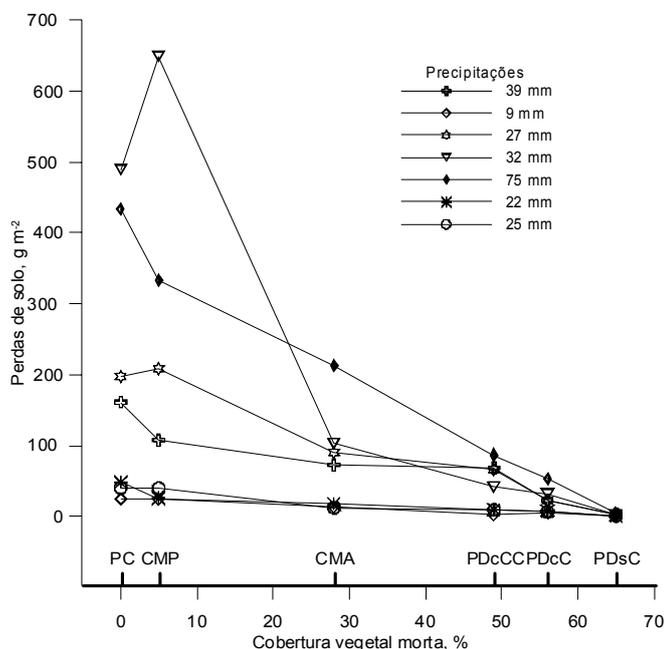
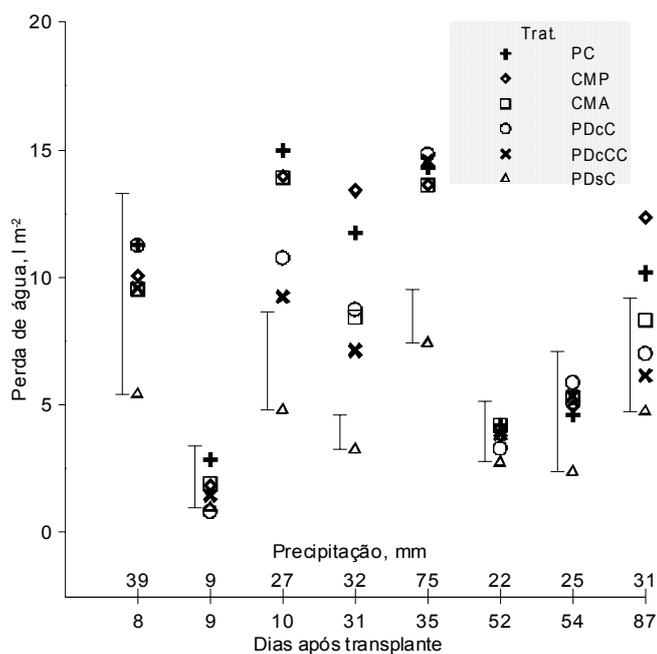


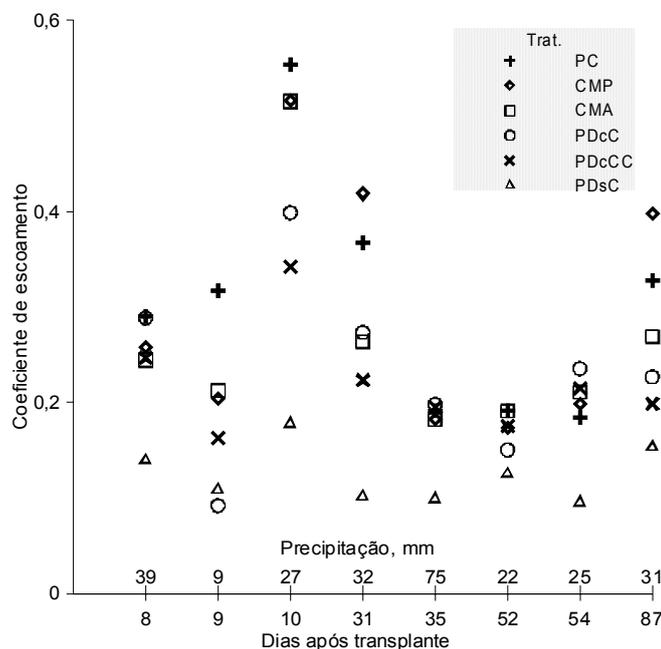
**Figura 18-** Perda de solo em diferentes sistemas de manejo e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias nas diferentes precipitações pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.



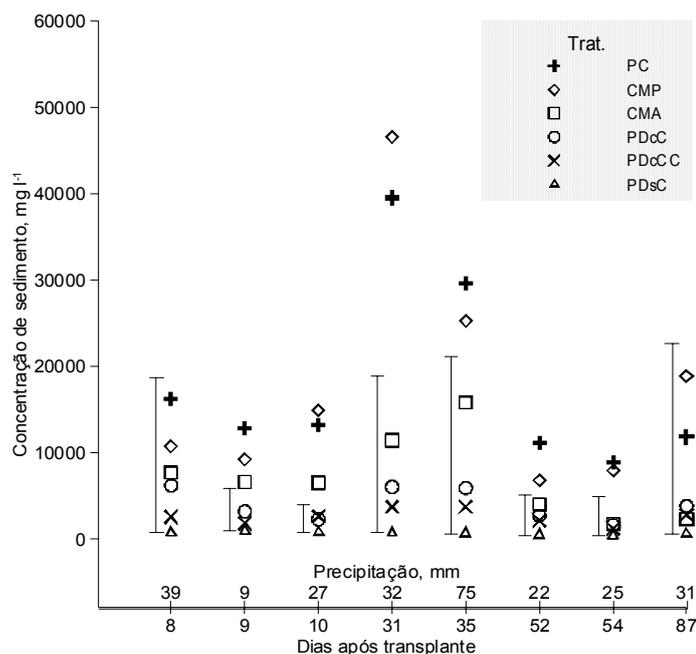
**Figura 19-** Perda de solo em diferentes tratamentos de acordo com grau de cobertura vegetal morta em diferentes precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão.



**Figura 20-** Perda de água nos diferentes tratamentos e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias nas diferentes precipitações pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.



**Figura 21-** Coeficiente de escoamento em diferentes manejos do solo e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão.



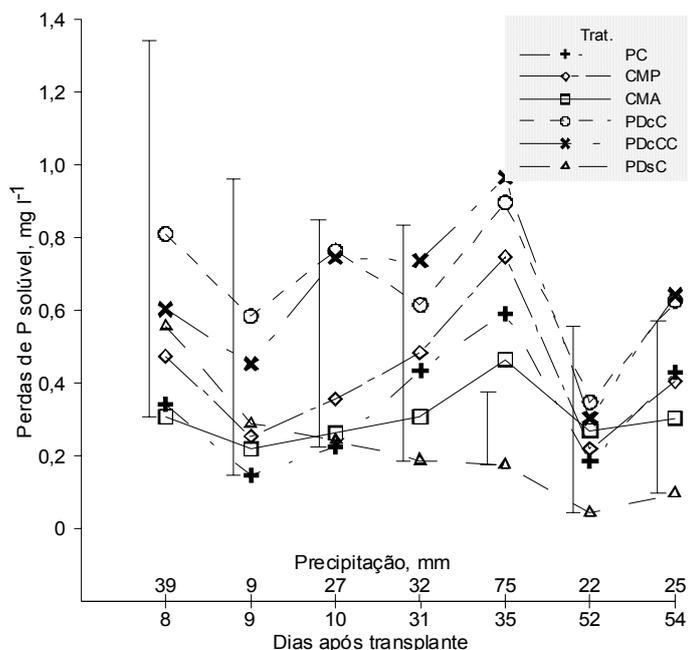
**Figura 22-** Concentração de sedimento em diferentes manejos do solo e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias nas diferentes precipitações pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.

### 6.3.2 Perdas de Fósforo (P) e Potássio (K)

As perdas de P e K solúvel apresentaram comportamentos diferentes, sendo dependentes da dinâmica de cada elemento no solo. O elemento P possui adsorção específica com óxidos de ferro e alumínio, por isso possui pouca mobilidade no solo. Neste trabalho, as perdas de P aumentaram com a quantidade de chuva precipitada, ficando claro que a maior parte das perdas ocorreu através do escoamento superficial, principalmente ligado às frações mais reativas do solo, que são as argilas e a matéria orgânica. De acordo com Sharpley et al. (1992), as quantidades e as formas de fósforo transferidas variam de evento para evento pluvial, por causa das variações sazonais das chuvas em intensidade e duração, do intervalo de tempo entre os eventos, do estágio de cultivo e do grau de cobertura vegetal do solo, entre outros.

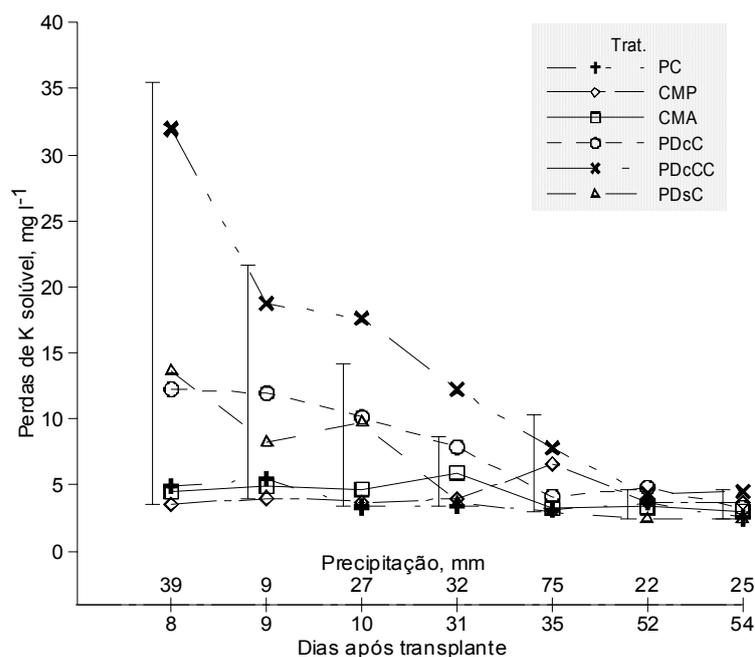
Nas sete chuvas analisadas, as perdas de P somente diferiram aos 35 e 54 DAT (Figura 23). Aos 35 DAT, houve grande diferença entre tratamentos, tendo o comportamento similar às perdas de água. A concentração de P solúvel

na água escoada foi maior nos sistemas de plantio direto com camalhão, pois a adubação de base foi aplicada em menor profundidade. Na maioria das chuvas não houve diferença estatística em função do elevado coeficiente de variação, por causa do pequeno número de repetições.



**Figura 23-** Perdas de fósforo solúvel nos diferentes tratamentos e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias nas diferentes precipitações pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.

A concentração de K dissolvido na água do escoamento tendeu a diminuir durante o ciclo, independentemente das quantidades precipitadas e do volume de água escoado (figura 24 e 20). Nos tratamentos com revolvimento total ou parcial de solo (PC, CMP e CMA) e adubação no camalhão a concentração de K manteve-se em torno de 5 mg l<sup>-1</sup>, mesmo com precipitações diferentes, levando a concluir que o posicionamento da adubação interferiu diretamente na quantidade de nutrientes perdidos.

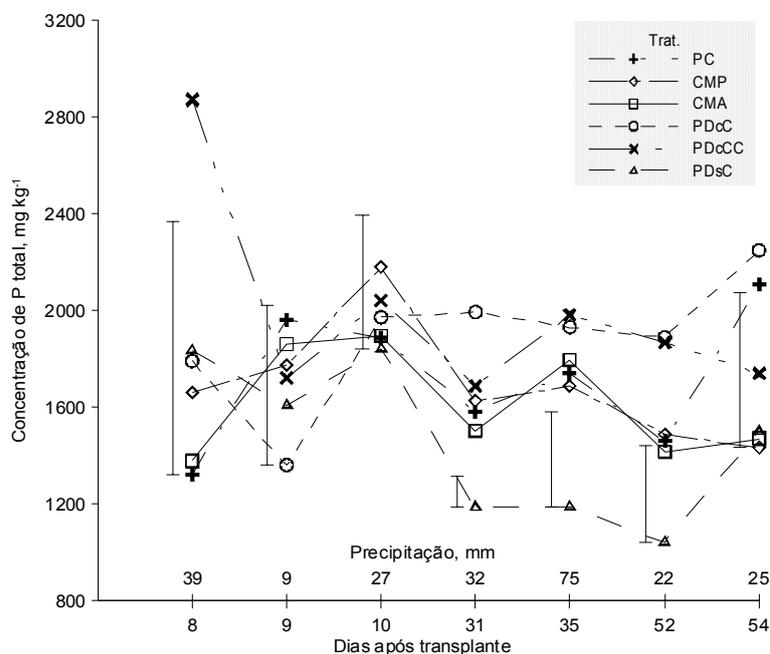


**Figura 24-** Perdas de potássio solúvel nos diferentes tratamentos e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias nas diferentes precipitações pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.

Por outro lado, as perdas totais de P e K foram dependentes da quantidade de sedimento perdido. Segundo Schick et al. (2000) e Seganfredo et al. (1997), a concentração e a qualidade do sedimento estão relacionadas com as fertilizações e a seletividade da erosão, que arrasta a fração mais fina e rica do solo.

A concentração de P total apresentou diferença em cinco das sete chuvas analisadas. No primeiro evento, aos 8 DAT, os plantios diretos tiveram as maiores perdas, mas somente o PDcCC diferiu apresentando perdas duas vezes maiores que o PC e o CMA. Nas duas chuvas que ocorreram consecutivamente as perdas de P total não apresentaram diferença e houve uma inversão de seqüência não havendo tendência nas perdas (figura 25). Aos 31 e 35 DAT o tratamento PDsC diferiu dos demais e seguiu tendo as menores perdas, possivelmente devido às pequenas perdas de solo e por apresentar o sedimento menos reativo, como também pode ser observado no menor conteúdo de P solúvel do material em suspensão (Figura 23). No geral, as perdas nos tratamentos PDcC e PDcCC, nas últimas quatro chuvas foram maiores, motivada pela aplicação mais superficial da

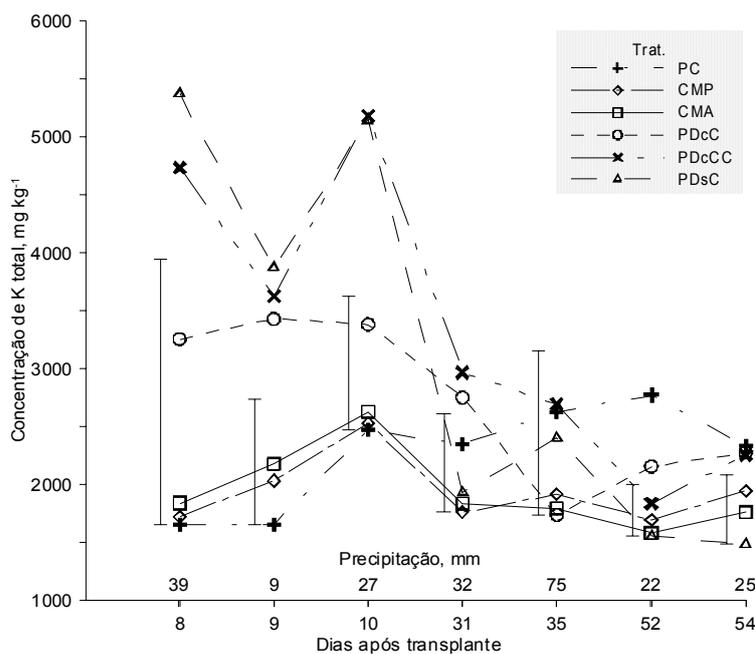
adubação de base, mas principalmente pelo aumento das perdas de sedimento comparativamente às do PDsC.



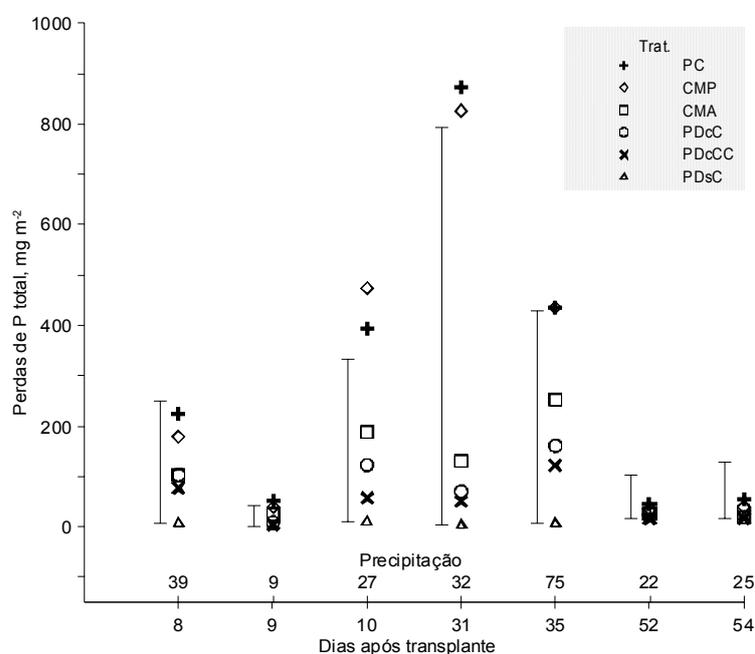
**Figura 25-** Concentração de fósforo total no sedimento, nos diferentes tratamentos e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias nas diferentes precipitações pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.

A concentração de K total apresentou diferença significativa em quase todas as chuvas analisadas, dos plantios diretos para com os preparos mais intensos (figura 26). As maiores perdas foram detectadas nas três primeiras chuvas, em função da alta solubilidade, grande quantidade aplicada do fertilizante e, principalmente, o posicionamento da adubação.

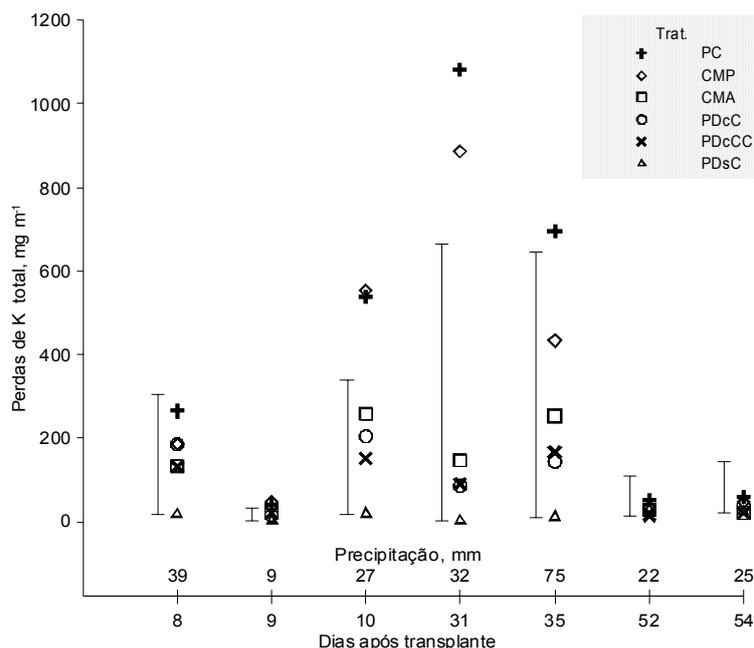
As perdas de P e K total foram minimizadas com o aumento do grau de cobertura e diminuição do revolvimento, como pode ser observado nos tratamentos (figuras 27 e 28), pois a magnitude das perdas dos nutrientes esteve na quantidade de solo perdido. Como consequência, haverá redução na capacidade produtiva do solo, em médio e longo prazo, necessitando maiores aplicações de fertilizantes para compensar as perdas.



**Figura 26-** Concentração de potássio total no sedimento, nos diferentes tratamentos e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias nas diferentes precipitações pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.



**Figura 27-** Perdas de fósforo total por área nos diferentes tratamentos e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias nas diferentes precipitações pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.



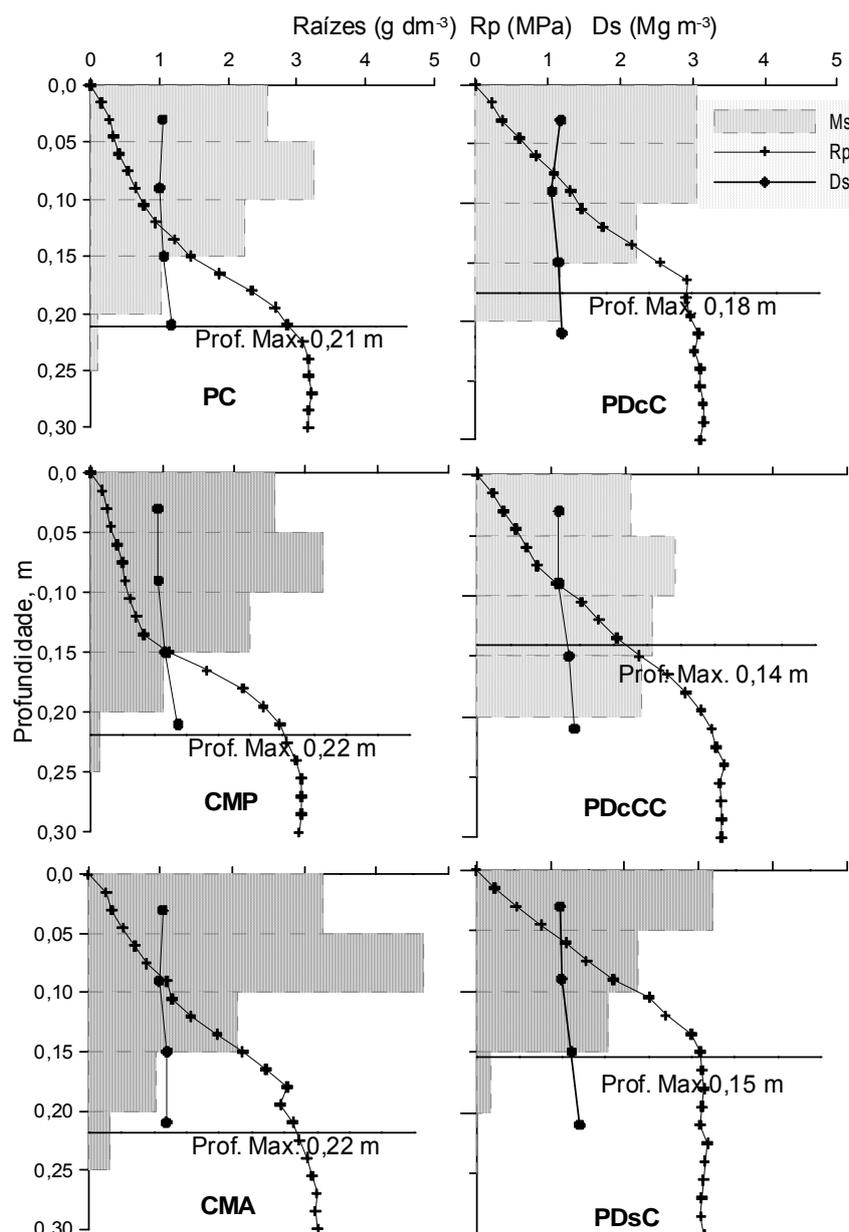
**Figura 28-** Perdas de potássio total por área nos diferentes tratamentos e precipitações. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias nas diferentes precipitações pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.

#### 6.4 Impedimentos ao crescimento radicular da cultura do fumo

Os diferentes sistemas de manejos do solo alteraram as condições físicas e químicas do solo e, conseqüentemente o ambiente para o desenvolvimento radicular.

A resistência à penetração ( $R_p$ ) foi o fator que mais determinou a profundidade máxima, a quantidade e a distribuição das raízes (figuras 29, 31 e 32). Nos manejos PC e CMP, a curva de  $R_p$  do solo apresentou maior sinuosidade na curva, com rápido aumento a partir de 0,15 m, diferentemente dos demais, onde o aumento foi praticamente linear (figura 29). Vepraskas & Miner (1985) sugerem um valor médio de índice de cone de 2,8 MPa, pois após a subsolagem houve aumento de concentração de raízes em profundidade. Situação similar foi verificada neste trabalho, onde o valor de 3 MPa coincidiu com a profundidade máxima de penetração e com mínima presença de raízes, determinada pela massa seca por volume de solo, assim como a redução da

massa de raízes com o aumento da Rp (figura 29). No PDsC, o valor de 3 MPa foi atingido antes dos 0,15 m, devido à não utilização do camalhão, pois as raízes encontravam uma camada de rochas em estado inicial de decomposição, que impedia a penetração radicular. Os plantios diretos foram os que tiveram menor desenvolvimento de raízes em profundidade, não ultrapassando a profundidade de 0,20 m.



**Figura 29-** Massa seca de raízes por volume de solo (Ms), densidade do solo (Ds), resistência à penetração (Rp) e profundidade máxima de crescimento de raízes (Prof. Max.) por tratamento. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão.

A densidade do solo, determinada até a profundidade 0,24 m (tabela 5), apresentou um pequeno aumento nos valores em tratamentos onde a profundidade máxima das raízes foi menor, assim como a massa seca e a distribuição radicular (figura 29, 31 e 32). No entanto, os valores determinados ficaram bem aquém dos estabelecidos por Vepraski et al. (1987), onde a densidade máxima para a cultura do fumo foi de  $1,63 \text{ Mg m}^{-3}$  em solos arenosos.

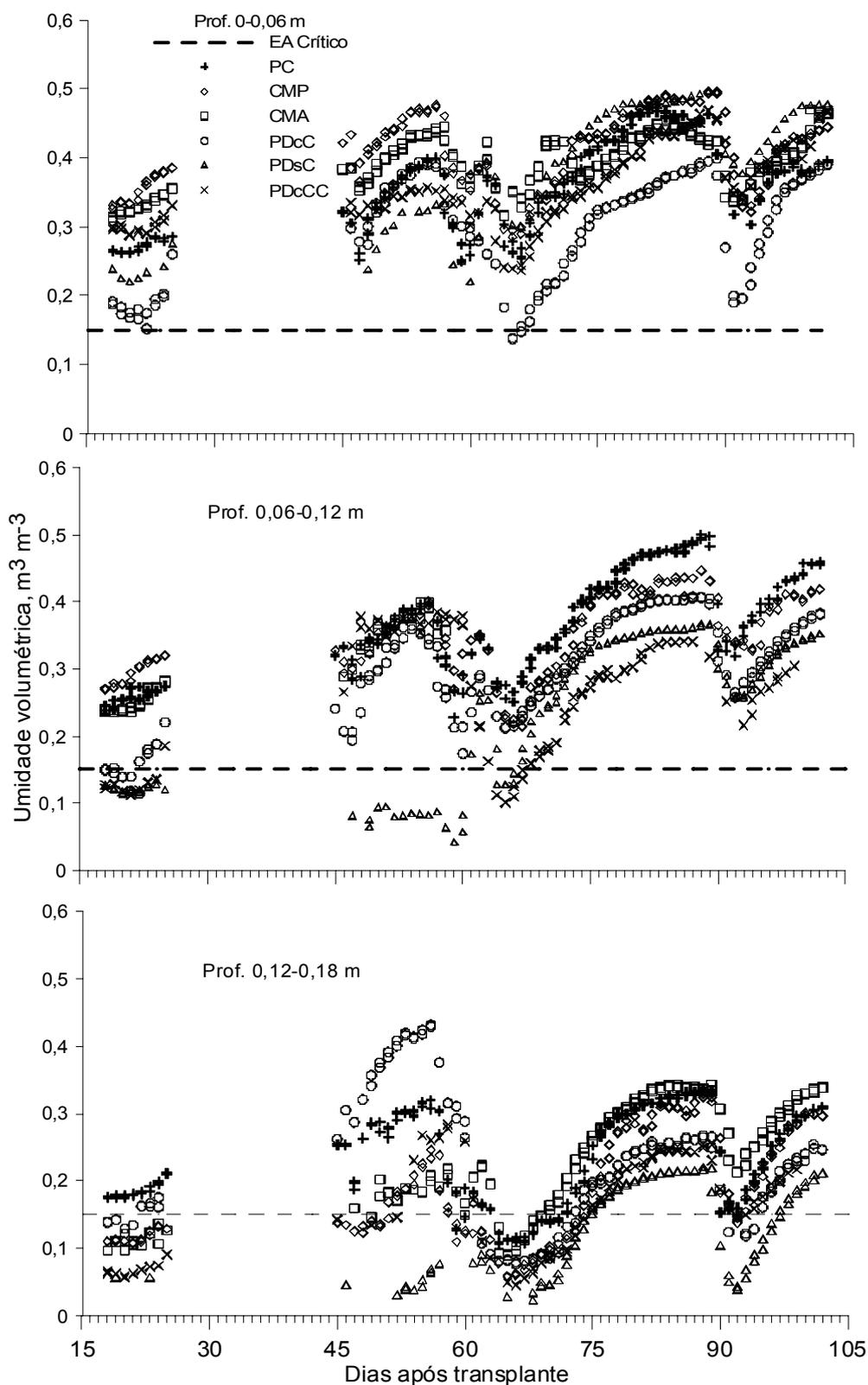
A porosidade total do solo foi menor nos tratamentos PDcCC e PDsC nas últimas duas camadas avaliadas, sendo consequência do solo raso. Esse problema afetou diretamente a macroporosidade que teve grande redução. A microporosidade não foi afetada. De maneira geral, os tratamentos influenciaram nessas variáveis pela profundidade de revolvimento do solo. Comparando o PDcC e PDcCC foi possível observar que não houve alteração na estrutura em curto prazo (1 ano).

A variação do espaço aéreo ao longo do ciclo ultrapassou várias vezes o valor crítico de  $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  (Reynolds et al., 2002), principalmente na última camada avaliada (figura 30). Isso foi motivado pela maior umidade do solo e menor macroporosidade na camada. Os tratamentos PDsC e PDcCC foram os que ficaram maior período fora da faixa ideal, por consequência da menor macroporosidade. O espaço aéreo foi um dos principais limitantes do desenvolvimento radicular em profundidade. No PDsC, na última camada, houve nítida a ausência de raízes, o que pode estar associado diretamente à deficiência de aeração.

**Tabela 5-** Densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade do solo em duas datas e em quatro profundidades.

| Profundidades<br>m                               | DAT | Sistemas de manejo do solo |          |         |          |         |         |
|--|-----|----------------------------|----------|---------|----------|---------|---------|
|  |     | PC                         | CMP      | CMA     | PDcC     | PDcCC   | PDsC    |
| Densidade do solo, Mg m <sup>-3</sup>            |     |                            |          |         |          |         |         |
| 0 – 0,06   | 30  | 1,05 a                     | 0,94 a   | 1,04 a  | 1,18 a   | 1,10 a  | 1,13 a  |
|  | 145 | 1,08 a                     | 1,02 a   | 1,05 a  | 1,06 a   | 1,08 a  | 1,06 a  |
| 0,06 – 0,12                                      | 30  | 1,00 bc                    | 0,95 c   | 0,98 bc | 1,06 abc | 1,11 ab | 1,15 a  |
|  | 145 | 1,03 ab                    | 1,02 ab  | 0,92 b  | 1,05 ab  | 0,97 ab | 1,10 a  |
| 0,12 – 0,18                                      | 30  | 1,06 bc                    | 1,10 bc  | 1,04 c  | 1,14 abc | 1,24 ab | 1,28 a  |
| 0,18 – 0,24                                      | 30  | 1,17 bc                    | 1,22 abc | 1,09 c  | 1,19 bc  | 1,31 ab | 1,39 a  |
| Porosidade total, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> |     |                            |          |         |          |         |         |
| 0 – 0,06   | 30  | 0,62 a                     | 0,66 a   | 0,62 a  | 0,58 a   | 0,60 a  | 0,60 a  |
|  | 145 | 0,60 a                     | 0,63 a   | 0,62 a  | 0,62 a   | 0,61 a  | 0,62 a  |
| 0,06 – 0,12                                      | 30  | 0,64 ab                    | 0,66 a   | 0,64 ab | 0,62 abc | 0,60 bc | 0,58 c  |
|  | 145 | 0,62 a                     | 0,63 a   | 0,66 a  | 0,63 a   | 0,65 a  | 0,60 a  |
| 0,12 – 0,18                                      | 30  | 0,62 a                     | 0,61 a   | 0,62 a  | 0,59 ab  | 0,55 bc | 0,54 c  |
| 0,18 – 0,24                                      | 30  | 0,57 ab                    | 0,56 ab  | 0,60 a  | 0,58 ab  | 0,52 bc | 0,50 c  |
| Macroporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>  |     |                            |          |         |          |         |         |
| 0 – 0,06   | 30  | 0,25 a                     | 0,31 a   | 0,24 a  | 0,23 a   | 0,20 a  | 0,19 a  |
|  | 145 | 0,23 a                     | 0,29 a   | 0,23 a  | 0,25 a   | 0,25 a  | 0,24 a  |
| 0,06 – 0,12                                      | 30  | 0,26 abc                   | 0,31 a   | 0,28 ab | 0,24 bc  | 0,22 bc | 0,20 c  |
|  | 145 | 0,29 ab                    | 0,28 ab  | 0,31 a  | 0,31 a   | 0,28 ab | 0,20 b  |
| 0,12 – 0,18                                      | 30  | 0,28 a                     | 0,22 ab  | 0,25 ab | 0,22 ab  | 0,14 b  | 0,14 b  |
| 0,18 – 0,24                                      | 30  | 0,18 ab                    | 0,15 ab  | 0,23 a  | 0,17 ab  | 0,10 b  | 0,06 b  |
| Microporosidade, m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>  |     |                            |          |         |          |         |         |
| 0 – 0,06   | 30  | 0,37 a                     | 0,35 a   | 0,39 a  | 0,35 a   | 0,40 a  | 0,40 a  |
|  | 145 | 0,37 a                     | 0,34 a   | 0,39 a  | 0,37 a   | 0,37 a  | 0,36 a  |
| 0,06 – 0,12                                      | 30  | 0,37 a                     | 0,35 a   | 0,36 a  | 0,38 a   | 0,39 a  | 0,38 a  |
|  | 145 | 0,34ab                     | 0,35 ab  | 0,35 ab | 0,35 ab  | 0,33 b  | 0,39 a  |
| 0,12 – 0,18                                      | 30  | 0,34 b                     | 0,39 ab  | 0,38 ab | 0,38 ab  | 0,46 a  | 0,40 ab |
| 0,18 – 0,24                                      | 30  | 0,39 a                     | 0,41 a   | 0,38 a  | 0,41 a   | 0,42 a  | 0,43 a  |

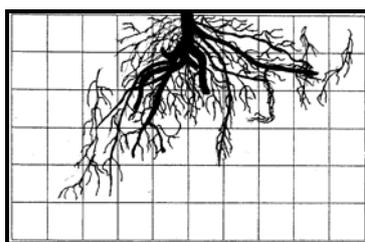
\* Médias seguidas da mesma letra, na horizontal, não diferem entre si pela diferença mínima significativa (DMS) a 5 % de erro. DAT- dias após transplante; PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão.



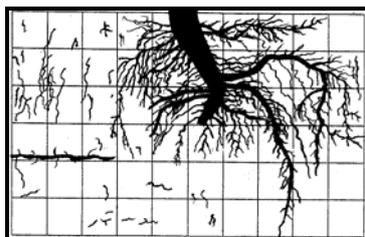
**Figura 30-** Variação do espaço aéreo do solo durante 87 dias do ciclo da cultura do fumo nos diferentes sistemas de preparo do solo.. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão.

A descrição do sistema radicular é uma medida de suma importância dentro de seu caráter qualitativo. Essa avaliação, apesar de ser trabalhosa, ajudou a detectar problemas de impedimento radicular. As descrições feitas diferenciando tamanho de plantas de parcelas heterogêneas, em alguns casos, apresentaram nítidas diferenças; em outros, contribuíram para diferenciar tratamentos. De maneira geral, as plantas com maior tamanho apresentaram maior distribuição e aprofundamento do sistema radicular, o que pode ser resultado da interferência de inúmeros fatores físicos e químicos do solo. Contudo, a resistência à penetração, as visualizações nas trincheiras e, posteriormente, a descrição nas observações em cada perfil cultural (figura 29, 31 e 32) foram responsáveis pelo diagnóstico de impedimento das raízes na camada de rocha existente, situada em algumas parcelas a 0,15 m e em outras a 0,30 m de profundidade.

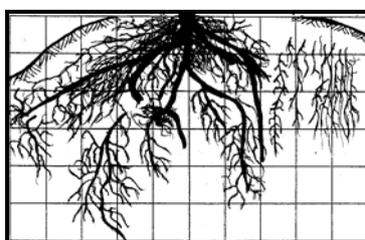
O preparo do solo interferiu na distribuição radicular, pois observando a quantidade de quadrículas vazias, a profundidade e o diâmetro das raízes (figura 31). Os tratamentos PC e CMP apresentam pouca variação na distribuição radicular, possivelmente devido à forma de adubação, cobertura do solo e IAF (figuras 11 e 35). O CMA apresentou menor distribuição de raízes finas, mas com aprofundamento similar aos anteriores. Os plantios diretos apresentaram diferenças para com os preparos mais intensos, com menor aprofundamento (figura 29), menor distribuição (figura 32) atribuindo isso à menor camada de solo explorada, à adubação mais superficial e às condições favoráveis superficiais de umidade e temperatura do solo.



PC – PP - Rp1



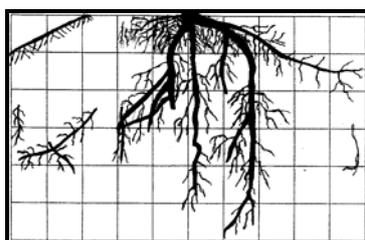
PC – PG - Rp 1



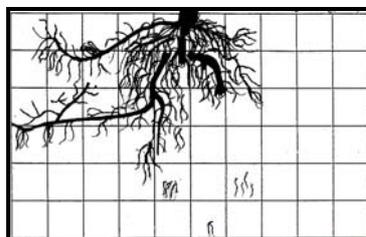
CMP – PP - Rp1



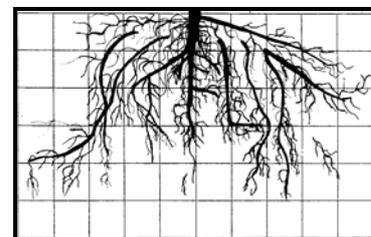
CMP – PG – Rp1



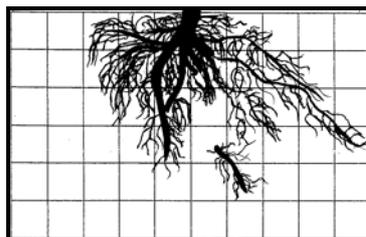
CMA – PR – Rp1



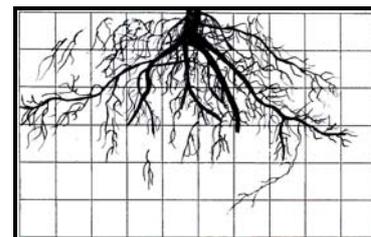
PC – PR - Rp 2



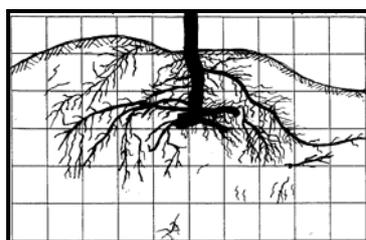
PC – PR- Rp3



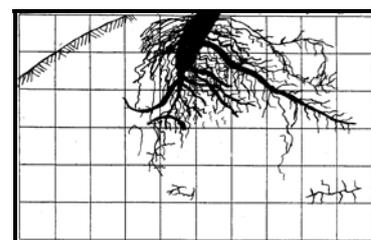
CMP - PR- Rp2



CMP – PR- Rp3

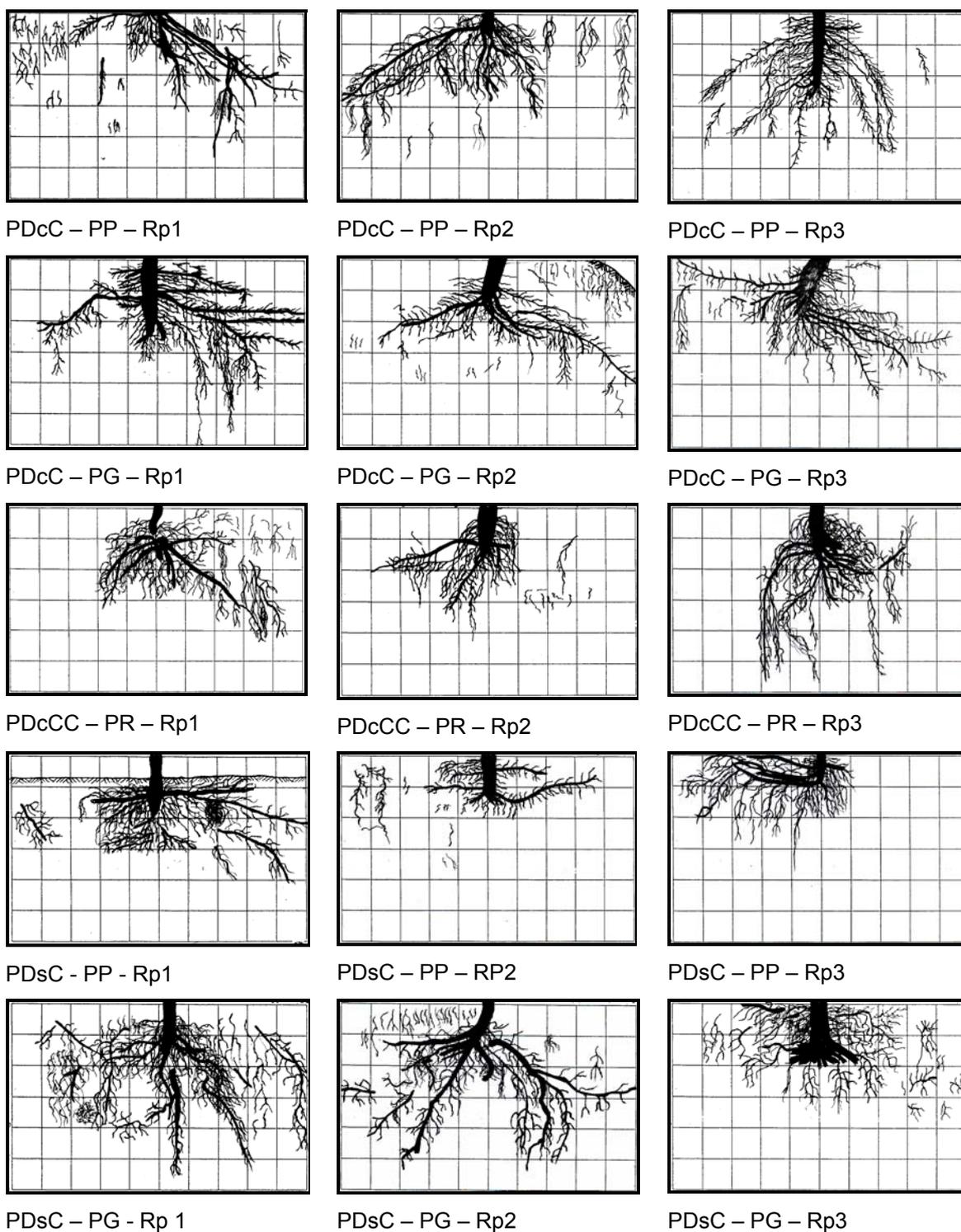


CMA – PR – Rp2



CMA – PR – Rp3

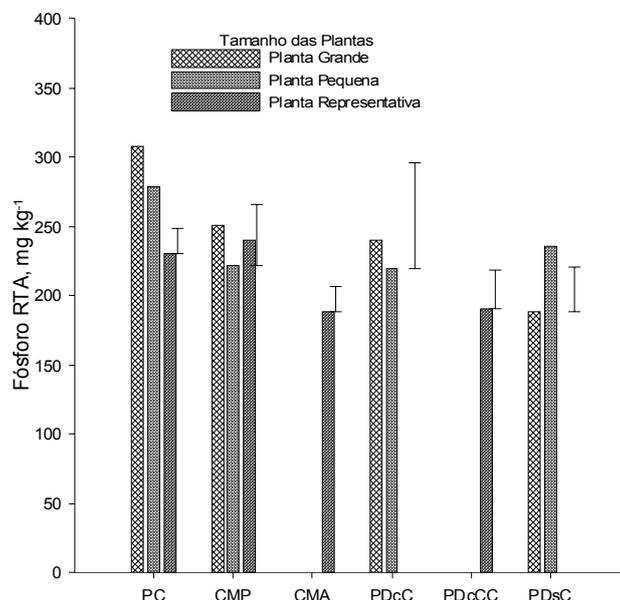
**Figura 31-** Descrição do sistema radicular da cultura do fumo, no preparo convencional (PC), cultivo mínimo pousio (CMP) e cultivo mínimo aveia (CMA), em planta pequena (PP), planta representativa (PR) e planta grande (PG). Dimensões do quadro: 0,5 x 0,3 m, com quadriculas de 0,05 x 0,05 m.



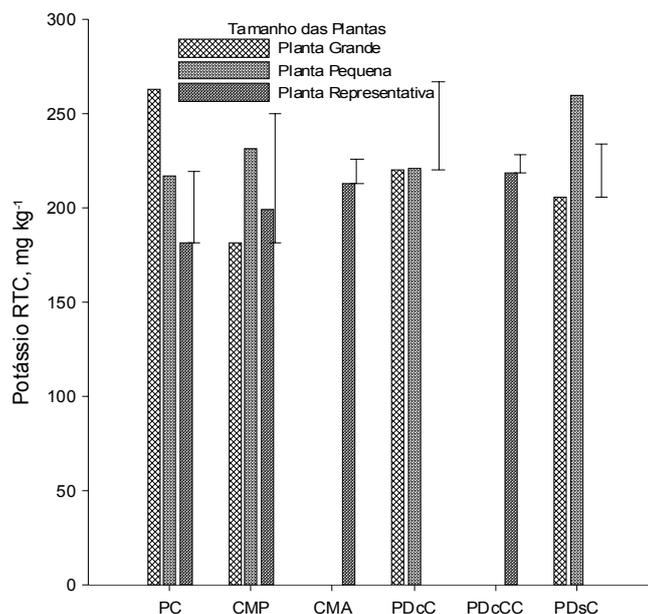
**Figura 32-** Descrição do sistema radicular da cultura do fumo, no plantio direto com camalhão (PDcC), plantio direto com camalhão consolidado (PDcCC) e plantio direto sem camalhão (PDsC), em planta pequena (PP), planta representativa (PR) e planta grande (PG). Dimensões do quadro: 0,5 x 0,3 m, com quadriculas de 0,05 x 0,05 m.

O PDsC e PDcC até os 60 DAT tinham índice de área folhar (IAF) igual aos dos tratamentos com maior revolvimento, mas começavam a apresentar menor crescimento e disparidade entre plantas. Isso motivou a análise do solo explorado pelo sistema radicular, para detectar se havia limitações ou variações de natureza química. Os teores de P e K, quantificados com resinas trocadoras, foram diferentes na zona radicular de plantas pequenas e grandes (PP e PG) somente nos tratamentos PC e PDsC. Os maiores teores de P e K na região de exploração do sistema radicular de PG foram encontrados no PC e os menor teores no PDsC (figuras 33 e 34). Essa situação pode ter sido influenciada por inúmeras variáveis, como a localização do fertilizante, as perdas de nutrientes, a quantidade de solo explorado, entre outras variáveis físicas e químicas.

Os valores obtidos nas análises foram extremamente altos comparativamente aos limites estabelecidos pela Rolas (2005), ficando situado entre 180 e 320 mg kg<sup>-1</sup> para o K e entre 180 e 260 mg kg<sup>-1</sup> para o P, nos diferentes tratamentos. Assim, se a diferença entre plantas nos tratamentos foi motivada por fatores químicos, isso indica provavelmente a baixa capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes da cultura do fumo.



**Figura 33-** Teor de fósforo determinado por resina trocadora de ânions (RTA) no solo da área de exploração radicular em planta grande (PG), planta representativa (PR) e planta pequena (PP), nos diferentes tratamentos. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.

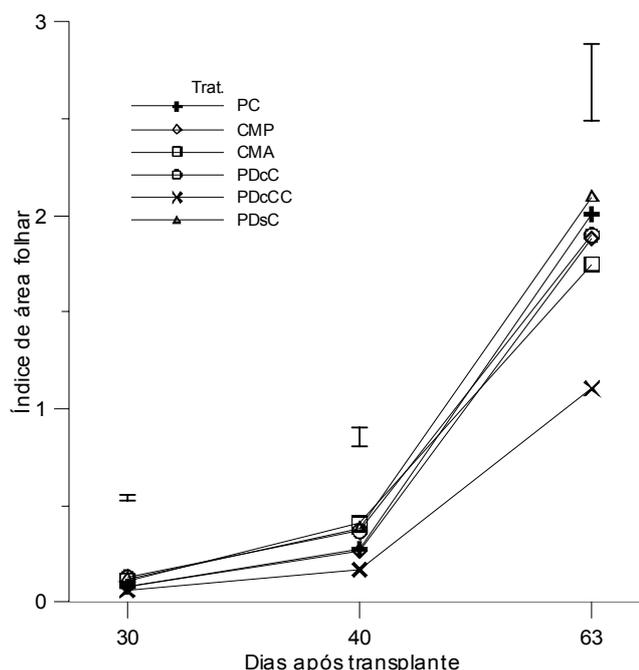


**Figura 34-** Teor de potássio determinado por resina trocadora de cátions (RTC) no solo da área de exploração radicular em planta grande (PG), planta representativa (PR) e planta pequena (PP), nos diferentes tratamentos. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias pela diferença mínima significativa a 5 % de erro e em tratamentos com somente uma média foi expressado o desvio padrão.

### 6.5 Crescimento e produtividade da cultura do fumo

A avaliação do crescimento e produtividade das plantas de fumo dos tratamentos foi feita em dois momentos distintos: na fase inicial através do índice de área folhar (IAF) (figura 35) e no momento final através da produtividade (Tabela 6). O CMA e os plantios diretos, exceto o com camalhão consolidado, apresentaram maior IAF em relação aos PC e CMP, diferindo aos 30 e 40 DAT, estando associado possivelmente ao posicionamento da adubação próximo à zona de desenvolvimento radicular e também pelo grau de cobertura, através da melhoria das condições físicas do solo, especificamente temperatura, umidade e aeração.

Aos 40 DAT foi feita a primeira cobertura com nitrogênio e aterramento nos tratamentos PC e CMP. Após essas práticas, percebeu-se visualmente uma semelhança entre tratamentos e não houve diferença para o IAF aos 63 DAT, exceto o PDcCC que foi transplantado uma semana após (figura 35).



**Figura 35-** Índice de área folhar (IAF), em três datas após transplante. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão; linhas verticais diferenciam médias pela diferença mínima significativa a 5 % de erro.

Os tratamentos que apresentaram maior massa seca e comprimento de caule (tabela 5) também apresentaram maior produtividade (tabela 6), pois aquelas variáveis são dependentes do crescimento. Em contrapartida, o número de folhas não seguiu esse comportamento, por ser variável dependente da genética e do padrão de desponte da cultura do fumo.

**Tabela 6-** Massa seca de caules, número de folhas e comprimento de caules na cultura do fumo nos diferentes manejos do solo.

| Tratamentos | MS* de caules<br>kg ha <sup>-1</sup> | Folhas<br>N° | Caule<br>m |
|-------------|--------------------------------------|--------------|------------|
| PC          | 1391,3 abc                           | 22,7 bc      | 0,89 bc    |
| CMP         | 1437,6 abc                           | 21,6 d       | 0,87 c     |
| CMA         | 1497,5 ab                            | 23,0 ab      | 0,97 a     |
| PDcC        | 1566,1 a                             | 22,0 cd      | 0,90 bc    |
| PDcCC       | 1307,4 bc                            | 23,5 a       | 0,79 e     |
| PDsC        | 1251,8 c                             | 21,7 d       | 0,82 d     |

\*MS- Massa seca; \*\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pela diferença mínima significativa (DMS) a 5 % de erro. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão.

A produtividade está expressa na tabela 6, em duas formas diferentes. A primeira (48 m<sup>2</sup>) representa a quantidade obtida na área amostrada com as falhas e diferenças de espaçamento entre plantas. Na segunda (80 plantas), foi contada a quantidade real de plantas dentro da área de 48 m<sup>2</sup> e feito a correção para 0,6 m<sup>2</sup> por planta, que representa o espaçamento de 1,2 m na linha e 0,5 entre plantas. As duas formas são importantes, pois falhas e diferenças de espaçamento existem, mas cientificamente é preferível excluir essas variáveis para aproximar a real interferência dos tratamentos aplicados.

As produções obtidas nos tratamentos que possuíam camalhão (tabela 6; 80 plantas) ultrapassaram os valores obtidos por Vepraskas et al. (1987) de 3107 kg ha<sup>-1</sup> na média de 32 locais em diferentes solos subsolados, enquanto nos tratamentos não subsolados a média foi de 2885 kg ha<sup>-1</sup>. Esse valor é similar à produtividade obtida no tratamento de PDsC, neste trabalho.

A menor produtividade do PDsC parece ter sido influenciada pela não utilização do camalhão em solo raso, pelas condições iniciais favoráveis de temperatura, umidade do solo e a localização do fertilizante, que induziram o crescimento superficial das raízes (figura 29 e 32) e a deficiência na aeração em camadas mais profundas (0,12 a 0,18 m) (figura 30). Na metade final do ciclo (aproximadamente 65 DAT), a diminuição superficial da umidade do solo (figura 16, 0-0,06 m) e o posicionamento de grande parte das raízes nessa região parece ter influenciado na menor absorção de água e nutrientes, diminuindo o crescimento da planta mesmo com maior disponibilidade de P e K (figura 33 e 34).

A classificação qualitativa das folhas apresentou diferença significativa para algumas classes. No entanto essa diferença não se atribui ao manejo aplicado ao solo, mas ao padrão empírico estabelecido pelo agricultor, nas práticas de colheita, secagem e classificação.

**Tabela 7-** Produtividade obtida pelo número real de plantas na área amostrada (48 m<sup>2</sup>) e corrigida para a população ideal de plantas na área (80 Plantas) e a classificação qualitativa percentual na cultura do fumo nos diferentes manejos do solo.

| Tratamentos | Produtividade       |            |        | Classificação qualitativa |        |        |        |
|-------------|---------------------|------------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|
|             | 48 m <sup>2</sup>   | 80 Plantas | X      | CO1                       | BO1    | R2     | G2     |
|             | kg ha <sup>-1</sup> |            |        | %                         |        |        |        |
| PC          | 3438,5 a*           | 3488,2 a   | 6,7 ab | 48,8 a                    | 29,7 a | 14,7 a | 0,2 b  |
| CMP         | 3306,0 a            | 3338,3 a   | 7,4 ab | 45,6 a                    | 35,4 a | 10,7 a | 1,0 ab |
| CMA         | 3504,7 a            | 3349,4 a   | 7,6 a  | 49,8 a                    | 28,0 a | 14,4 a | 1,5 a  |
| PDcC        | 3155,8 ab           | 3496,5 a   | 6,5 bc | 42,3 a                    | 38,3 a | 12,4 a | 0,5 ab |
| PDcCC       | 2671,1 bc           | 3199,6 ab  | 6,2 c  | 19,6 a                    | 53,5 a | 19,0 a | 1,7 ab |
| PDsC        | 2507,6 c            | 2738,9 b   | 8,2 bc | 50,7 a                    | 29,3 a | 10,9 a | 0,8 ab |

\*Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pela diferença mínima significativa (DMS) a 5 % de erro. PC- preparo convencional; CMP- cultivo mínimo pousio; CMA- cultivo mínimo aveia; PDcC- plantio direto com camalhão; PDcCC- plantio direto com camalhão consolidado; PDsC- plantio direto sem camalhão.

## **7 CONCLUSÕES**

A menor mobilização do solo e a permanência da cobertura morta sobre a superfície do solo contribuem para o aumento da umidade do solo, diminuição da amplitude da temperatura do solo e das perdas de água, de solo e de nutrientes.

Em solo raso, a utilização do camalhão na cultura do fumo contribui para o aumento da profundidade de exploração radicular e desenvolvimento da cultura.

Sistemas de manejo do solo que incluem a aveia como planta de cobertura no inverno, utilizam camalhão e envolvem revolvimento mínimo do solo mantêm maior produtividade na cultura do fumo diminuindo as perdas sendo mais sustentáveis em longo prazo.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, F.; MOORE, B. L. Chemical factors affecting root growth in subsoil horizons of Coastal Plain soils. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** v.47, n.1, p.99-102, 1983.

AFUBRA. Associação dos Fumicultores do Brasil. **Relatório de Atividades.** 2002/2003, 2003.

ASADY, G. H.; SMUCKER, D. R. P. Compaction and root modifications of soil aeration. **Soil. Sci. Soc. Am. J.** v.53, n. 1, p.251-254, 1989.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Física de suelos.** México, Hispano-Americana, 1973. 529p.

BERTOL, I. **Comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas de solo.** 1995. 185f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solos com crosta superficial. **R. Bras. Ci. Solo**, v.13, n.3, p.376-379,1989.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais. **R. Bras. Ci. Solo**, v.21, n.3, p.409-418,1997.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura por resíduo cultural de trigo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.11, n.2, p.187-192,1987.

BERTONI, J. Conservação do solo In: BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Fatores que influenciam na erosão.** Piracicaba: Livroceres,1885. 392p.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems.** Berlin: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1979. 190p.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.14, n.3, p.369-374,1990.

BRASIL. Ministério da agricultura e Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climáticas.** Rio de Janeiro, 1992. 84p.

CAMPBELL, R. B.; REICOSKY, D. C.; DOTY, C. W. Physical properties and tillage of Paleodults in the southeastern Coastal Plains. **J. Soil Water Conserv.** v.29, p.220-224, 1974.

CANALI, G. E. **Produção de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas rurais. Efeitos das características das chuvas, da declividade das vertentes**

**e do uso do solo.** 1981. 126f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). IPH – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

CASSEL, D. K. Tillage effects on the soil bulk density and mechanical impedance. *In: UNGER, P.W.; VAN DOREN, D. M. (ed.) Predicting tillage effects on soil physical properties and process. American Society of Agronomy*, n.44, p.45-67. 1982.

CHEN, L. H.; HUANG, B. K.; SPLINTER W. E. Effect of air and soil Temperatures on growth of small tobacco plants. **Tob. Sci.** v.12, p.222-225, 1968.

COGO, N. P. **Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters.** 1981. 346f. Tese (Doutorado em Agronomia) Purdue University, West Lafayette, 1981.

COPETTI, A. C. C. et al. Manejo do solo na microbacia hidrográfica do Arroio Lino, Agudo, RS. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA*, 3., 2005. Porto Alegre: **Anais do III Congresso Brasileiro de Agroecologia**. Porto Alegre, 2005. 1 CD ROM.

DALMOLIN, R. S. D. et al. **Levantamento semidetalhado de solos da microbacia do arroio Lino – município de Agudo (RS)**, 2003, 84p.

CASTRO, O. M. de et al. Perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.10, n.3, p.293-297, 1986.

DECECEK, R. A.; RESK, D. V. S.; FREITAS Jr., E. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **R. Bras. Ci. Solo**, v.10, n.3, p.265-272, 1986.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.20, n.7, p.761-773, 1985.

DULEY, F. L. Surface factors affecting the rate of intake of water by soils. **Proc. Soil Sic. Soc. Am.**, v.4, n.1, p.60-64, 1939.

EL-SWAIFY, S. A.; DANGLER, E. W. Erodibilities of selected tropical soils in relation to structural and hydrological parameters. *In: G. R. FOSTER (ed.) Soil erosion: Prediction and control. Soil Cons. Soc. Am.*, n. 21, p.105-114. 1977.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412p.

FERNANDES, B. et al. Efeitos de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição do tamanho de poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **R. Bras. Ci. Solo**, v.7, n.3, p.329-333, 1983.

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: **Hidrological modeling of small watersheds**. St Joseph: American Society of Agricultural Engineering, 1982, p.297-370.

FOSTER, G. R. **User requirements**. USDA-water erosion prediction project (WEPP). n.1. USDA-Agricultural Research Service, National Soil Erosion Laboratory, Purdue University, West Lafayette, 1987.

GHUMAN, B. S.; LAL, R. Effect of crop cover on temperature regime of on Alfisol in the tropics. **Agron. J.** v.75, n. 4-6, p.931-936, 1985.

GUPTA, S. C.; LARSON, W. E.; LINDEN, D. R. Tillage and residue effects on soil upper boundary temperatures. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.47, n.6, p.1212-1218, 1983.

HERNANI, L. C. et al. Perdas por erosão e rendimento de soja e trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados (MS). **R. Bras. Ci. Solo**, v.21, n.3, p.367-376, 1997.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. San Diego: Academic Press, 1980. 413 p.

\_\_\_\_\_. **Environmental of soil physics**. San Diego: Academic Press, 1998. 771p.

JOHNSON M. D.; LOWERY, B. Effect the three cultivation tillage practices on temperature and thermal properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.49, n.6, p.1547-1552, 1985.

KRAMER, P. J.; BOYER, S. J. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic Press, 1995.

KRAMPATH, E. J. et al. Tillage effects on biomass production and moisture utilization by soybeans on Coastal Plain soils. **Agro. J.** v.71, n. 4-6, p.1001-1005, 1979.

KROTH, P. L. **Disponibilidade de fósforo no solo para plantas e fatores que afetam a extração por resina de troca em membrana**. 1998. 168f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

LAL, R. Soil temperature, soil moisture and yield from mulched and unmulched tropical soils. **Pl. Soil**, v.40, n.1, p.129-143, 1974.

LAMBE, T. W.; WHITMAN, R. V. **Soil mechanics**. New York: John Wiley ; Sons, 1969.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Advances in Soil Science**, v.1, p.277-294, 1985.

LOMBARDI NETO, F. et al. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**, v.12, n.1, p.71-75, 1988.

LOVATO, T. **Dinâmica do carbono e do nitrogênio do solo afetada por preparos do solo, sistemas de culturas e adubo nitrogenado**. 2001. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

McDOWELL, L. L.; MCGREGOR, K. C. Plant nutrient losses in runoff from conservation tillage corn. **Soil Till. Research**, v.4, n.1, p.79-91, 1984.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. Diretoria de Terras e Colonização. Seção de Geografia, 1961. 46p.

NESMITH, D. S. et al. Soil compaction in double-cropped wheat and soybeans in Ultisol. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.51, n.1, p.183-186, 1987.

PARUPS, E. V.; NIELSEN, K. F.; BOURGET, S. G. The growth, nicotine and phosphorus content of tobacco grown at different soil temperature, moisture and phosphorus levels. **Can. J. Pl. Sci.** v.40, n.3, p.516-523, 1960.

PELLEGRINI, J. B. R. **Fósforo na água e no sedimento na microbacia hidrográfica do Arroio Lino - Agudo – RS**. 2005. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

POTTER, K. N.; CRUSE, R. M.; HORTON, R. Tillage effects on thermal properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, vol. 49, n.4, p. 968-973, 1985.

REICHERT, J. M.; NORTON, L. D. Aggregate stability and rain-impacted sheet erosion of air-dried and prewetted clayey surface soils under intense rain. **Soil Sci.** v.158, (September, 1994a), p.159-169.

REICHERT, J. M.; NORTON, L. D. Fluidized bed bottom-ash effects on infiltration and erosion of swelling soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.58, n.5, p.1483-1488, 1994b.

REICHERT, J. M.; NORTON, L. D. Fluidized bed combustion bottom-ash effects on infiltration and erosion of variable charge soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.60, n.1, p.275-282, 1996.

REINOLDS, W. D. et al. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Goederma**, v.110, n.1-2, p.131-146, 2002.

RUSSELL, R. S. **Plant root systems**. McGraw-Hill Book, New York, 1977.

SALTON, J. C.; MIELNIZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). **R. Bras. Ci. Solo**, v.19, n.2, p.313-319, 1995.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, n.2, p.427-436, 2000.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**, v.24, n.2, p.437-447, 2000.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; de BRUM, A. C. R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v.21, n.2, p.287-291, 1997.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J.; JONES, O. R. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. **J. Environ. Qual.**, v.21, n.1, p.30-35, 1992.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS/FA/DS, 1995. 174 p.

UNGER, P. W. Straw mulch effects on soil temperature and sorghum germination and growth. **Agron. J.**, v.70, n.4-6, p.858-864, 1978.

VEIGA, M.; CABEDA, M. S. V.; REICHERT, J. M. Erodibilidade em entressulcos de solos do Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, v.17, n.1, p.121-128, 1993.

VEPRASKAS, M. J.; MINER, G. S. Effects of subsoiling and mechanical impedance on tobacco root growth. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.50, n.2, p.423-427, 1986a.

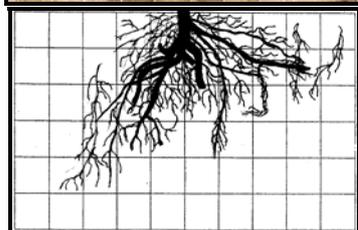
VEPRASKAS, M. J.; WAGGER, M. G. Corn root distribution and yield response to subsoiling for Paleudults having different aggregates sizes. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.54, n.3, p.849-854, 1990.

VEPRASKAS, M. J.; MINER, G. S.; PEEDIN, G. F. Relationships of dense tillage pans, soil properties, and subsoiling to tobacco root growth. **Soil Sci. Soc. Am. J.** v.50, n.6, p.1541-1546, 1986b.

VEPRASKAS, M. J.; MINER, G. S.; PEEDIN, G. F. Relationships of soil properties and rainfall to effects of subsoiling on tobacco yield. **Agron. J.** v.79, n.1, p.141-146, 1987.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 573).

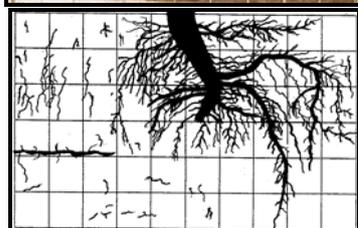
# **ANEXOS**



PC – PP – Perfil - Rp1



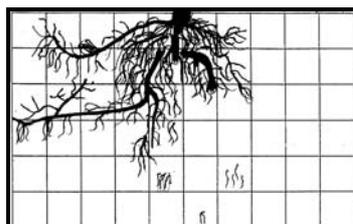
PC – PP – Tábua - Rp1



PC – PG – Perfil - Rp1



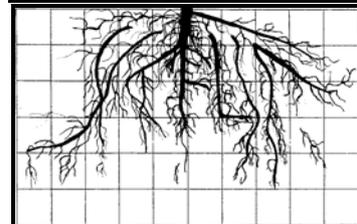
PC – PG – Tábua - Rp 1



PC – PR – Perfil – Rp2



PC – PR – Tábua - Rp 2

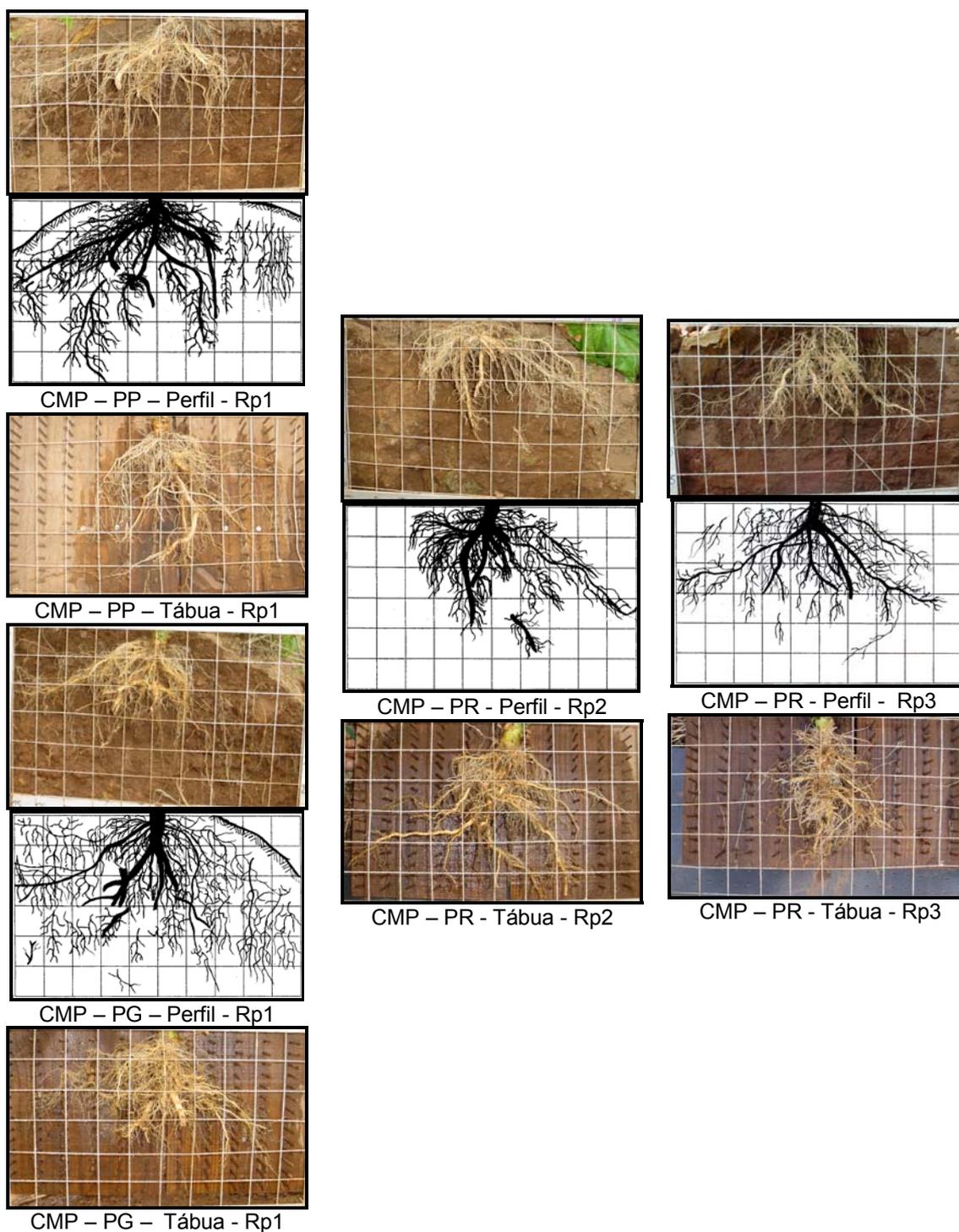


PC – PR – Perfil – Rp3

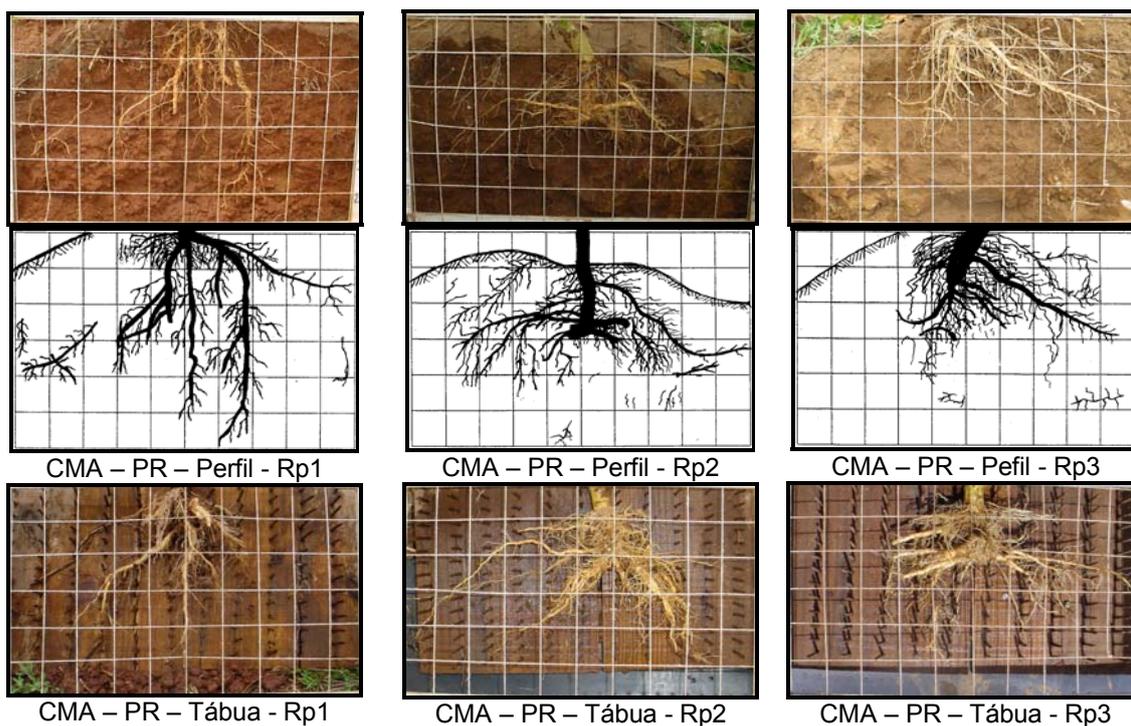


PC – PR - Tábua - Rp3

**Anexo A-** Distribuição do sistema radicular da cultura do fumo pelo método do perfil cultural (Perfil) e pela tábua com pregos (Tábua) no preparo convencional (PC), em planta pequena (PP), planta representativa (PR) e planta grande (PG). Dimensões do quadro: 0,5 x 0,3 m, com quadriculas de 0,05 x 0,05 m.



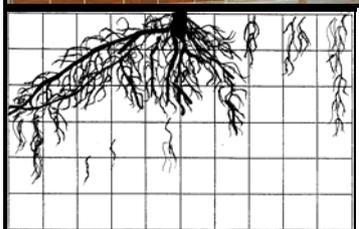
**Anexo B-** Distribuição do sistema radicular da cultura do fumo pelo método do perfil cultural (Perfil) e pela tábua com pregos (Tábua) no cultivo mínimo pousio (CMP), em planta pequena (PP), planta representativa (PR) e planta grande (PG). Dimensões do quadro: 0,5 x 0,3 m, com quadriculas de 0,05 x 0,05 m.



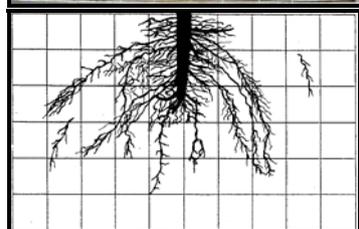
**Anexo C-** Distribuição do sistema radicular da cultura do fumo pelo método do perfil cultural (Perfil) e pela tábua com pregos (Tábua) no cultivo mínimo aveia (CMA), em planta representativa (PR). Dimensões do quadro: 0,5 x 0,3 m, com quadriculas de 0,05 x 0,05 m.



PDcC – PP – Perfil - Rp1



PDcC – PP – Perfil - Rp2



PDcC – PP – Perfil - Rp3



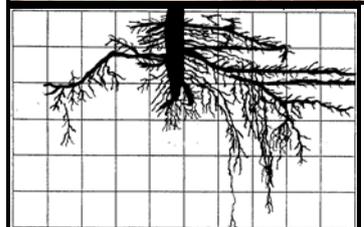
PDcC – PP – Tábua - Rp1



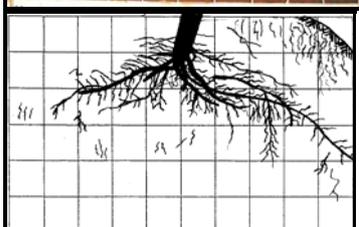
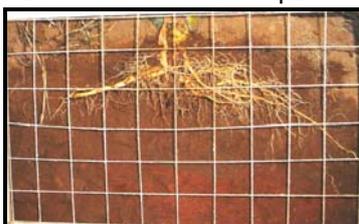
PDcC – PP – Tábua - Rp2



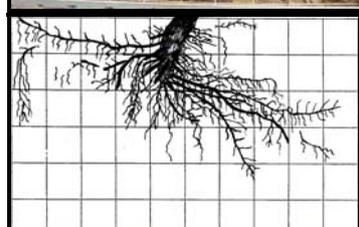
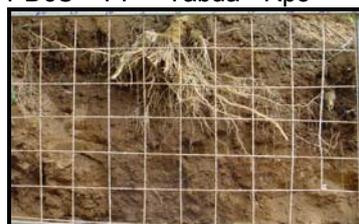
PDcC – PP – Tábua - Rp3



PDcC – PG – Perfil - Rp1



PDcC – PG – Perfil - Rp2



PDcC – PG – Perfil - Rp3



PDcC – PG – Tábua - Rp1

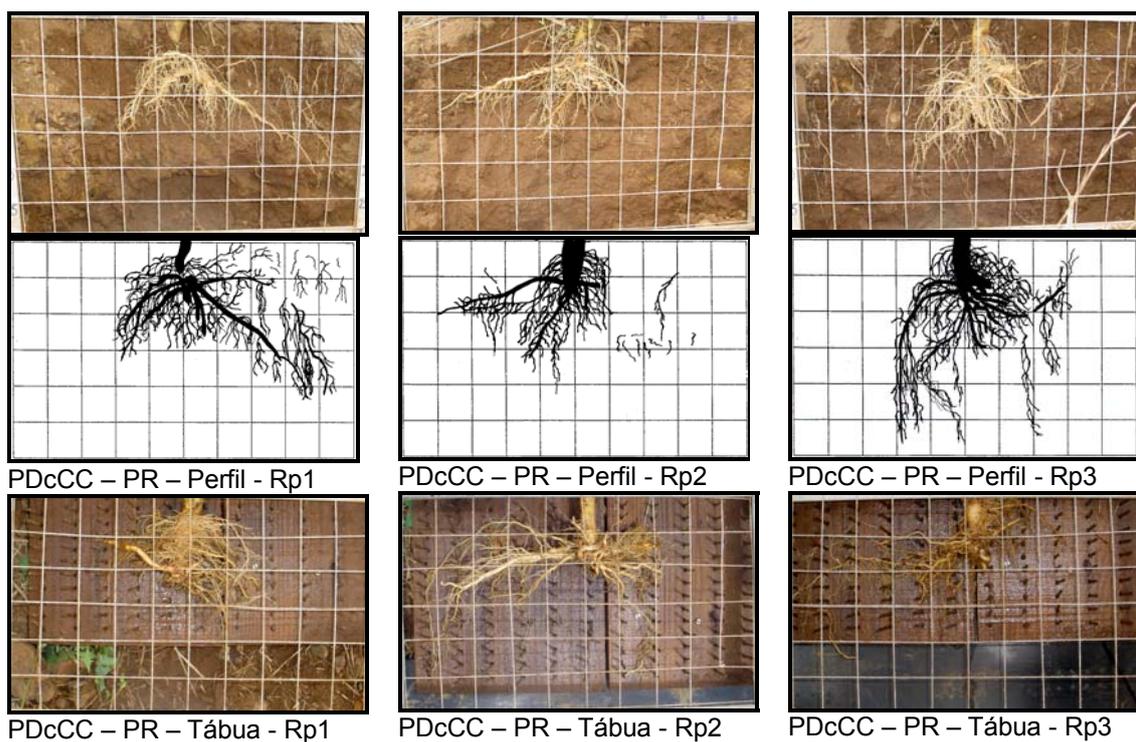


PDcC – PG – Tábua - Rp2

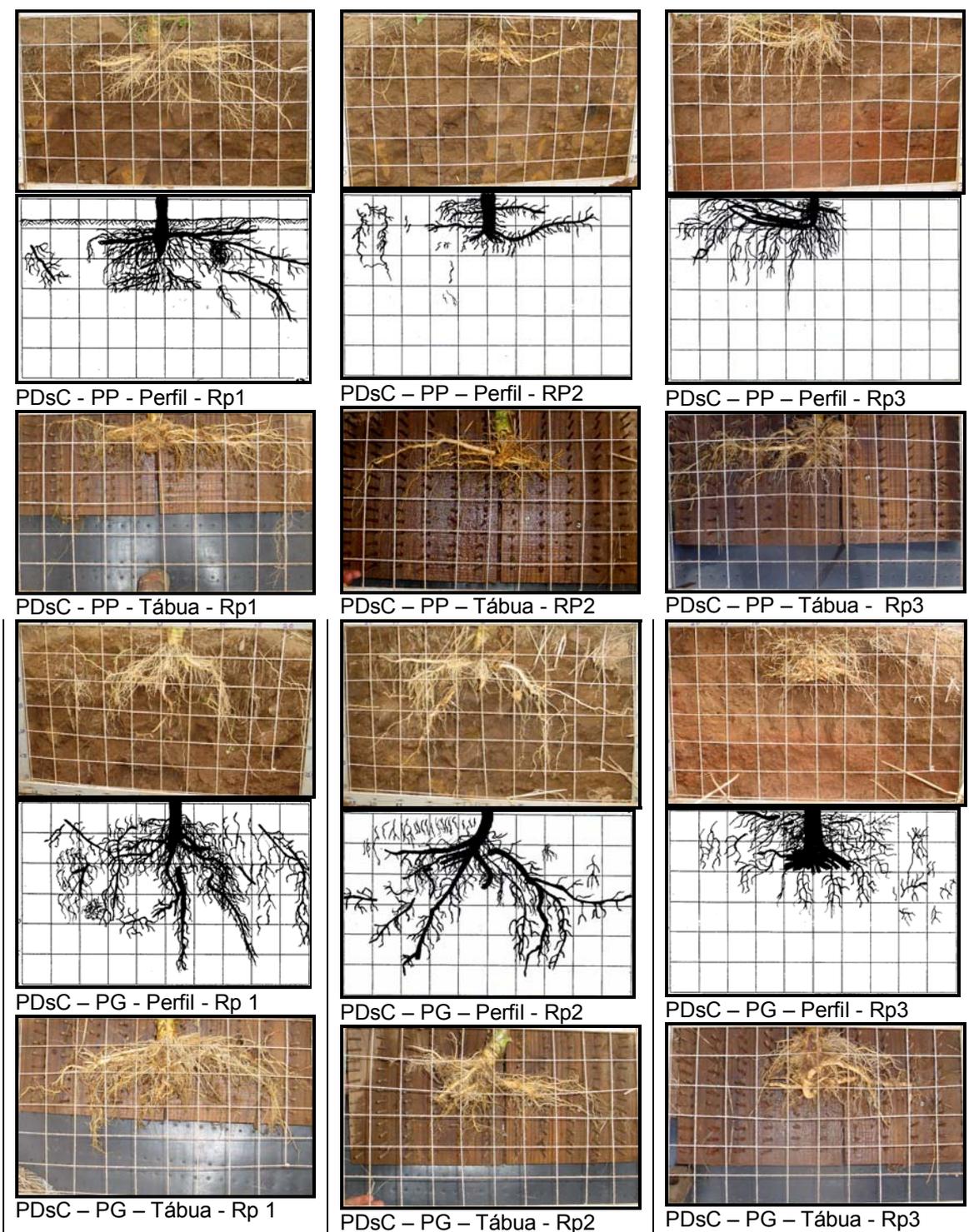


PDcC – PG – Tábua - Rp3

**Anexo D-** Distribuição do sistema radicular da cultura do fumo pelo método do perfil cultural (Perfil) e pela tábua com pregos (Tábua) no plantio direto com camalhão (PDcC), em planta pequena (PP) e planta grande (PG). Dimensões do quadro: 0,5 x 0,3 m, com quadriculas de 0,05 x 0,05 m.



**Anexo E-** Distribuição do sistema radicular da cultura do fumo pelo método do perfil cultural (Perfil) e pela tábua com pregos (Tábua) no plantio direto com camalhão consolidado (PDcCC), em planta representativa (PR). Dimensões do quadro: 0,5 x 0,3 m, com quadriculas de 0,05 x 0,05 m.



**Anexo F-** Distribuição do sistema radicular da cultura do fumo pelo método do perfil cultural (Perfil) e pela tábua com pregos (Tábua) no plantio direto sem camalhão (PDsC), em planta pequena (PP) e planta grande (PG). Dimensões do quadro: 0,5 x 0,3 m, com quadriculas de 0,05 x 0,05 m.