

JUAREZ ROGÉRIO CABRAL

**EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE FECULARIA DE
MANDIOCA NA PRODUÇÃO DE AVEIA PRETA E SOBRE AS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2006**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JUAREZ ROGÉRIO CABRAL

**EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE FECULARIA DE
MANDIOCA NA PRODUÇÃO DE AVEIA PRETA E SOBRE AS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

Dissertação apresenta à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2006**

JUAREZ ROGÉRIO CABRAL

**EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE FECULARIA DE
MANDIOCA NA PRODUÇÃO DE AVEIA PRETA E SOBRE AS
PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO**

Dissertação apresenta à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em fevereiro de 2006

Prof. Dr. Altair Bertonha

Prof. Dr. José Francisco Grillo

Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço, pela orientação, com profunda dedicação e amigo nas dificuldades encontradas.

A todas as pessoas que diretamente ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse possível, mas devo agradecer de forma especial algumas pessoas:

Prof. Dr. Altair Bertonha

Prof. Dr. Antônio Saraiva Muniz pela co-orientação

Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim

Prof. Dr. José Marcos Basto Andrade

Prof. Dr. Raimundo Pinheiro Neto

Prof. Msc. Reny Adilmar Prestes Lopes

Msc. Oelcio José Stipp

Aos funcionários da UEM – Campus de Cidade Gaúcha

FECAMID – Agropecuária Entre-Rios Ltda

Aos meus pais, Juarez Cabral e Elza de Aviz Cabral, de todas as formas possíveis, pois não existem palavras que possam justificar o seu amor pelos filhos.

Agradeço a Deus que colocou em meu caminho duas pessoas que contribuíram muito para que eu pudesse chegar a realizar mais uma etapa de minha vida, Graziela Cabral Zanoni e Sérgio Antônio Zanoni.

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS	10
2.2 ADAPTAÇÃO E ESTABELECIMENTO	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 LOCALIZAÇÃO	12
3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	12
3.2.1 Análise da fertilidade do solo	12
3.2.2 Curva de retenção de água pelo solo	13
3.3 INSTALAÇÃO DA CULTURA	14
3.4 TRATAMENTOS	14
3.5 BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO	16
3.6 BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 PRODUTIVIDADE	18
4.2 NUTRIENTES NO SOLO	19
4.2.1 Magnésio	19
4.2.2 pH	23
4.2.3 Hidrogênio mais Alumínio	26
4.2.4 Cálcio	28
4.2.5 Potássio	31
4.2.6 Fósforo	35
4.2.7 Carbono	38
5 CONCLUSÕES	42
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Resultados das análises químicas de solos nas unidades experimentais, antes da semeadura	13
Quadro 2	Época de aplicação da água residuária segundo os tratamentos	15
Quadro 3	Análise de água residuária	15
Quadro 4	Quantidade de nutrientes adicionada ao solo pela aplicação de água residuária (Kg há^{-1})	15
Quadro 5	Quadro médio dos resultados da Análise do solo antes da semeadura	19
Quadro 6	Média dos teores de magnésio trocável ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nos diferentes tratamentos no solo antes da semeadura, média de quatro repetições	20
Quadro 7	Média dos teores de magnésio trocável ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, nas diferentes profundidades antes da semeadura	20
Quadro 8	Média dos teores de magnésio trocável ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, nas diferentes profundidades depois da semeadura	21
Quadro 9	Médias dos teores de magnésio trocável ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades de coleta	21
Quadro 10	Análise estatística da diferença de magnésio no solo	22
Quadro 11	Médias dos teores de magnésio trocável ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, antes da semeadura e após a colheita, para diferentes tratamentos	23
Quadro 12	Médias do pH em água, no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos	24
Quadro 13	Médias do pH em água, no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades de coleta	24
Quadro 14	Médias do pH em água, no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos	24

Quadro 15	Médias do pH em água, no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades	25
Quadro 16	Médias dos teores de Hidrogênio mais Alumínio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos	26
Quadro 17	Médias dos teores do Hidrogênio mais Alumínio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades	26
Quadro 18	Médias do Hidrogênio mais Alumínio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos	27
Quadro 19	Médias dos teores Hidrogênio mais Alumínio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades de coleta	27
Quadro 20	Análise estatística da diferença de Hidrogênio mais Alumínio no solo	28
Quadro 21	Médias dos teores de cálcio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos	29
Quadro 22	Médias dos teores de cálcio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades	29
Quadro 23	Médias dos teores de cálcio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos	30
Quadro 24	Médias dos teores de cálcio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades	30
Quadro 25	Análise estatística da diferença de cálcio no solo	31
Quadro 26	Médias dos teores de potássio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos	32
Quadro 27	Médias dos teores de potássio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades de coleta	32
Quadro 28	Médias dos teores de potássio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos	33
Quadro 29	Médias dos teores de potássio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades de coleta	33
Quadro 30	Análise estatística da diferença de potássio no solo	34

Quadro 31	Médias dos teores de potássio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, antes da semeadura e após a colheita, em cada tratamento na camada 0,20-0,40m	34
Quadro 32	Médias dos teores de fósforo (mg dm^{-3}), no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos	36
Quadro 33	Médias dos teores de fósforo (mg dm^{-3}), no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades de coleta	36
Quadro 34	Médias dos teores de fósforo (mg dm^{-3}), no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos	37
Quadro 35	Médias dos teores de fósforo (mg dm^{-3}), no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades	37
Quadro 36	Análise estatística da diferença de fósforo no solo	37
Quadro 37	Análise de variância para elemento carbono antes da semeadura	39
Quadro 38	Médias dos teores de carbono, no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos	39
Quadro 39	Médias do carbono, no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades	39
Quadro 40	Médias dos teores de carbono, no solo; depois da semeadura nos diferentes tratamentos	40
Quadro 41	Médias dos teores de carbono, no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades	40
Quadro 42	Análise estatística da diferença de carbono no solo	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Curva de retenção de água no solo	14
Figura 2	Balanço hídrico para cultura de aveia	17
Figura 3	Precipitação ocorrida durante o período do experimento	17
Figura 4	Valores médios da produção massa seca observada em campo e estimado	18
Figura 5	Teor entre o magnésio trocável, no solo, e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia, para diversas camadas do solo expressa em cm	22
Figura 6	Teor entre o pH em água do solo e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia, para diversas camadas do solo expressas em cm	25
Figura 7	Teor de cálcio, no solo, e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia, para diversas camadas do solo expressas em cm	31
Figura 8	Teor de potássio, no solo, e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia, para diversas camadas do solo expressas em cm	35
Figura 9	Teor de fósforo, no solo, e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia para diversas camadas do solo expressas em cm	38
Figura 10	Teor entre o carbono, no solo, e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia, para diversas camadas do solo, expressas em cm	41

RESUMO

CABRAL, Juarez Rogério, Universidade Estadual de Maringá, fevereiro de 2006. **Efeitos da aplicação de águas residuárias de fecularia de mandioca na produção de aveia preta e sobre as propriedades químicas do solo.** Professor Orientador. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas: Conselheiros: Prof. Dr. Altair Bertonha e Prof. Dr. Antonio Saraiva Muniz.

A industrialização da mandioca, no Brasil, gera resíduo líquido oriundo de constituição vegetal e de lavagem na ordem de 3m^3 por tonelada de raiz processada. A diversidade de processos industriais adotados para obtenção de diferentes produtos como fécula, polvilho azedo e farinha dificulta a generalização da composição destes resíduos, fato que tem dificultado a comparação de resultados de diferentes trabalhos, principalmente por não especificar a composição dos resíduos empregados. O emprego dos cursos de água, como drenos naturais de resíduos destas indústrias, tem contribuído para sua eutrofização principalmente como fonte de nitrogênio, fósforo e destacadamente potássio. Com o propósito de evitar o despejo deste resíduo, nos cursos de água naturais e pensando em otimizar os custos de fertilização e irrigação de culturas, realizou-se este experimento no Campus do Arenito da Universidade Estadual de Maringá, no município de Cidade Gaúcha, com a cultura da aveia preta, avaliando-se os efeitos dos níveis de água residuária (0, 150, 300, 450 e $600\text{ m}^3\text{ha}^{-1}$) como também os efeitos residuais da sua aplicação no solo. O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a influência da aplicação de diferentes níveis de água residuária de fecularia de mandioca na produção de aveia preta, bem como seu efeito residual nas propriedades químicas do solo.

Palavras-chave: Efluente bruto, água residuária, irrigação.

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 30 anos, a produção mundial da mandioca foi de 97 milhões de toneladas de raiz para 170 milhões de toneladas, sendo mais acentuada entre os anos de 1970 a 1985, crescendo 2,6% ao ano e reduzindo-se, posteriormente, para 1,6%, porém atualmente estes valores aumentaram diante da grande utilidade de seus subprodutos.

No Brasil, em 1970, a produção atingiu aproximadamente cerca de 30 milhões de toneladas, alcançando seus menores valores em 1984, 21 milhões de toneladas e em 1998 com 19,8 milhões de toneladas, devido aos grandes subsídios dado ao trigo. A produção nacional está, atualmente, concentrada nos Estados do Paraná 18%, Pará 17% e Bahia 17% (TAKAHASHI et al., 2002).

O cultivo da mandioca iniciou-se no Estado do Paraná há pelo menos 50 anos. A partir dos anos 80, deixou de ser uma cultura de subsistência para ser utilizada como alternativa para reforma de áreas de pastoreio. Atualmente, o Paraná, com a cultura da mandioca, destaca-se no cenário nacional em produtividade e qualidade de seus subprodutos.

No processo de obtenção dos produtos derivados da mandioca, como farinha, fécula (amido ou polvilho doce) polvilho azedo e sagu, sempre ocorrem as formações de resíduos em grandes quantidades e volume, resíduos estes constituídos de manipueira, cascas, água de lavagem, e bagaço ou massa, que acarretam problemas ambientais, principalmente em rios.

No Estado do Paraná, segundo Groxko (2003), a cultura concentra-se nas regiões de Paranavaí, Umuarama, Toledo, Campo Mourão, Cascavel, Francisco Beltrão e Maringá, com 79% da área plantada e 83% da produção do Estado.

Um aspecto importante ressaltado por Fioretto et al. (2001) é que o solo pode absorver bem as águas aplicadas, principalmente nos meses secos, quando se concentra a maior produção de mandioca industrial na região centro-sul do país, coincidindo com uma época de menor precipitação pluviométrica, em que a baixa vazão dos cursos d'água acentua os efeitos da

poluição. E, paralelo a isso, coincide ainda com a época de maior déficit d'água no solo. Como a região noroeste do Paraná identifica-se como importante área de criação de gado (leite/corte), e tal atividade rural convive harmoniosamente com a lavoura de mandioca (ambas situadas em solos com característica de textura, predominantemente média a arenosa, com as suas peculiaridades quanto ao conhecido déficit de nutrientes e de matéria orgânica e, principalmente, capacidade de armazenamento de água), é que se vislumbra a real possibilidade de se utilizar o efluente líquido de fecularia de raiz de mandioca como fonte suplementar de fertirrigação para áreas de pasto, que visa maior produção e oferta de massa verde para os animais.

O órgão ambiental do Estado IAP - Instituto Ambiental do Paraná, diante da legislação ambiental, permite que se apliquem apenas $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ do efluente no solo e de acordo com Imhoff e Imhoff (1986), o solo funciona como filtro natural, cuja quantidade se traduz como uma precipitação de $15 \text{ mm ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

No presente trabalho objetivou-se avaliar os efeitos da água residuária de fecularia de mandioca na produção da aveia, como também no perfil do solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Dados da FAO (2004) mostraram que a produção mundial de mandioca vem crescendo, em especial nos países africanos, onde a cultura se constitui na principal fonte energética de um grande contingente populacional. Em 1970, a produção de raízes tuberosas de mandioca era de 96,9 milhões de toneladas e em 2002 alcançou 184,7 milhões de toneladas, com aumento de 90,6 % no período de trinta e dois anos. A idéia de se utilizar o efluente industrial como fonte complementar de água e nutrientes para a fertirrigação, assim como o estudo de alternativas de aproveitamento de nutrientes oriundos de efluentes, não é recente. De acordo com Imhoff (1986), publicou-se pela primeira vez, em 1906, um livro com o propósito de fornecer dados sumários para serem utilizados por engenheiros, destinados à técnica de coleta e ao tratamento dos esgotos de um território industrial densamente povoado.

De acordo com Groxko (2003), a produção brasileira de mandioca apresentou os piores resultados entre os anos de 1996 e 1999, oscilando entre 18 e 20 milhões de toneladas ano⁻¹. Após aquele período, as últimas safras apresentaram uma estabilidade próxima a 23 milhões de toneladas, porém, este valor ainda está muito abaixo dos 30 milhões alcançados em 1970.

Segundo Braile e Cavalcanti (1979), a aplicação da vinhaça ou restilo, no solo, como método de irrigação da lavoura foi efetuada no Brasil, primeiramente, no Estado de Pernambuco.

Em conformidade com Andrade (1966), citado por Vieira (1986), as primeiras experiências com aplicação de vinhaça na lavoura canavieira, como fertilizante na cultura da cana-de-açúcar, datam de 1918.

Segundo Vieira (1986), o Prof. Justus Max Liebuig, da Escola de Engenharia e Química de Pernambuco, propôs, em 1924, a utilização da vinhaça como fertilizante dos canaviais. Posteriormente, segundo Almeida (1952) e Vieira (1983), em 1943, o Prof. Gonçalves de Lima desenvolveu as primeiras aplicações sistemáticas de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar e patenteou um método de utilização da vinhaça na lavoura, tendo posteriormente transferido o registro para o Estado de Pernambuco.

Na década de 50, Bergamin (1953) alertava para a poluição dos mananciais através dos resíduos produzidos pelas farinheiras, quando devolvidos ao leito de captação de água. Recentemente, os sistemas biológicos de tratamento de águas residuárias têm recebido uma crescente atenção, pois representam uma alternativa na remoção de poluentes e/ou produção de biomassa (DEBUSK; REDDY, 1987). Sobrinho (1975) afirmou que, devido à elevada carga orgânica e compostos poluentes contidos no efluente industrial de fecularia, mesmo diluído, quando comparado com a manipueira das farinheiras, o esgotamento dessa água residual pode trazer sérios problemas de poluição ambiental.

Patza et al. (1983) também reconheciam a elevada carga orgânica e não visualizavam, à época, aproveitamento econômico algum do efluente de mandioca, razão pela qual apresentam preocupação apenas quanto à forma de adequá-lo aos padrões ambientais vigentes e, só assim, despejá-lo. Dessa forma, acreditava-se que “uma das alternativas mais promissoras de tratamento de vinhoto tem sido a digestão anaeróbica pelo reator de leito de lodo com fluxo ascendente e pelo filtro anaeróbico, que, apesar das elevadas eficiências nesses tratamentos, caso o lançamento final seja em rios ou em outras coleções de águas, haverá necessidade de um pós-tratamento, normalmente, constituído de lagoas de estabilização, lagoas aeradas ou lodos ativados”.

Corroborando com esse pensamento, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB, 1990) considera as indústrias de amido altamente poluidoras, e segundo Silva et al. (1996), a fiscalização do destino dos resíduos líquidos é exercida pela ação dessa agência ambiental que impõe rígida normatização sobre o assunto.

A pesquisa na área de tratamento de resíduos está voltada principalmente para os problemas de poluição urbana e, mais recentemente, tem-se trabalhado sobre o problema da vinhaça, provavelmente devido ao volume gerado pelas indústrias sucro-alcooleiras. Nesse raciocínio, Takahashi (1987) afirmou que “a manipueira, devido a sua composição, pode também vir a ser utilizada, passando de resíduo a subproduto”. É provavelmente nesse sentido que a metodologia para utilização do efluente de mandioca segue a mesma utilizada para o efluente da indústria sucro-alcooleira, ou seja, aplicá-la

em uma única dose, antes do preparo do solo ou do plantio, a fim de realizar fertilização líquida do solo ao invés de utilização como fertirrigação; esconde, contudo, por trás dessa “cortina ambiental”, o real interesse de se desfazer desse problemático resíduo. Nesse pensamento, Vieites e Brinholi (1994) e Vieites (1998) ainda desenvolveram estudos sobre como utilizar a manipueira aplicada em dose única.

Provavelmente, em função das inúmeras variáveis que interagem no sistema, poucas dessas pesquisas são postas em prática. Branco et al. (1985) desenvolveram um estudo no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada de São Paulo, na cidade de São Carlos, no sentido de integrar algumas das muitas formas de tratamento de resíduos orgânicos e criar um sistema dotado da estabilização para produzir, economicamente, vegetais (entre outros), que poderão ser utilizados para operar algumas partes desse sistema. Dentre essas etapas, está a aplicação do efluente que utiliza o sistema de irrigação.

Observa-se, desde a época do referido trabalho até os dias de hoje, certa resistência quanto à utilização do efluente, mesmo o de origem orgânica para a produção de alimento direto ao consumo humano, em razão da carência de estudos na área de transferência de contaminantes que venham a comprometer o desenvolvimento da atual ou da geração futura, preferindo-se a produção de massa verde para consumo animal. Essa mesma resistência é compartilhada por Braile e Cavalcanti (1979) ao apresentarem recomendações ou limitações para irrigação com águas residuárias em países como: Estados Unidos, Israel, África do Sul e Alemanha.

Segundo Cereda (1994), ainda não é possível falar em manejo dos resíduos de industrialização de mandioca no Brasil, mas em indicações de uso. Nesse aspecto, algumas áreas encontram-se mais adiantadas em pesquisas que em outras, o que por si só, justifica todo o desenvolvimento e somatória de esforços e estudos procuram enriquecer as informações nessa área ambiental, de conservação de água e utilização de despejo industrial.

Fioretto et al. (2001) relataram que se pode deprender que a manipueira apresenta-se como um material não esgotado, podendo ser utilizada como fertilizante, de forma a aproveitar e reciclar os nutrientes no solo, evitando-se, assim, os despejos nos cursos d’água. No contexto agro-industrial, esconde-se um gravíssimo problema de ordem ambiental, muito pouco

enfocado diante da expressividade e potencialidade econômica da cultura e de seus múltiplos derivados, que é a água residuária, oriunda do processo de transformação da raiz de mandioca em farinha ou, principalmente, em fécula.

Wayne (1995), trabalhando em áreas com grande concentração de fazendas de produção de suínos nos Estados Unidos, verificou que os benefícios da economia de escala, entre outros, terminam por ocultar os problemas dessa concentração; dentre elas, a questão ambiental referente à também excessiva produção de efluente (sólido e líquido).

De acordo com os dados técnicos industriais, uma fecularia que processe 200 t dia^{-1} de raiz de mandioca produz, em média, $40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de água residuária durante doze horas de funcionamento; tempo médio necessário para beneficiar essa quantidade de raiz, ou seja, $480 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ ($2,4 \text{ m}^3$ de água residuária por tonelada de raiz processada). Nessa ordem, produziu-se no Paraná, durante a safra de 2000/2001, algo em torno de $10.648.800 \text{ m}^3$ de efluente.

Partindo-se do princípio de que a água é considerada hoje, e mais do que nunca, um limitado e vulnerável recurso natural essencial para a vida, o volume de água utilizado pelas indústrias de fécula de mandioca do Paraná, em apenas um ano, é transformado em efluente, impossibilitado de ser posteriormente reutilizado como fonte ou recurso hídrico convencional, razão mais do que suficiente para demonstrar a importância que o setor público ambiental deverá ter com esse resíduo acumulado, proibido de ser lançado nos mananciais de forma bruta e não maturada em função das suas particularidades físico-químicas. Usualmente, o IAP, órgão ambiental do Estado, diante da legislação vigente, permite que as indústrias desse setor apliquem apenas $150 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ do efluente no solo que, segundo Inhoff et al. (1986), que funciona como filtro natural, quantidade essa que se traduz como uma precipitação de 15 mm ano.

Edward e Daniel (1992) afirmaram que uma das maiores críticas que o uso de despejos como fonte de fertirrigação recebe é em função da tendência de aplicações repetitivas próximas a fontes e cursos de águas, as quais deixam essas regiões de produção intensiva vulneráveis a impactos ambientais negativos, e cujas aplicações contínuas podem aumentar o potencial de degradação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Lyra (2002), trabalhando com lagoas de usinas de cana-de-açúcar, afirmou que a área, sob influência da lagoa de distribuição, apresentou-se como uma fonte de poluição pontual. Fernandes Jr. e Takahashi (1994) afirmaram que as farinheiras e fecularias no país geralmente estão localizadas de forma concentrada devido, principalmente, às características edafoclimáticas, agravando o problema de poluição nessas regiões.

Mavrogianopoulos et al. (2001) também afirmaram que o principal problema com a utilização de efluentes para a irrigação na agricultura advém da possibilidade de contaminação de metais pesados, traço de elementos químicos e compostos orgânicos em poluir lençóis freáticos. Em muitos esgotos industriais e agrícolas, altos níveis de poluentes orgânicos estão freqüentemente associados a diversos metais (Boniardi et al., 1999).

Fernandes et al. (1993) postularam que a reciclagem agrícola, como alternativa de eliminação de um despejo industrial de origem orgânica, desde que feita com critérios, figura como possibilidade eficiente e viável economicamente. No contexto de impacto ambiental, poluição do solo, Lynch (1984), comentando a aplicação de efluente no solo, diz que a DBO (demanda bioquímica de oxigênio) poderia também reduzir as concentrações de oxigênio do solo, e a presença de ácidos orgânicos poderia resultar em fitotoxicidade. Há poucos estudos a esse respeito, além de muitas controvérsias. Alguns autores afirmaram que o solo é o filtro natural e pode, inclusive, receber despejo por inundação (BRAILE; CAVALCANTI, 1979); e a infiltração no solo é o processo de tratamento mais natural que existe, ao mesmo tempo em que oferece uma proteção eficiente das águas contra os efeitos da poluição.

Para Bernardes (1996) e Sampaio (1999), existem dois aspectos que justificam o reuso de águas residuárias: os aspectos ecológicos e os econômico-sociais. No primeiro, com a disposição no solo dessas águas, pode-se reter em grande parte a matéria orgânica nelas contidas, minimizando os impactos negativos que esses resíduos promovem no meio aquático; e o segundo, é uma proposta viável tanto de tratamento como de alternativas de reciclagem de minerais. Quanto à mobilidade e interação dos compostos na solução do solo, as trocas na concentração dessa solução, bem como as taxas de troca, são maiores em solos com uma baixa capacidade de retenção (textura arenosa) do que solos com alta capacidade de retenção (textura

argilosa) (YARON et al., 1996). No que se refere ao comportamento químico no solo, um dos mais estudados é o do nitrogênio em seus diferentes estágios. Nos trabalhos de Shepherd (1996) e Gavi et al. (1997), encontram-se grandes preocupações, em especial, com os nitratos, e estas preocupações tornam-se particularmente importantes nos casos em que a mineralização do nitrogênio orgânico não acompanha a absorção pela cultura, provocando a lixiviação desse elemento.

Setti (2001) asseverou que o transporte do nitrogênio mineral em solos tem, nos últimos anos, merecido atenção especial. Balasubramania et al. (1976), citados por Prevedello (1996), estudaram a movimentação de água e do íon nitrato em colunas de solo com diferentes umidades iniciais e taxas de infiltração. Os autores assumiram a não-ocorrência de processos de perdas e ganhos para o íon nitrato. Sobre o mesmo tema, Yaron et al. (1996) afirmaram que a distribuição do nitrato não é correlacionada com uma característica específica do solo, mas, usualmente, segue o movimento da água através do solo, em contraste com o nitrogênio amoniacal fixado, cuja distribuição está correlacionada com a profundidade na presença do material argila. Ainda, segundo Yaron et al. (1996), para que um determinado elemento ou composto contido no efluente ou no solo seja considerado tóxico, não está diretamente ligado à sua quantidade, mas quando esse elemento (ou composto) sai da sua forma neutra e passa para a sua forma iônica e livre (principalmente na solução do solo). Dessa forma, o sistema do solo compreende um dinâmico e complexo campo de interação entre os constituintes orgânicos e inorgânicos e, a qualquer momento, a concentração de um determinado poluente na fase líquida do solo é governada por uma série de reações, como: equilíbrio de oxidação-redução, formação de complexos ligantes, precipitação, entre outros. Aronsson e Bergstrom (2001), irrigando com despejo industrial (rico em composto nitrogenado) um solo arenoso, plantado com vime (*Salix viminalis*) e monitorado com lisímetro, determinaram um suporte de aplicação de efluente correspondente a uma carga total de até 190 kg N ha^{-1} sem perda substancial ou significativa por percolação de nitrato.

Segundo Gomes (2002), formas nítricas (nitrito e nitrato) proporcionam riscos mortais quando ingeridas, pois interagem com os componentes do sangue dos seres vivos, influenciando no transporte de oxigênio.

Oliveira et al. (2001) afirmaram que águas já são consideradas contaminadas com teores acima de 3 mg L^{-1} de nitrato. Países como os Estados Unidos, além de limitar a concentração do nitrogênio mineral na água potável em 10 mg L^{-1} , vem incentivando pesquisas relacionadas à mineralização aos riscos de contaminação desse nutriente em água subterrânea, padrão estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que já foi adotado no Brasil pela Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos do Ministério da Saúde (ANVISA, 1990). No que tange ao uso de resíduos como fertilizantes orgânicos, Rodrigues (2001), estudando águas residuárias de laticínios e frigoríficos, evidenciou que as mesmas são fontes de matéria orgânica e nutrientes minerais e podem contribuir para o aumento na produção de alimentos e na melhoria da qualidade ambiental quando aplicadas ao solo de forma correta. Da mesma forma, Juchen (2000), também utilizando águas residuárias de laticínios e frigoríficos em fertirrigação, concluiu que o seu uso pode substituir perfeitamente as adubações químicas nitrogenadas.

Sediyama et al. (1995), descrevendo esterco animal, compostos orgânicos e águas residuárias de agroindústrias, afirmaram que como adubo é prática agrônômica a viável $0,60\text{cm}$, pois, além das vantagens proporcionadas à exploração agrícola, ela minimiza o descarte nos cursos de água.

Freitas et al. (2004) avaliaram o efeito da aplicação de quatro lâminas de água residuárias da suinocultura sobre os componentes de produção da cultura do milho para silagem. Os tratamentos constaram da aplicação de lâminas proporcionais a evapotranspiração da cultura de referência (ET_0) 0,5, 1,0 1,5 e 2, 0. Aplicação de água residuária proporcionou um aumento de produtividade da ordem de 51% em relação à testemunha. Observaram que houve aumento na concentração de potássio após a aplicação.

Paula et al. (1999) avaliaram a vinhaça como fonte de potássio para cultura do abacaxizeiro e seus efeitos sobre as características químicas do solo. Os tratamentos constaram de quatro níveis de vinhaça 0, 100, 200 e $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e verificou-se que houve aumento da concentração de potássio na camada 0 a $0,20\text{m}$.

Silva (2003) avaliou o efeito de três níveis de água residuária de fecularia de mandioca, 0, 450 e $900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ na cultura do sorgo. Encontrou a maior produtividade para o nível de $900 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ sendo esta de $27.760 \text{ kg ha}^{-1}$.

Analisou também os efeitos residuais dos elementos no solo após as aplicações e observou reduções nos elementos: potássio, fósforo e pH, para as camadas de 0,00-0,20m e 0,20-0,40m.

2.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS

A aveia preta é uma gramínea de inverno que apresenta dois sistemas radiculares: um seminal e outro de raízes permanentes (FLOSS, 1982). O colmo é cilíndrico, ereto e glabro, composto de uma série de nós e entrenós. As folhas inferiores apresentam bainha, lígula obtusa e margem denticulada, com lâmina de 0,14 a 0,40 m de comprimento. Os nós são sólidos. A inflorescência é uma panícula com glumas aristadas ou não. O grão de aveia é uma cariopse, semicilíndrico e agudo nas extremidades, encoberto pela lema e pela pálea. É uma espécie rústica, pouco exigente em fertilidade de solo, que tem se adaptado bem nos Estados do Paraná, de Santa Catarina, do Rio Grande do Sul, de São Paulo e do Mato Grosso do Sul (DERPSCH; CALEGARI, 1992). Possui grande capacidade de perfilhamento e sementes menores quando comparadas às da aveia branca.

A aveia preta caracteriza-se por crescimento vigoroso e tolerância à acidez nociva do solo, causada pela presença de alumínio. É a forrageira anual de inverno mais usada para pastejo no inverno, no Sul do Brasil. É espécie mais precoce do que a maioria dos cereais de inverno, inclusive quando comparada com azevém. A aveia preta presta-se para consorciação com espécies como azevém, centeio, ervilha-forrageira, ervilhaca, serradela, trevo branco, trevo vermelho, trevo vesiculoso e trevo subterrâneo. Quando se pretende a forragear até o fim da primavera e início do verão, pode-se consorciar a aveia preta com azevém, mais trevo vesiculoso, ou com trevo vermelho, ou trevo branco e/ou cornichão.

A aveia preta pode ser pastejada diretamente ou conservada como feno ou silagem ou, ainda, cortada mecanicamente para distribuição em cochos. É uma cultura adequada para uso em sistemas de rotação de culturas com cevada, com trigo, com centeio e com triticales, pois diminui a população de alguns patógenos que afetam esses cereais, tais como: a podridão comum, *Bipolaris sorokiniana* (REIS; BAIER, 1983), e, também, o mal-do-pé,

Gaemannomyces graminis var. *tritici* (SANTOS; REIS, 1995). Assim, aveia preta e aveia branca podem compor sistemas de integração de lavoura com pecuária que não favoreçam as doenças do sistema radicular para a cultura de trigo (SANTOS; REIS, 1994).

2.2 ADAPTAÇÃO E ESTABELECIMENTO

A aveia preta desenvolve-se em regiões temperadas e nas subtropicais, sendo cultivada tanto ao nível do mar como em altitudes de 1.000 a 1.300m (DERPSCH; CALEGARI, 1992). A aveia preta necessita de temperatura basal mais elevada, em comparação a outros cereais de inverno. Por isso, apresenta ciclo produtivo mais longo no outono e na primavera, podendo, em invernos muito frios, apresentar uma taxa de crescimento reduzida.

A aveia preta caracteriza-se pela rusticidade; adapta-se bem a grande variedade de solos, preferindo, porém, os argilosos, nos quais não ocorre estagnação de água, é menos sensível à acidez do solo do que trigo, vegeta bem em solos com pH de 5 a 7, responde à fertilização do solo, com aumento do rendimento de biomassa e, a adubação de manutenção e nitrogenada de cobertura deve seguir a recomendação para a cultura (SBCS, 1995).

A época de semeadura pode variar de março a junho, dependendo da finalidade de uso – cobertura do solo ou produção de sementes (CALEGARI, 1998).

A aveia preta pode ser estabelecida em sistema plantio direto. Quando semeada em linha, recomenda-se o mesmo espaçamento usado para trigo (0,17 a 0,20 m). Para produção de semente, é recomendável a densidade de 250 a 300 sementes aptas m^{-2} e 350 a 400 sementes aptas m^{-2} para duplo propósito (pastagem e produção de grãos) ou formação 0,60m de pastagem. A quantidade de semente a ser usada varia de 60 a 80 $kg\ ha^{-1}$, dependendo do poder germinativo e do peso de 1.000 sementes, o qual oscila entre 12 e 18g.

A profundidade de semeadura recomendada é de 0,03 a 0,05m. Quando semeada a lanço, deve-se usar 30 a 50% a mais de semente; quando consorciada, recomenda-se de 50 a 60 $kg\ ha^{-1}$ de semente. Aproximadamente 60 dias após a emergência, com cerca de 0,30m de estatura, a aveia preta apresenta disponibilidade de 1.000 a 1.500 $kg\ ha^{-1}$ de massa seca, ou seja, 0,6 a 1,0 $kg\ m^{-2}$ de forragem verde, com 15 a 18% de massa seca.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO

O experimento foi realizado no Campus do Arenito – Universidade Estadual de Maringá, município de Cidade Gaúcha, latitude 23°22'30" Sul, longitude 52°56'00" Oeste e altitude média de 404m. O clima da região é subtropical úmido mesotérmico, conforme classificação de Köppen, verões quentes com tendência de concentração das chuvas, temperatura anual média de 22°C, invernos com geadas pouco frequentes sem estação seca definida. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, originado do arenito Caiuá.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

3.2.1 Análise da fertilidade do solo

Para a avaliação da fertilidade do solo, foram retiradas sub-amostras de solo, antes da semeadura e após a colheita em quatro profundidades: 0,00-0,05m; 0,05-0,10m; 0,10-0,20m e 0,20-0,40m, totalizando 160 amostras. No dia 30 de maio de 2004, realizaram-se as coletas de solo nas profundidades estudadas e após semeou-se a aveia preta (IAPAR 61).

A amostragem de solo, após a colheita, foi realizada com objetivo de avaliar o efeito residual da aplicação da água residuária de fecularia de mandioca sobre a fertilidade do solo.

Colheu-se a aveia no dia 13 de agosto e no dia 14 de agosto coletaram-se as amostras de solo, conforme havia sido feito na primeira coleta antes das aplicações da água residuária.

No Quadro 1, estão apresentados os resultados da análise química de solo obtidos antes da semeadura da cultura da aveia. Realizou-se análise estatística dos dados dos elementos com objetivo de detectar se as diferenças entre as quantidades destes nutrientes entre tratamentos não poderiam

influenciar nos resultados destes.

Quadro 1 – Resultados da análise química de solos das unidades experimentais antes da semeadura

Tratamento	Bloco	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	P
		Cmol _c dm ⁻³		mg dm ⁻³	
T ₀	1	2,46	0,96	0,21	10,0
	2	1,42	0,81	0,21	12,5
	3	1,77	1,10	0,16	7,5
	4	1,14	0,66	0,21	8,8
T ₁	1	2,51	0,76	0,26	10,8
	2	1,19	0,73	0,22	13,2
	3	2,06	1,21	0,18	11,0
	4	1,07	0,68	0,31	17,2
T ₂	1	2,29	0,95	0,24	9,8
	2	1,37	0,77	0,21	7,5
	3	2,04	1,13	0,17	12,8
	4	1,73	0,81	0,33	14,5
T ₃	1	2,41	0,95	0,22	8,8
	2	1,28	0,75	0,23	11,2
	3	2,43	1,31	0,15	12,2
	4	1	0,69	0,27	13,5
T ₄	1	2,3	0,82	0,24	14,2
	2	1,21	0,71	0,27	8,5
	3	2,22	1,31	0,16	13
	4	1,03	0,54	0,31	14,7

Tratamentos: T₀ = Testemunha (Água) e T₁ = 150 m³ ha⁻¹, T₂ = 300 m³ ha⁻¹, T₃ = 450 m³ ha⁻¹ e T₄ = 600 m³ ha⁻¹ (Água Residuária de Fecularia).

3.2.2 Curva de retenção da água pelo solo

A retenção de água pelo solo foi estimada, através da curva de retenção de água, no intervalo de 0 a 1,5 kPa.

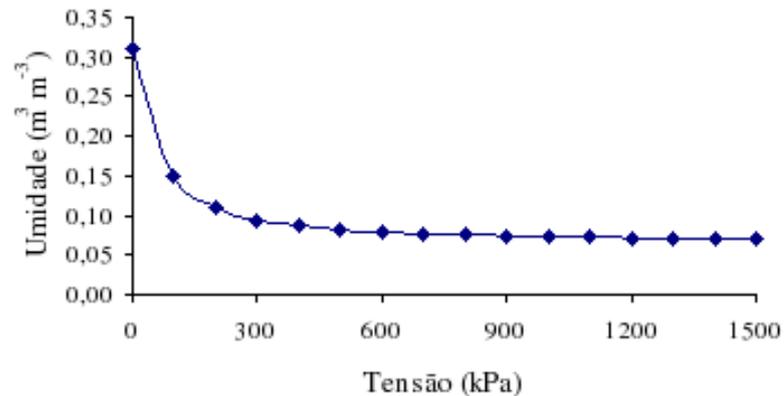


Figura 1 – Curva de retenção de água no solo.

3.3 INSTALAÇÃO DA CULTURA

Para a instalação da cultura da aveia foi utilizado o sistema de preparo convencional do solo, utilizando-se de aração com arado de disco, grade aradora e niveladora.

A cultura de aveia foi semeada em 30 de maio de 2004, manualmente nas parcelas experimentais com dimensões de 2m x 2m que perfaz uma área total de 396 m².

Aplicou-se fertilizante na quantidade de 100 kg.ha⁻¹ de NPK (N – P₂O₅ – K₂O) mediante o uso do formulado 4-20-20, por ocasião da semeadura da aveia.

3.4 TRATAMENTOS

O experimento foi composto por cinco tratamentos com quatro repetições. Os tratamentos foram definidos da seguinte forma: T₀ – Testemunha e aplicação de água residuária de fecularia de mandioca nos demais tratamentos com seguintes quantidades: T₁ – 150 m³ ha⁻¹, T₂-300 m³ ha⁻¹, T₃-450 m³ ha⁻¹ e T₄- 600 m³ ha⁻¹. Sendo águas residuárias, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Época de aplicação da água residuária, segundo os tratamentos

Tratamento	Data de Aplicação				m ³ ha ⁻¹
	23/06/2004	08/07/2004	23/07/2004	05/08/2004	
T ₀	-	-	-	-	-
T ₁	150	-	-	-	150
T ₂	150	150	-	-	300
T ₃	150	150	150	-	450
T ₄	150	150	150	150	600

No Quadro 3, consta o resultado da análise de nutrientes presentes na água residuária aplicada.

Para cada aplicação da água residuária, nas parcelas experimentais, realizou-se análise química desta.

Quadro 3 – Análise de água residuária

Data	PH H ₂ O	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺⁺	P	Cu ⁺⁺	Fe ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Mn	Condutividade mmhos cm ⁻¹
23/06	8,07	4,91	31,00	343,20	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	21,50
08/07	7,90	6,88	27,53	397,80	3,40	0,00	0,00	0,00	0,04	2,00
23/07	7,88	9,21	30,90	336,20	3,35	0,00	0,00	0,00	0,00	22,00
05/08	8,00	6,25	32,16	336,60	2,30	0,00	0,00	0,00	0,03	2,11

No Quadro 4, estão apresentadas as quantidades de nutrientes adicionadas ao solo em cada tratamento pela aplicação da água residuária. Os valores foram calculados, através do somatório das quantidades adicionadas referente a cada aplicação (Quadro 3).

Quadro 4 – Quantidade de nutrientes adicionada ao solo pela aplicação de água residuária (Kg ha⁻¹)

Tratamentos	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	P
		kg ha ⁻¹		
T ₁	0,74	4,65	51,48	0,40
T ₂	1,77	8,78	111,15	0,91
T ₃	3,15	13,41	161,58	1,41
T ₄	4,09	18,24	212,07	1,76

Em 23 de junho, realizou-se a primeira aplicação de água residuária da sexta lagoa de tratamento da fecularia. Para dose correspondente a 150 m³ (Quadro 2) aplicaram-se 60 litros de efluentes em cada parcela. Na testemunha (T₀), foi aplicada a mesma quantidade de água. Observou-se que não foi possível aplicar água residuária em única vez em razão da baixa capacidade de infiltração do solo. Portanto, aplicaram-se 10 litros em cada parcela até ao final de todos os blocos e retornando-se em seguida à primeira, contudo, a aplicação foi feita no mesmo dia.

Em 8 de julho, realizou-se a segunda aplicação de água residuária da sexta lagoa de tratamento da fecularia. Aplicaram-se 60 litros de efluentes em cada parcela. Na testemunha T₀ e no Tratamento T₁, aplicou-se a mesma quantidade de água, após aplicação ocorreu uma precipitação de 47,4 mm, como pode ser observado na Figura 4.

Em 23 de julho, realizou-se a terceira aplicação de água residuária. Aplicaram-se 60 litros da sexta lagoa em cada parcela, com exceção dos Tratamentos T₀, T₁ e T₂, nas quais se aplicou a mesma quantidade de água.

Em 5 de agosto, aplicou-se a quarta dose água residuária. Aplicaram-se 60 litros da sexta lagoa em cada parcela, com exceção dos Tratamentos T₀, T₁, T₂ e T₃, aos quais se aplicou a mesma quantidade de água. Neste período, o solo estava com baixa umidade como pode ser observado na Figura 3, onde está apresentado o balanço hídrico do solo. Tomou-se a decisão de antecipar a aplicação, para suprir o déficit hídrico do solo.

3.5 AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE AVEIA

No dia 13 de agosto coletou-se a massa verde (74 dias após a semeadura) em 1m² da área central de cada parcela que foi pesada. As laterais foram desprezadas, sendo consideradas como bordadura. Em seguida, as plantas foram secas ao sol e, posteriormente, levadas para secagem em estufa de circulação forçada a 65⁰ C para obtenção de massa seca.

3.6 BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO

Para o cálculo do balanço de água, no solo, foi utilizado o software

SISDA 3.5 (COSTA et al., 1997). O balanço hídrico foi realizado com objetivo de determinar o momento da aplicação da água residuária. Os valores da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente foram obtidos a partir da curva de retenção (Figura 1).

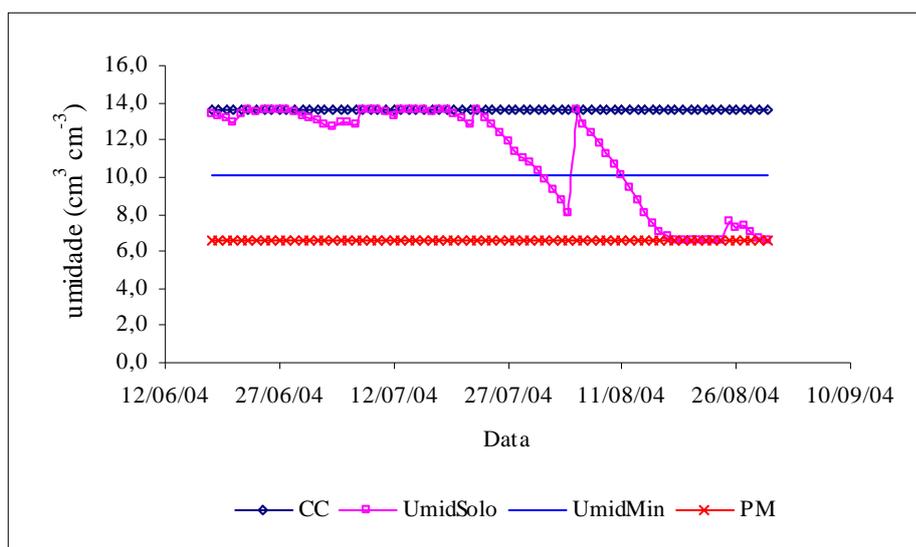


Figura 2 – Balanço hídrico para cultura aveia.

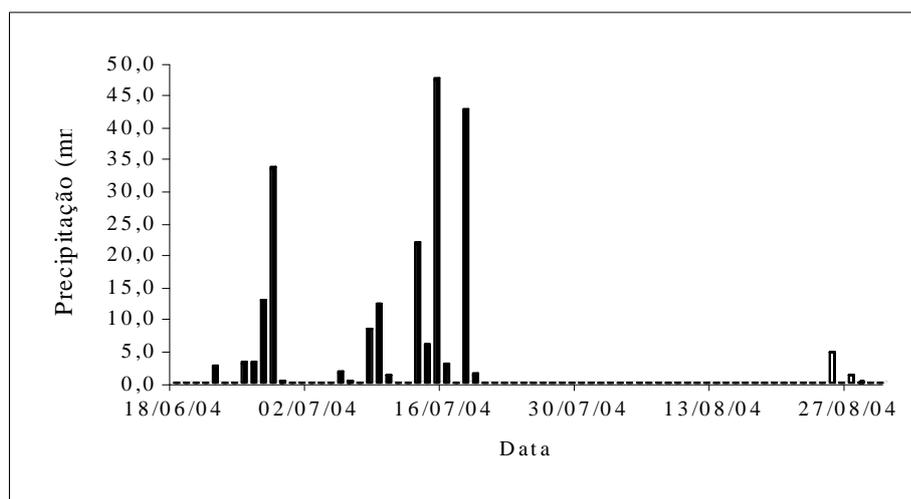


Figura 3 – Precipitação ocorrida durante o período do experimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRODUTIVIDADE

A aplicação de água residuária promoveu acréscimos nas produtividades da cultura da aveia, cujos dados ajustaram a uma regressão quadrática, com significância pelo teste de F em nível de 1% para regressão quadrática. (Figura 4)

A equação obtida pode ser observada a seguir.

$$MS = 2890,25 + 5,003X - 0,00664X^2$$

$$R^2 = 0,95$$

em que:

MS – Massa seca produzida, kg ha⁻¹

X – quantidade de água residuária aplicada em m³ ha⁻¹

Dada a equação de regressão ajustada, o valor máximo de produtividade ocorreu para dose de 376 m³ ha⁻¹, que resulta em produtividade máxima de 3795 kg ha⁻¹, valor este muito abaixo do potencial produtivo,

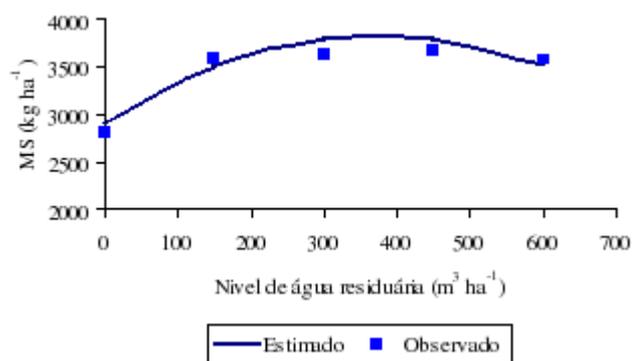


Figura 4 – Valores médios da produção de massa seca obtida em campo e estimada.

A adição de nutrientes via água residuária nas parcelas, não apresentou incremento de grandes quantidades de nutrientes, exceção esta para o elemento potássio em que a adição foi até de 212 Kg ha⁻¹ no máximo. (Quadro 4)

4.2 NUTRIENTES NO SOLO

No Quadro 5, constam os resultados dos quadrados médios da análise de variância dos elementos químicos estudados.

Quadro 5 – Quadrado médio dos resultados da Análise do solo antes da semeadura

Fonte de Variação	G.L.	Quadrado Médio						
		Mg ⁺⁺	pH	H ⁺ + Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	P	C
Tratamento	4	0,022	0,110	0,006	0,082	0,007	28,393	2,703
Prof	3	0,127	0,010	0,057	1,355	0,087	406,712	23,195
Bloco	3	1,098	0,630	1,147	7,041	0,050	43,479	17,597
Trat x Prof	12	0,016	0,050	0,011	0,090	0,001	18,368	1,720
Resíduo	57	0,018	0,060	0,021	0,154	0,002	18,856	2,600

ns - não-significativo

* significativo em nível de 5% probabilidade

4.2.1 Magnésio

Não foi obtido diferença estatística para elemento magnésio entre os tratamentos antes da semeadura da cultura da aveia, e pode-se inferir que a diferença de produtividade entre os tratamentos não pode ser explicada pela diferença de fertilidade do solo nas parcelas experimentais, em análise estatística. (Quadro 5) .

O elemento magnésio não está relacionado como poluente pela legislação ambiental vigente, Resolução do CONAMA 357/2005, razão pela qual se encontra isento nas exigências para as águas, inclusive, de classe 1 ou especial, que são aquelas destinadas ao abastecimento doméstico, sem prévia

ou com simples desinfecção e/ou à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

Outro importante fator a ser destacado é que com o aumento do pH (do efluente bruto para o maturado, de ácido para neutro) o magnésio passa a ficar na forma insolúvel. Chan et al. (1979) mostraram que em solos com pH dependente ou carga variável, o magnésio foi trocável o pH com valor abaixo de 6,0 e vem a ser não trocável a um pH acima de 6,5.

Valores médios do teor de magnésio trocável no solo nas profundidades 0 a 0,40m. (Quadro 6)

Quadro 6 – Média dos teores de magnésio trocável ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nos diferentes tratamentos no solo antes da semeadura, média de quatro repetições

Tratamentos	Dados	Médias
T ₃	16	0,9237
T ₂	16	0,9137
T ₀	16	0,8813
T ₁	16	0,8444
T ₄	16	0,8438

Valores médios do teor de magnésio trocável no solo nas diferentes profundidades antes da semeadura. (Quadro 7)

Quadro 7 – Média dos teores de magnésio trocável no solo ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nas diferentes profundidades antes da semeadura

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,05-0,10	20	0,9485	A
0,00-0,05	20	0,9300	A
0,10-0,20	20	0,8760	A
0,20-0,40	20	0,7710	B

Valores médios do teor de Magnésio no solo ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) depois da semeadura.(Quadro 8)

Quadro 8 – Média dos teores de magnésio trocável no solo ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nas diferentes profundidades depois da semeadura

Tratamentos	Dados	Médias	Comparações
T ₀	16	0,8444	A
T ₄	16	0,7813	AB
T ₃	16	0,7669	AB
T ₁	16	0,7375	B
T ₂	16	0,6888	B

Valores médios do teor de magnésio no solo depois da semeadura.
(Quadro 9)

Quadro 9 – Médias dos teores magnésio trocável no solo ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) depois da semeadura nas diferentes profundidades de coleta

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,00-0,05	20	0,8880	A
0,05-0,10	20	0,8210	A
0,10-0,20	20	0,7235	B
0,20-0,40	20	0,6225	C

Analisou-se a relação entre a produtividade da cultura da aveia com quantidades de magnésio trocável presente para os tratamentos e não se detectou nenhuma tendência que pudesse relacionar a produtividade da aveia com quantidade de magnésio no solo, como pode ser observado na Figura 5. Para todas as camadas analisadas 0,00-0,05m, 0,05-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,40m a dispersão dos dados não permitiu inferir sobre a influência deste elemento na produtividade da aveia.

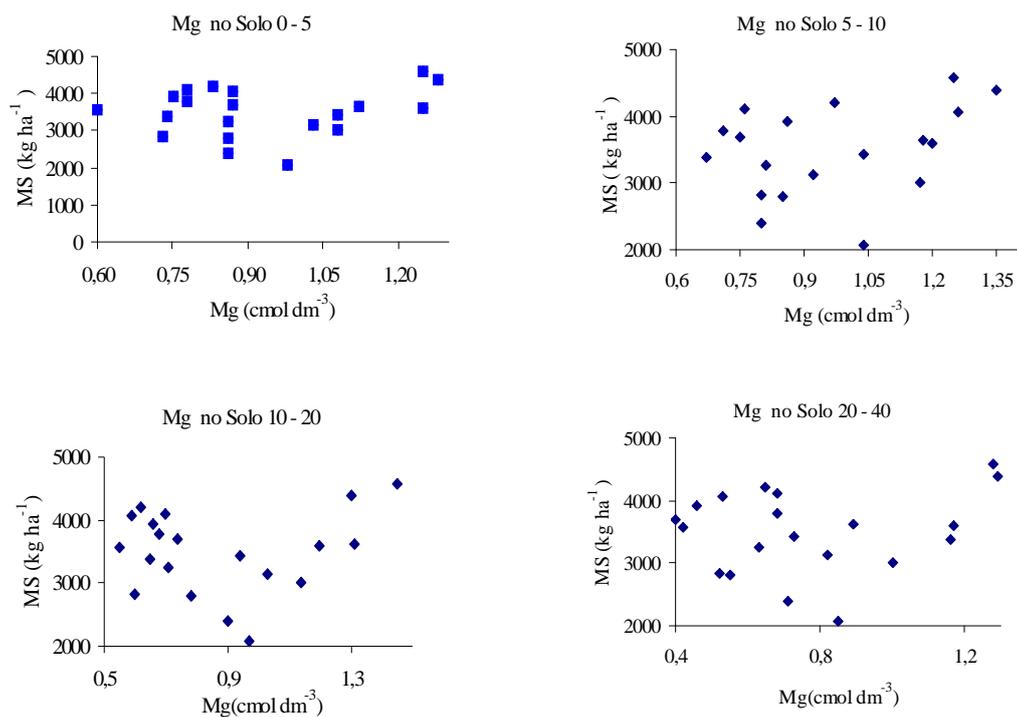


Figura 5 – Teor entre o magnésio trocável no solo e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia para diversas camadas do solo, expressas em cm.

Foi realizada a análise estatística considerando a diferença de magnésio no solo antes da semeadura e após a colheita da cultura da aveia, cuja análise estatística está demonstrada no Quadro 10. Observa-se que houve diferença entre tratamentos em nível de significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto para a profundidade não se observou diferença.

Quadro 10 – Análise estatística da diferença de magnésio no solo

FV	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
Bloco	3	1,69	0,56		
Trat	4	0,32	0,08	3072	0,02179
Prof	3	0,09	0,03	1183	0,32
Resíduo	69	1,77	0,03		

FV = Fonte de Variação, Trat = Tratamentos, Prof= Profundidade.

Valores médios do teor de Magnésio trocável no solo, antes da semeadura e após a colheita. (Quadro 11)

Quadro 11 – Médias dos teores de magnésio trocável no solo (Cmolc dm⁻³) antes da semeadura e após a colheita para diferentes tratamentos

	Antes					Depois				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Média	0,88	0,85	0,92	0,93	0,85	0,82	0,74	0,69	0,76	0,79

4.2.2 pH

Quanto ao pH, Braile e Cavalcanti (1979) afirmam que a concentração hidrogeniônica é um importante parâmetro de qualidade de despejos industriais. A faixa de concentração adequada para a existência de vida ou aplicação no solo, sem danificar o meio receptor, é muito estreita e crítica. Os despejos com concentração inadequada do íon hidrogênio são difíceis de se tratar por métodos biológicos. Quando se reporta para o pH da água residuária de fecularia de mandioca, observa-se que este apresentou característica básica e valor médio de pH igual a 7,96.

Valores médios de pH em água no solo antes da semeadura, cuja análise estatística dos valores de pH em água para os tratamentos não apresentou diferença significativa ao nível de significância de 5% pelo teste de Tukey (Quadro 12) e o valor médio obtido mostrou que o pH do solo ficou próximo de 7,0. Quando compara as profundidades também não foi observada diferença estatística para o pH.

Quadro 12 – Médias do pH em água no solo antes da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias	Comparações
T ₁	16	6,9375	A
T ₄	16	6,9375	A
T ₀	16	6,9250	A
T ₃	16	6,8312	A
T ₂	16	6,8312	A

Valores médios de pH em água, no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades de coleta. (Quadro 13)

Quadro 13 – Médias do pH em água no solo antes da semeadura nas diferentes profundidades de coleta

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,10-0,20	20	6,9100	A
0,05-0,10	20	6,8750	A
0,20-0,40	20	6,8650	A
0,00-0,05	20	6,8600	A

Valores médios de pH em água no solo depois da semeadura nos diferentes tratamentos. (Quadro 14)

Quadro 14 – Médias do pH em água, no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias	Comparações
T ₀	16	6,8688	A
T ₃	16	6,8313	A
T ₄	16	6,8187	A
T ₂	16	6,7813	A
T ₁	16	6,7500	A

Valores médios de pH em água no solo depois da semeadura nas diferentes profundidades de coleta. (Quadro 15)

Quadro 15 – Médias do pH em água no solo depois da semeadura nas diferentes profundidades de coleta

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,00-0,05	20	6,8400	A
0,05-0,10	20	6,8250	A
0,10-0,20	20	6,8000	A
0,20-0,40	20	6,7750	A

Relação entre produtividade da cultura da aveia e o pH em água do solo nas condições estudadas. O valor mínimo do pH foi 6,3 e máximo de 7,6. (Figura 6)

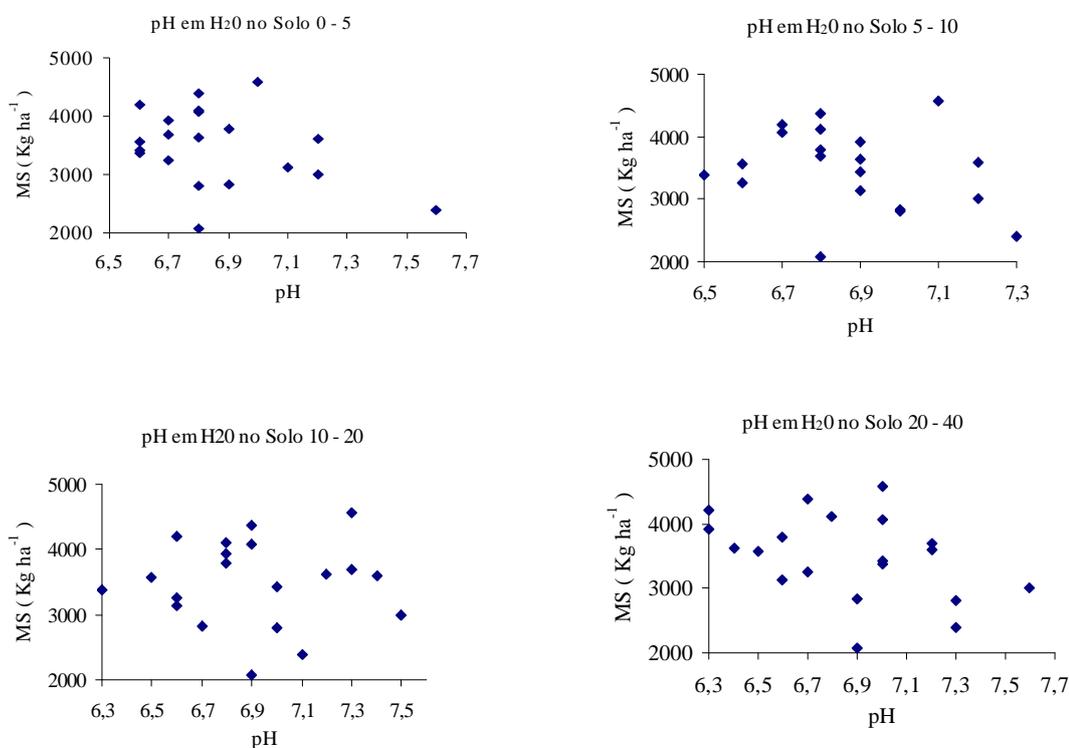


Figura 6 – Teor entre o pH em água do solo e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia para diversas camadas do solo, expressas em cm.

Análise estatística para os valores de pH do solo. Não foi observada diferença estatística na diferença entre as duas coletas, embora a água residuária, como consta no Quadro 3, apresenta valores superiores a 7. Não obstante, o pH da água residuária fosse alcalino as quantidades aplicadas não foram suficientes para interferir no pH do solo.

4.2.3 Hidrogênio + Alumínio

Valores médios dos teores de Hidrogênio+Alumínio no solo, antes da semeadura nos tratamentos. (Quadro 16)

Quadro 16 – Médias dos teores de Hidrogênio mais Alumínio (Cmolc dm⁻³), no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias
T ₁	16	6,9375
T ₄	16	6,9375
T ₀	16	6,9250
T ₃	16	6,8312
T ₂	16	6,8312

Valores médios dos teores de Hidrogênio mais Alumínio, no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades. (Quadro 17)

Quadro 17 – Médias dos teores do Hidrogênio mais Alumínio (Cmolc dm⁻³) no solo antes da semeadura nas diferentes profundidades

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,00 – 0,05	20	1,7030	A
0,05 – 0,10	20	1,6605	AB
0,10 – 0,20	20	1,6505	AB
0,20 – 0,40	20	1,5745	B

Valores médios de teores de Hidrogênio mais Alumínio, no solo, depois da semeadura nos tratamentos. (Quadro 18)

Quadro 18 – Médias do Hidrogênio mais Alumínio ($\text{Cmol}_c \text{dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias
T ₂	16	1,74
T ₁	16	1,74
T ₃	16	1,73
T ₄	16	1,72
T ₀	16	1,71

Valor médio de teores de Hidrogênio mais Alumínio, no solo, depois da semeadura nas profundidades.(Quadro 19)

Quadro 19 – Médias dos teores Hidrogênio mais Alumínio ($\text{Cmol}_c \text{dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades de coleta

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,10 - 0,20	20	1,77	A
0,05 - 0,10	20	1,76	A
0,00 - 0,05	20	1,73	AB
0,20 - 0,40	20	1,65	B

Análise estatística para os valores de Hidrogênio mais Alumínio no solo. (Quadro 20)

Quadro 20 – Análise estatística da diferença de Hidrogênio mais Alumínio no solo

FV	G.L.	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
Bloco	3	0,2177	0,0725		
Trat	4	0,0186	0,00465	0,168	ns
Prof	3	0,1082	0,0360	1,301	0,28111
Resíduo	69	1,9136	0,0277		

FV = Fonte de Variação, Trat = Tratamentos, Prof= Profundidade.

4.2.4 Cálcio

A concentração de cálcio, na água residuária de fecularia, era de 6,81 mg dm⁻³ na forma solúvel. Sob a ótica ambiental, esse elemento não é considerado poluente ou tóxico. Monitorado apenas pela sua real importância, pertencente ao grupo dos macronutrientes, sob a ótica agrônômica.

No Quadro 21, estão apresentados os valores médios da quantidade de cálcio. Pode-se observar que não houve significância em nível de 5% pelo teste de Tukey, quando testou as diferenças entre tratamentos. Isto demonstrou que constavam diferenças entre as produtividades da cultura da aveia não foram afetadas pelas diferenças entre este elemento presente no solo e, que antes da semeadura da cultura de aveia, os valores de cálcio encontrados no solo não apresentaram diferença estatística pelo testes de Tukey em nível de 5% de probabilidade. O maior valor encontrado foi 1,86 cmol_c dm⁻³ na parcela de tratamento T₂, enquanto o menor valor 1,69 cmol_c dm⁻³ no tratamento T₄. A diferença foi 0,17 cmol_c dm⁻³.

Quadro 21 – Médias dos teores de cálcio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias
T ₂	16	1,86
T ₃	16	1,78
T ₁	16	1,71
T ₀	16	1,70
T ₄	16	1,69

Com relação aos valores demonstrados no Quadro 23, encontrou-se diferença estatística em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey dos tratamentos T₀ e T₄ dos demais tratamentos. O tratamento T₂ apresentou maior valor de produtividade, (Figura 5) e tratamento T₀ menor valor e no Quadro 24 os valores de cálcio encontrados no solo após a semeadura, e que nas parcelas T₀ e T₂ que foram observadas o menor e maior valor de cálcio, respectivamente, isto porque ocorreram reduções nos níveis de cálcio para todos os tratamentos após colheita da aveia.

Nos Quadros 22 e 24, encontrou-se redução, também, nos valores de cálcio, em todas as profundidades analisadas.

Quadro 22 – Médias dos teores de cálcio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,05 – 0,10	20	1,96	A
0,00 – 0,05	20	1,90	A
0,10 – 0,20	20	1,75	A
0,20 – 0,40	20	1,38	B

Valor médio de teores de cálcio no solo depois da semeadura nos diferentes tratamentos. (Quadro 23)

Quadro 23 – Médias dos teores de cálcio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias	Comparações
T ₀	16	1,71	A
T ₄	16	1,46	AB
T ₃	16	1,42	B
T ₁	16	1,41	B
T ₂	16	1,40	B

Valor médio de teores de cálcio, no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades. (Quadro 24)

Quadro 24 – Médias dos teores de cálcio ($\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,00 – 0,05	20	1,61	A
0,05 – 0,10	20	1,60	A
0,10 – 0,20	20	1,55	A
0,20 – 0,40	20	1,16	B

Não existiu uma relação entre a produtividade da cultura e a concentração de cálcio (Ca) no solo, como demonstra na Figura 7

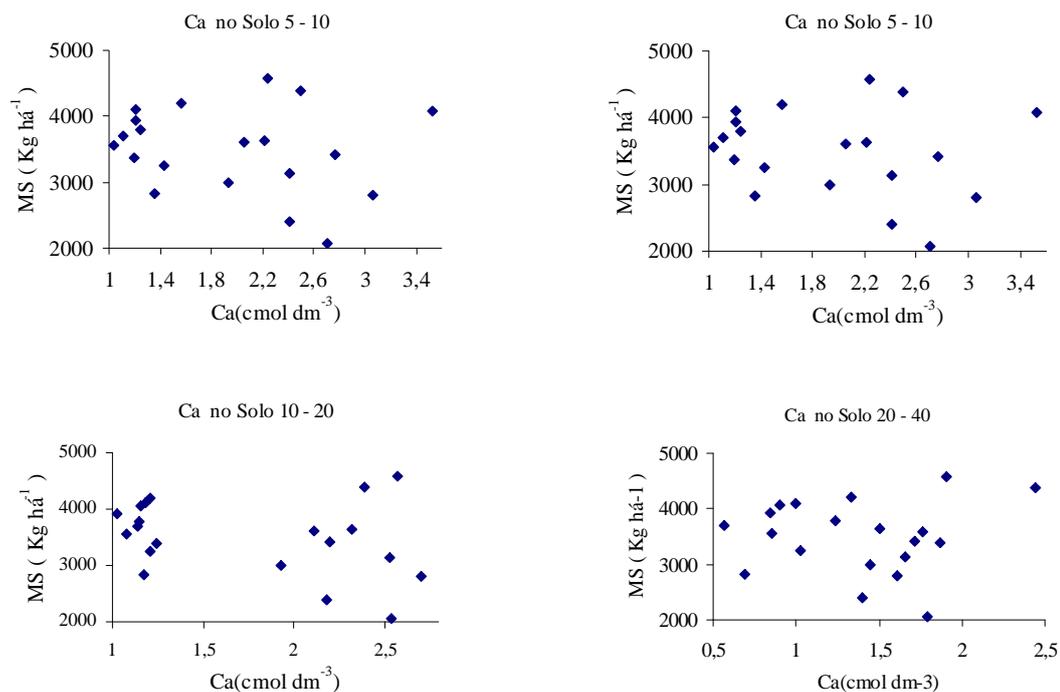


Figura 7 – Teor de cálcio, no solo, e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia para diversas camadas do solo, expressas em cm.

Análise estatística para os valores de cálcio no solo. (Quadro 25)

Quadro 25 – Análise estatística das concentrações de cálcio no solo

FV	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
Bloco	3	2,0724	0,6908		
Trat	4	1,8759	0,4689	2,388	0,05929
Prof	3	0,3169	0,1056	0,538	ns
Resíduo	69	13,5498	0,1963		

4.2.5 Potássio

Quanto ao Potássio contido na água residuária de fecularia, observou-se elevada concentração, ou seja, $353,45 \text{ mg dm}^{-3}$. Para as doses de 150, 300, 450 e $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ foram aplicados 53,02, 106,04, 159,06 e $212,07 \text{ kg ha}^{-1}$,

respectivamente. Sob a ótica agrônômica é favorável essa elevada concentração no composto aplicado uma vez que apenas de 1 a 2% da quantidade total desse elemento no solo encontra-se na formas assimiláveis, presentes quando na solução do solo e adsorvido nas superfícies coloidais do solo.

Valor médio de teores de potássio, no solo, antes da semeadura nos tratamentos. (Quadro 26)

Quadro 26 – Médias dos teores de potássio, no solo, (Cmolc dm^{-3}), antes da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias	Comparações
T ₁	16	0,24	A
T ₄	16	0,24	A
T ₂	16	0,23	A
T ₃	16	0,22	AB
T ₀	16	0,19	B

Valor médio de teores de potássio, no solo, antes da semeadura nas profundidades. (Quadro 27)

Quadro 27 – Médias dos teores de potássio, no solo, (Cmolc dm^{-3}), antes da semeadura nas diferentes profundidades de coleta

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,05 – 0,10	20	0,28	A
0,10 – 0,20	20	0,28	A
0,00 – 0,05	20	0,21	B
0,20 – 0,40	20	0,14	C

Sob a ótica ambiental, o CONAMA, segundo CETESB (1990) e CONAMA (2005), não relaciona o Potássio como elemento ou parâmetro poluente, até mesmo para a classe especial e demais. Dessa forma, não se observa a condicionante do limite máximo para uso ou despejo, ficando isenta

a sua variação, flutuação e, principalmente, concentração.

Valor médio de teores de potássio no solo depois da semeadura nos tratamentos. (Quadro 28)

Quadro 28 – Médias dos teores de potássio, no solo, (Cmolc dm⁻³), depois da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias	Comparações
T ₃	16	0,25	A
T ₄	16	0,25	A
T ₂	16	0,23	AB
T ₁	16	0,22	AB
T ₀	16	0,19	B

Valor médio de teores de potássio, no solo, depois da semeadura nas profundidades. (Quadro 29)

Quadro 29 – Médias dos teores de potássio no solo (Cmolc dm⁻³), depois da semeadura nas diferentes profundidades de coleta

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,10 – 0,20	20	0,26	A
0,00 – 0,05	20	0,25	A
0,05 – 0,10	20	0,22	AB
0,20 – 0,40	20	0,19	B

Análise estatística para os valores de potássio no solo. (Quadro 30)

Quadro 30 – Análise estatística da diferença de potássio no solo

FV	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
Bloco	3	0,0484	0,01614		
Trat	4	0,01979	0,004948	0,718	ns
Prof	3	0,1523	0,05079	7,371	0,00024
Resíduo	69	0,4754	0,00689		

Quadro 31 – Médias dos teores de potássio (Cmolc dm⁻³), no solo, antes da semeadura e após a colheita, em cada tratamento na camada 0,20-0,40m

	Antes					Depois				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Médias	0,11	0,16	0,14	0,17	0,13	0,16	0,2	0,17	0,19	0,27

Analisando o quadro 31, observou-se que ocorreram acréscimos em todas as parcelas, havendo lixiviação do potássio na camada 0,20-0,40m

O aumento do teor de potássio em profundidade é indício de movimentação de potássio, o que se esperava nesse solo, pois, apresentou baixa CTC. Nos demais elementos, houve alteração em função da adição, o que se explica, uma vez que os teores destes na água são baixos (Quadro 3 e 4).

Regressão dos valores médios de teor de potássio (K) no solo. (Figura 8)

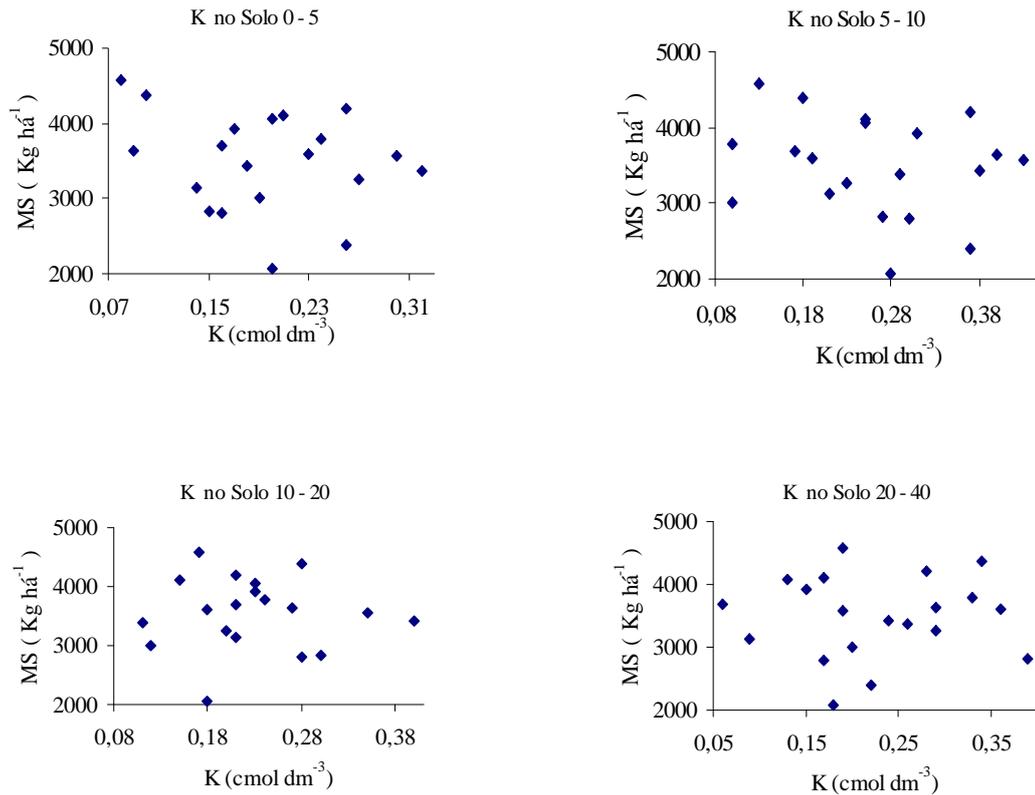


Figura 8 – Teor de potássio, no solo, e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia, para diversas camadas do solo, expressas em cm.

4.2.6 Fósforo

No que se refere ao elemento fósforo, Feigin et al. (1991) afirmaram que o fósforo contido em substâncias, tais como: fertilizantes, corretivos orgânicos e efluentes, quando adicionados ou lançados ao solo, logo passam a fazer parte integrante do fósforo do solo. Yaron et al. (1996) também afirmaram que a aplicação de fósforo no solo, como fertilizante, matéria orgânica ou em efluente, resulta em um imediato aumento no nível de fósforo solúvel em água no solo, provavelmente em função da sua baixa mobilidade.

Observa-se, com base nos resultados das análises da água residuária, que a mesma é muito pobre como fonte de fósforo, ou seja, $2,93 \text{ mg L}^{-1}$. Com as doses aplicadas de água residuária $0,44$; $0,88$; $1,31$ e $1,80 \text{ kg ha}^{-1}$ e adição do formulado proporcionou a dose de fósforo de 20 kg ha^{-1} .

Sob a ótica da Resolução Ambiental em vigor (CETESB, 1990), não consta na relação do artigo 21 o parâmetro ou substância que deva apresentar

valor máximo admissível para lançamento em corpo d'água do elemento fósforo, fosfato ou similar. O excesso de fósforo só passa a ser visto como poluente após lixiviação ou remoção em enxurradas carregadas para os lagos, causando a eutrofização desses corpos receptores.

Valor médio de teores de fósforo no solo antes da semeadura nos tratamentos. (Quadro 32)

Quadro 32 – Médias dos teores de fósforo (mg dm^{-3}), no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias
T ₁	16	13,06
T ₄	16	12,63
T ₃	16	11,44
T ₂	16	11,13
T ₀	16	9,69

Valor médio de teores de fósforo, no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades. (Quadro 33)

Quadro 33 – Médias dos teores de fósforo (mg dm^{-3}) no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades de coleta

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,00 – 0,05	20	14,95	A
0,05 – 0,10	20	14,85	A
0,10 – 0,20	20	11,20	B
0,20 – 0,40	20	5,35	C

Valor médio de teores de fósforo, no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos. (Quadro 34)

Quadro 34 – Médias dos teores de fósforo (mg dm^{-3}), no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias	Comparações
T ₁	16	11,63	A
T ₀	16	11,13	AB
T ₃	16	10,63	AB
T ₄	16	9,56	AB
T ₂	16	6,81	B

Valor médio de teores de fósforo, no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades. (Quadro 35)

Quadro 35 – Médias dos teores de fósforo no solo, (mg dm^{-3}), depois da semeadura nas diferentes profundidades

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,00 – 0,05	20	13,60	A
0,05 – 0,10	20	13,15	A
0,10 – 0,20	20	8,70	B
0,20 – 0,40	20	4,35	C

Análise estatística para os valores de fósforo no solo. (Quadro 36)

Quadro 36 – Análise estatística da diferença de fósforo no solo

FV	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
Bloco	3	298,6375	99,5458		
Trat	4	221,2000	55,3000	1,150	0,34061
Prof	3	23,2375	7,7458	0,161	ns
Resíduo	69	3318,312	48,0914		

A não influência da água nos teores de fósforo é esperada pelo fato de

que ela adiciona pouco fósforo ao solo (Quadro 3 e 4).

Regressão dos valores de fósforo encontrados no solo. (Figura 9)

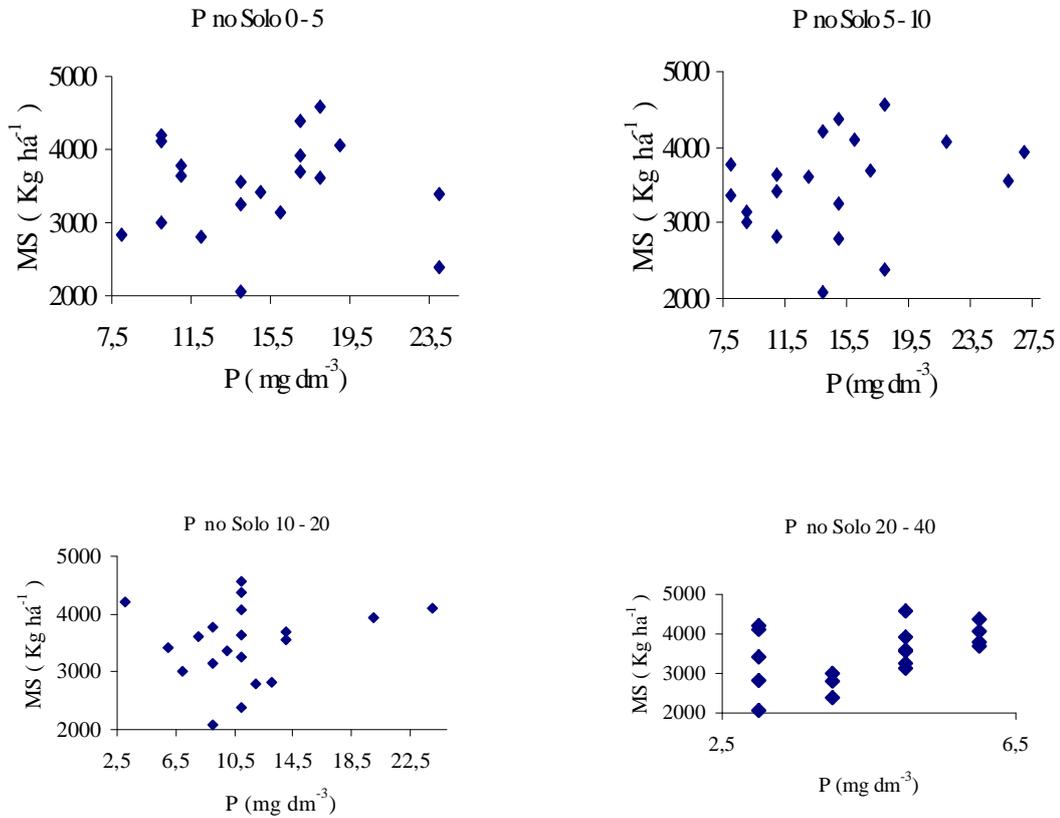


Figura 9 – Teor de fósforo, no solo, e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia para diversas camadas do solo, expressas em cm.

4.2.7 Carbono

Os valores encontrados, antes da semeadura, podem ser observados nos Quadros 38 e 39. Após aplicação da água residuária, no Tratamento 4, com nível de aplicação de 600 m³ ha⁻¹, ocorreu um aumento do valor de carbono no solo (Quadro 40), esta observação também foi encontrada por Silva (2003) para tratamento em que aplicou 900 m³ ha⁻¹

Resultado da análise de variância. (Quadro 37)

Quadro 37 – Análise de variância para elemento carbono antes da semeadura

FV	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
Trat	4	10,81296	2,703240	1,039	0,39499
Prof	3	69,58751	23,19584	8,919	0,00006
Bloco	3	52,79102	17,59701		
Trat x prof	12	20,64504	1,720420	0,661	ns
Resíduo	57	148,2461	2,600806		

Valor médio de teores de carbono no solo antes da semeadura nos diferentes tratamentos. (Quadro 38)

Quadro 38 – Médias dos teores de carbono no solo, antes da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias
T ₂	16	6,13
T ₃	16	5,79
T ₄	16	5,48
T ₀	16	5,21
T ₁	16	5,16

Valor médio de teores de carbono no solo antes da semeadura nas diferentes profundidades. (Quadro 39)

Quadro 39 – Médias do carbono no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,00 – 0,05	20	6,52	A
0,05 – 0,10	20	6,31	A
0,10 – 0,20	20	5,19	B
0,20 – 0,40	20	4,20	B

Valor médio de teores de carbono no solo depois da semeadura nos diferentes tratamentos. (Quadro 40)

Quadro 40 – Médias dos teores de carbono no solo, depois da semeadura nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dados	Médias	Comparações
T ₄	16	7,50	A
T ₀	16	5,38	B
T ₂	16	5,28	B
T ₃	16	5,16	B
T ₁	16	5,11	B

Valor médio de teores de carbono, no solo, antes da semeadura nas diferentes profundidades. (Quadro 41)

Quadro 41 – Médias dos teores de carbono no solo, depois da semeadura nas diferentes profundidades

Profundidade (m)	Dados	Médias	Comparações
0,05 – 0,10	20	6,93	A
0,00 – 0,05	20	6,13	A
0,20 – 0,40	20	5,50	AB
0,10 – 0,20	20	4,22	B

Análise estatística para os valores de carbono no solo. (Quadro 42)

Quadro 42 – Análise estatística da diferença de carbono no solo

F V	G.L	Soma de Quadrado	Quadrado Médio	F	Significância
Bloco	3	39,1278	13,0426		
Trat	4	72,5139	18,1284	2,405	ns
Prof	3	59,7027	19,9009	2,640	ns
Resíduo	69	520,0945	7,5376		

Regressões dos valores de carbono (C), no solo, para várias camadas de coleta. (Figura 10)

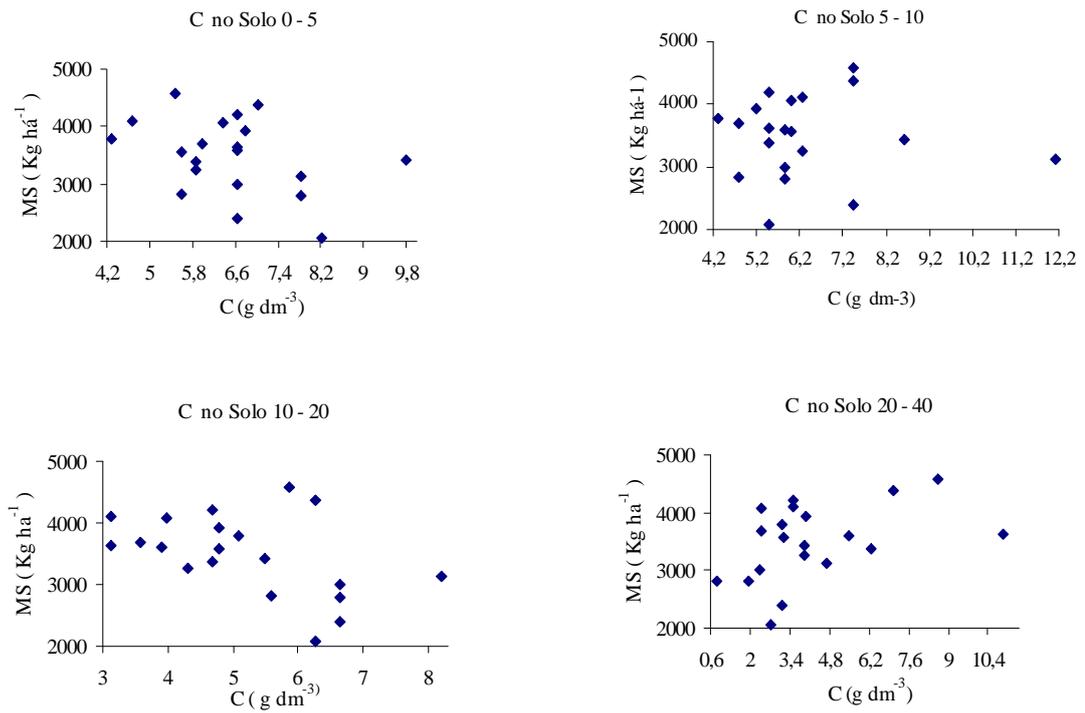


Figura 10 – Teor entre o carbono no solo e a produtividade de massa seca da parte aérea da aveia para diversas camadas do solo, expressas em cm.

A não diferença nos teores de C é explicada pelo fato da água residuária apresentar baixos teores de M.O.

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a aplicação de água residuária de fecularia de mandioca, proporcionou acréscimos na produtividade da cultura da aveia, obtendo-se a produtividade de 3629 kg ha^{-1} para o nível de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$;
- todos os elementos químicos presentes na água residuária, exceto o magnésio, não apresentaram diferença estatística entre os valores observados antes da semeadura e após a colheita;
- quando se analisaram os valores dos elementos encontrados nas camadas, somente o potássio apresentou acréscimos nas camadas, sendo que os demais apresentaram redução.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.R. de O problema da vinhaça em São Paulo. Piracicaba: ESALQ, Instituto Zimotécnico, 1952. 9 p. Boletim, 3.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária / Ministério da Saúde. Portaria n. 36 – SVS/MS, de 19 de janeiro de 1990. Gráfica Federal. Brasília, 1990.

ARONSSON, P. G.; BERGSTROM, L. F. Nitrate leaching from lysimeter-grown short-rotation willow coppice in relation to N-application, irrigation and soil type. *Biomass & Bioenergy*, Oxford ,v. 21, n. 3, p.155-164, 2001.

BERGAMIN, F.A. Poluição pelos resíduos de mandioca. *Lavoura e Criação*, São Paulo, v.8, n.53,p.9-10,1953.

BERNARDES, R. S. Estabilização de poluentes por disposição no solo. *Revista DAE*, v. 46, n. 45, p. 129-150, 1996.

BONIARDI, N.; ROTA, R.; NANO, G. Effect of dissolved metals on the organic load removal efficiency of *Lema gibba*. *Water Res. Oxford* ,v. 33, n.2, p. 530-538, 1999.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. CETESB, São Paulo, 1979.

BRANCO, S. M.; 43BERNARDES, R. S.; MATHEUS, C. E. Produção de alimentos, aproveitamento energético e reciclagem de nutrientes em um sistema ecológico de tratamento de resíduos orgânicos. *REVISTA DAE*, v.45 n.143 p. 390-394, USP – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1985.

CALEGARI, A. Espécies para cobertura de solo. In: *Plantio direto – Pequena propriedade sustentável*. Londrina, 1998. 255p. (IAPAR, Circular Técnica 101).
CEREDA, M. P. Caracterização dos resíduos da industrialização da mandioca. In: *Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil*. Editora Paulicéia, São Paulo, 1994. p. 11-50.

CEREDA, M.P.; SARMENTO, S.B.S.; WOSIACK,G.; ABBUD, N.S.; TAKEDA, I.J.N. A mandioca (*Manihot esculenta* C.) cultivar pioneira – 1. características das raízes. *Arquivo de Biologia e Tecnologia*, v.33, n.19. p.105-116. 1990.

CETESB. Legislação estadual: Leis, decretos, etc. - Controle de poluição ambiental – Estado de São Paulo (atualizado até julho, 1990) – Série Documentos, São Paulo, CETESB, 1990.

COSTA, L.C., MANTOVANI, E.C., SOARES, A.A., LEAL, B.G. SISDA: A Decision Support System for Agriculture in Brazil. Proceedings of international Workshop, Lima, September 28 - October 4, 1997. p.33-39.

DEBUSK, T. A.; READDY, K. R. BOD removal in floating aquatic macrophyte-based wastewater systems. Water Sci. Technol., Oxon, v. 19, p. 273-279, 1987. DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (Circular, 73).

EDWARDS, D. R., DANIEL, T. C. Environmental impacts of on-farm poultry waste disposal – a review. Bioresource Technology, v. 41, p.9-33, 1992.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2 ed. ver. Atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.

FAO PRODUCTION YEARBOOK. Rome: FAO, 2004.

FERNANDES Jr., A.; TAKAHASHI, M. Tratamento da manipueira por processos biológicos – aeróbio e anaeróbio. In: Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil. Editora Paulicéia: São Paulo, 1994. p. 133-149.

FERNANDES, F.; PIERRO, A. C.; YAMAMOTO, R. Y. Produção de fertilizante orgânico por compostagem do lodo gerado por estações de tratamento de esgotos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 28, n. 5, p. 567-574, 1993.

FIORETTO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M. P. (Coord.) Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. 320p. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas, v.4)

FLOSS, E.L. A cultura da aveia. Passo Fundo: Faculdade de Agronomia - UPF, 1982. 52p. (Boletim Técnico, 1).

FREIRE, F. C. O. Uso da manipueira no controle do oídio da ceriguelreira: resultados e preliminares. Comunicado Técnico, 70 . 2001.

FREITAS, W.S.; OLIVEIRAS, R.A.; PINTO, F.A.; CECON, P.R.; GALVÃO, J.C.C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, V.8, n.1, p.120-125, 2004.

GAVI, F.; RAUN, W. R.; BASTA, N. T.; JOHNSON, G. V.; Effect of sewage sludge and ammonium nitrate on wheat yield and soil profile inorganic nitrogen accumulation. *Journal plant and nutrition* , v. 20, p. 203-218, 1997.

GOMES, E. R. S. Movimento de nitrato proveniente de água residuária de frigorífico em colunas de solos. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, 2002.

GROXKO, M. - <<http://www.pr.gov.br/seab/mandioca.pdf>>.

IMHOFF, K.; IMHOFF, K. R. Manual de Tratamento de Águas Residuárias. Ed. Edgard Blucher Ltda. Brasil, 1986.

JUCHEM, C. R. *Reuso de efluentes tratados das agroindústrias de leite e carne sobre a produção da cultura de alface (Lactuca sativa L.) fertirrigada*. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, 2000.

LYNCH, J. M. Biotecnologia do solo. Ed. Manole Ltda. São Paulo, 1984.

LYRA, M. R. C. C. Qualidade de águas subterrâneas em solos fertirrigados com vinhaça. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Pernambuco Recife, 2002.

MAVROGIANOPOULOS, G., VOGLI, V., KYRISTSIS, S. Use of wastewater as a nutrient solution in a closed gravel hydroponic culture of giant reed (*Arundo donax*), *Bioresource Technology*, 2001.

OLIVEIRA, F. C. (et al.). Percolação de nitrato em latossolo amarelo distrófico afetada pela aplicação de composto de lixo urbano e adubação mineral. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.25, p.731-741, 2001.

PATZA, M. G. B.; PAWLOWSKY, U.; GARBADO, M. T. Estudo do pós-tratamento dos efluentes de biodigestão tratando vinhoto de mandioca. SUREHMA, Curitiba, 1993.

PAULA, M.B.; HOLANDA, F.S.R.; MESQUITA, H.A.; CARVALHO, V.D. Uso da vinhaça no abacaxizeiro em solo de baixo potencial de produção. *Pesq. Agropec. Bras.* , v.34, n.7, p.1217-1222, 1999.

PONTE, J. J. Histórico das pesquisas sobre a utilização da manipueira (extrato líquido das raízes de mandioca) como defensivo agrícola. *Fitopatol. Venez.* v.5, n.1, p.2-5, 1992.

PREVEDELLO, C. L. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba, 1996.

REIS E. M. & BAIER A. C. (1983) Efeito do cultivo de alguns cereais de inverno na população de 6 *Helminthosporium sativum* no solo. Fitopatol Bras 8: 311-315.

RODRIGUES, M. B. Efeito de fertirrigações com águas residuárias de laticínio e frigorífico em um latossolo roxo eutrófico. 2001. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, 2001.

SAMPAIO, S. C. Perda de carga em tubulações comerciais conduzindo águas residuárias de bovinocultura e suinocultura. 1999. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SANTOS, H. P.; REIS, Erlei Melo. Sistemas de cultivo de trigo com aveias-brancas e aveias-pretas para rendimento de grãos. PESQUISA AGROPECUARIA BRASILEIRA, v. 30, n. 1, p. 69-73, 1995.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Sistemas de cultivo de trigo com azevém e aveia preta para forragem. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.29, p.1571-1576, 1994.

SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; VIDIGAL, S. M.; MATOS, A. T.; RIBEIRO, M. F. Utilização de dejetos líquidos de suínos na produção de compostos orgânicos. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, I., 1995, Viçosa. Anais... Viçosa: EPAMIG, 1995, p. 24 – 34.

SEDU – SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO URBANO. Cidade Gaúcha: Dados Gerais. Disponível em: <<http://www.paranacidade.org.br/municipios>> Acesso em: 25 Mai. 2004.

SETTI, A. A. (et al.). Introdução ao Gerenciamento de recursos Hídricos. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANAEE); Agência Nacional das Águas (ANA), 2001, 328 p.

SHEPHERD, M. A. Factors affecting nitrate leaching from sewage sludges applied to a sandy soil in arable agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.58, p.171-185, 1996.

SILVA, J. R.; VEGRO, C. L. R.; ASSUMPÇÃO, R.; PONTARELLI, C. T. A agroindústria de farinha de mandioca nos estados de São Paulo e do Paraná, 1995. Informações Econômicas, São Paulo, v.26, n. 3, p. 69-83, 1996.

SILVA, F. F. da Impacto da aplicação de efluente de fecularia de mandioca em solo e na cultura do sorgo (*sorghum bicolor*). 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2003.

SOBRINHO, P. A. Autodepuração dos corpos d'água. In: CURSO POLUIÇÃO DAS ÁGUAS, São Paulo, 1975. São Paulo, Cetesb/ABES/BNH, 1975. Cap.8, p. 6-9 (apostila).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3. ed. Passo Fundo: SBCS, 1995. 223p.

TAKAHASHI, M. Aproveitamento da manipueira e de resíduos do processamento da mandioca. Informe Agropecuário. V.13, n.145, p.83-87. Belo Horizonte, janeiro de 1987.

TAKAHASHI, M.; JUNIOR, N.S.F.; TORRECILLAS, S.M. Mandioca no Paraná: antes agora e sempre. IAPAR, Curitiba, 2002. 209p. Circular Técnica n.123

VIEIRA, D. B. As técnicas de irrigação.. Rio de Janeiro: Globo. 1983.

VIEIRA, D. B. Fertirrigação sistemática da cana-de-açúcar com vinhaça. Álcool e Açúcar, São Paulo, n. 28, 1986.

VIEITES, R. L. Efeitos da adubação com manipueira sobre o rendimento e qualidade dos frutos de tomate. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.8, p. 1075 - 1080, 1998.

VIEITES, R. L.; BRINHOLI, O. Utilização da manipueira como fonte alternativa à adubação mineral na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, v.13, n.1, p.61-66, 1994.

WAYNE, J. C. Options for managing odor: A report from the swine odor task force. North Carolina Agricultural Research, Norte Carolina, 1995.

WOSIACKI, G.; FIORETTO, A. M.; ALMEIDA, M. M.; CEREDA, M. P. Utilização da manipueira para a produção de biomassa. In. *Manejo, uso e tratamento de subproduto da industrialização da mandioca*. V.4, Cap. 12, p. 170 – 185. Fundação Cargill: São Paulo, 2001.

YARON, B.; CALVET, R.; PROST, R; Soil pollution – processes and dynamics. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 1996.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)