.

APENDICE 2 . Relação das chuvas erosivas e perdas de solo e água em dois sistemas de manejo de solo, plantio direto e plantio convencional, ocorridas no período de 14.04.91 a 22.08.91, em podzólico vermelho-amarelo eutrófico⁽¹⁾, situado em Fortaleza, Ceará.

Dia	Chuvas				Perdas por erosão							
	Altura	Intensidade		EI ₃₀	Solo		Água					
		I ₃₀ ⁽²⁾	I _{MAX} ⁽³⁾		P D ⁽⁵⁾	P C ⁽⁶⁾	P D		P C			
							-----	-----	-----	-----		
	mm	-----	mm/h	-----	MJ.mm/ha.h	-----	t/ha	-----	mm	% ⁽⁴⁾	mm	% ⁽⁴⁾
17.04	13,0	9,6	32,4	27,0	0,04	0,16	0,72	5,54	2,35	18,07		
23.04	14,4	16,6	36,0	30,6	0,18	0,44	2,53	17,56	9,93	68,94		
26.04	26,4	24,2	59,1	76,0								
	17,6	9,0	51,0	18,8	0,59	2,24	35,6	80,90	15,00	34,10		
27.04	26,4	47,0	117,0	324,8	0,60	8,38	30,6	94,51	31,90	98,46		
29.04	81,9	37,0	100,2	813,2								
	24,5	20,0	31,1	289,4	1,14	14,50	101,68	67,83	112,3	74,92		
04.05	13,2	11,0	78,0	31,9								
	8,4	5,0	6,0	6,9								
	9,3	11,6	30,0	23,2								
	13,2	10,2	42,0	28,1	0,28	2,38	2,89	6,53	10,92	24,64		
10.05	23,3	27,2	60,0	75,4	0,03	0,61	0,69	2,97	2,89	12,40		
15.05	9,4	34,0	18,6	20,8	0,03	0,65	1,48	15,77	2,56	27,22		
16.05	7,8	6,8	15,0	6,3	0,00	0,06	0,25	3,18	1,23	15,71		
20.05	6,4	3,2	39,0	2,4	0,02	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00		
27.05	14,7	6,4	26,0	17,4								
	21,9	13,8	136,0	77,7	0,07	0,67	3,04	8,30	27,01	73,80		
07.06	29,6	18,4	100,0	223,5	0,04	0,42	3,42	11,57	3,78	12,78		
21.06	19,5	27,0	24,0	62,7	0,02	0,24	0,82	4,21	11,56	59,27		
28.06	12,0	11,2	42,0	16,0	0,01	0,08	0,04	0,32	1,72	14,34		
Total	392,9	----	----	2172,1	3,05	30,87	183,76	----	233,15	----		

1) - Parcelas situadas em declividade média de 3%; (2) - Intensidade em 30 minutos; (3) - Intensidade máxima

4) - Percentual em relação a chuva caída; (5) - Plantio direto; (6) - Plantio convencional.