

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**RENDIMENTO DAS CULTURAS E CARACTERÍSTICAS DO SOLO APÓS A  
APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

**Daiana Althaus  
(Dissertação)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**RENDIMENTO DAS CULTURAS E CARACTERÍSTICAS DO SOLO APÓS A  
APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

DAIANA ALTHAUS  
Engenheira Agrônoma (UFRGS)

Dissertação apresentada como  
um dos requisitos à obtenção do  
Grau de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil  
Fevereiro de 2012

DAIANA ALTHAUS  
Engenheira Agrônoma - UFRGS

## DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

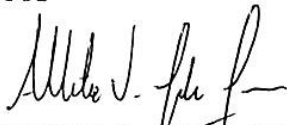
### MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO


Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil


Aprovado em: 27.02.2012  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 28.05.2012  
Por

  
MARINO JOSÉ TEDESCO  
Orientador-PPG Ciência do Solo


  
ALBERTO V. LINDBER JUNIOR  
Coordenador do  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo

  
CLELIO GIANELLO  
Departamento de Solos/UFRGS

  
CARLOS GUSTAVO TORNOQUIST  
Departamento de Solos/UFRGS

  
ELBA CALESSO TEIXEIRA  
FEPAM/RS

  
ANALU MANTOVANI  
UNOESC

  
PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade  
de Agronomia

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por sempre estar presente em minha vida, dando-me força e coragem.

À UFRGS e aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (PPGCS) pela formação acadêmica.

À CAPES e ao CNPq pela bolsa de estudos concedida.

À FINEP/FAPERGS pelo apoio financeiro; à FEPAM, parceira deste estudo, pelo fornecimento de materiais e dados, e em especial à Dra. Elba Calesso Teixeira, pesquisadora desta instituição, pelo apoio e dedicação ao longo de todo o projeto.

Ao Prof. Clesio Gianello e em especial ao meu orientador Prof. Marino José Tedesco pelo carinho, atenção, dedicação e por todo conhecimento transmitido.

Aos Colegas do PPGCS e do Laboratório de Análises de Solo (LAS) pela presença e apoio.

À minha família pelo apoio, carinho e exemplo de vida e ao meu namorado Adriano pela paciência e companheirismo.

# RENDIMENTO DAS CULTURAS E CARACTERÍSTICAS DO SOLO APÓS A APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL <sup>1)</sup>

Autora: Daiana Althaus

Orientador: Prof. Marino José Tedesco

## RESUMO

Alguns resíduos gerados na indústria de biodiesel podem constituir o passivo ambiental desta atividade, sendo a utilização agrícola uma alternativa para o manejo dos mesmos. Com o objetivo de avaliar a possibilidade de utilização da borra oleosa ácida de soja e do farelo de mamona em associação com adubos minerais solúveis ou com adubo orgânico (cama de aviário) e o efeito residual destas misturas no desenvolvimento e rendimento de plantas e nas características do solo, foi conduzido um experimento em vasos, a céu aberto, na Faculdade de Agronomia (UFRGS), utilizando-se um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico, com três cultivos: milho (outono de 2009), trigo (inverno de 2009) e milho (outono de 2010). Foram determinados a matéria seca e os macronutrientes das plantas e feita a análise química do solo. Constatou-se que a utilização dos resíduos borra oleosa ácida e farelo de mamona, tanto nas formas de adubos organo-minerais como de misturas com adubo orgânico, complementados com adubos solúveis, possibilitou o adequado desenvolvimento das plantas. O efeito residual dos resíduos foi baixo, devido às perdas de N solúvel, e a adição repetida de resíduos e/ou de suas misturas com adubo orgânico propiciou aumento dos teores de matéria orgânica do solo, podendo ser utilizados como condicionadores de solo sem prejudicar o desenvolvimento das plantas.

**Palavras-chave:** borra oleosa ácida de soja; farelo de mamona; adubo organo-mineral.

<sup>1)</sup> Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, RS. (126 p.). Fevereiro, 2012.

# PLANTS GROWTH AND SOIL PROPERTIES MODIFICATIONS AFTER SEVERAL BIODIESEL RESIDUES APPLICATIONS <sup>1)</sup>

Author: Daiana Althaus

Adviser: Prof. Marino José Tedesco

## SUMMARY

The residues generated in the biodiesel production are the environmental drawback for this activity. Their agricultural use can be a good way to manage these residues. In order to evaluate the possibility to use the soapstock or the castor beans (*Ricinus communis* L.) residual meal (after solvent extraction) mixed with organic and/or mineral fertilizers, a pot experiment was conducted in an open area, at the Faculty of Agriculture of the Federal University of the Rio Grande do Sul state, Brazil. A low fertility sandy soil was used and three crops of corn and wheat were grown in the years 2009/2010. The plant's dry matter and macronutrients' contents were determined, and soil samples analyzed. It was observed adequate plant growth with the use of the residues, either as a mixture with poultry litter or mineral fertilizer. Their residual effect, however, was very small. Repeated use of the organic materials increased soil organic matter, without harmful effects on plant growth.

**Keywords:** soapstock; castor beans meal; organic-mineral fertilizer.

<sup>1)</sup> M.Sc. Dissertation in Soil Science. Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, RS. (126 p.). February, 2012.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Biodiesel: caracterização geral.....	3
2.2. Produção de óleo bruto de oleaginosas .....	6
2.2.1. Armazenamento das sementes oleaginosas .....	7
2.2.2. Preparação da matéria-prima .....	7
2.2.3. Extração do óleo bruto.....	8
2.2.3.1. Prensagem .....	8
2.2.3.2. Refinação do óleo bruto.....	8
2.3. Fabricação do biodiesel.....	9
2.4. Resíduos gerados na produção de biodiesel, aspectos ambientais e utilização na agricultura .....	10
2.4.1. Borra oleosa ácida.....	11
2.4.2. Tortas/farelos de mamona e girassol .....	13
2.5. Utilização de cama de aviário para avaliação de adubos orgânicos/resíduos .....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1. Solo .....	18
3.2. Resíduos e adubos orgânicos utilizados .....	18
3.3. Tratamentos .....	21
3.4. Condução dos experimentos .....	21
3.4.1. Primeiro cultivo .....	22
3.4.2. Segundo cultivo (efeito residual-1) .....	25
3.4.3. Terceiro cultivo (efeito residual-2) .....	26
3.5. Análise estatística.....	29

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
4.1. Curvas de resposta das plantas às adições de adubos solúveis (N e P) .....	31
4.2. Efeitos imediato e residual dos resíduos e adubos orgânicos utilizados.....	32
4.2.1. Adubo organo-mineral contendo borra oleosa.....	33
4.2.2. Misturas de adubo organo-mineral contendo borra oleosa com adubo orgânico .....	35
4.2.3. Adubo organo-mineral contendo farelo de mamona.....	36
4.2.4. Misturas de adubo organo-mineral contendo farelo de mamona com adubo orgânico .....	38
4.3. Macronutrientes, cobre e zinco nas plantas .....	39
4.3.1. Absorção de N pelas plantas.....	41
4.3.2. Absorção de P pelas plantas .....	42
4.4. Modificações nas propriedades do solo .....	43
5. CONCLUSÕES.....	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
7. APÊNDICES .....	52



## RELAÇÃO DE TABELAS

1. Caracterização do solo utilizado (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico - PVAd) -----	19
2. Caracterização físico-química dos resíduos utilizados -----	20
3. Tratamentos e quantidades de adubos/resíduos adicionados em doses equivalentes por hectare na cultura do milho (primeiro cultivo) -----	23
4. Tratamentos e quantidades de adubos/resíduos em doses equivalentes por hectare na cultura do trigo (segundo cultivo) -----	27
5. Tratamentos e quantidades de adubos/resíduos adicionados em doses equivalentes por hectare na cultura do milho (terceiro cultivo) -----	28
6. Valores médios de absorção pelas plantas do N adicionado pelos adubos solúvel (uréia) ou orgânico (Ao) e pelos resíduos (borra oleosa (B) ou farelo de mamona (M)) -----	41
7. Valores médios de absorção pelas plantas do P adicionado pelos adubos solúvel (superfosfato triplo) ou orgânico (Ao) e pelos resíduos (borra oleosa (B) ou farelo de mamona (M)) -----	43
8. Caracterização básica do solo utilizado (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico - PVAd) após os três cultivos (médias dos tratamentos com readubação) -----	44

## RELAÇÃO DE FIGURAS

1. Fluxograma de produção e refino de óleo extraído de vegetais -----	6
2. Descrição da reação de transesterificação -----	10
3. Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea das plantas às adições de nitrogênio, na forma de uréia (a), e de fósforo, na forma de superfosfato triplo (b), (médias dos três cultivos) -----	31
4. Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de borra oleosa (B), farelo de mamona (M) e cama de aviário (Ao), em comparação com o adubo solúvel ( $N_3P_3K$ ), com os respectivos efeitos residuais.-----	33
5. Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de borra oleosa (B) e suas misturas com adubos minerais solúveis (organo-mineral), com os respectivos efeitos residuais -----	34
6. Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de borra oleosa (B) e suas misturas com adubo orgânico (Ao), com os respectivos efeitos residuais.-----	36
7. Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de farelo de mamona (M) e suas misturas com adubos minerais solúveis (organo-mineral), com os respectivos efeitos residuais -----	37
8. Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de farelo de mamona (M) e suas misturas com adubo orgânico (Ao), com os respectivos efeitos residuais -----	39

## 1. INTRODUÇÃO

A adição de óleo vegetal ao óleo extraído do petróleo para a produção de combustível de motores é uma prática atualmente em uso no Brasil.

Considerando a crescente preocupação mundial com o ambiente, juntamente com a busca por fontes de energia renováveis, os óleos vegetais constituem uma alternativa para a gradual substituição ao óleo diesel em motores de ignição por compressão.

O biodiesel, conforme a Agência Nacional de Petróleo (ANP), é um combustível para motores a combustão interna com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de gorduras animais, que pode substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil. Esse combustível poderia ser usado puro ou como aditivo ao diesel de petróleo em motores do ciclo diesel, apresentando vantagens ambientais tais como: baixo teor de enxofre, isento de compostos aromáticos e com menor emissão de monóxido de carbono e particulados.

Diversos países, entre eles o Brasil, tentam obter o domínio tecnológico do biocombustível, tanto em nível agrônomo como industrial, o que deverá provocar fortes impactos na economia brasileira e na política de inclusão social do país.

No Brasil, a soja é a cultura mais utilizada para a produção de biodiesel; culturas como mamona, girassol, algodão, canola, dendê e outras podem ser também utilizadas, assim como resíduos de origem animal (gordura, sebo, etc.).

O Brasil apresenta grandes possibilidades para o cultivo de oleaginosas que podem ser utilizadas na produção de biodiesel, devido à sua diversidade climática e de ecossistemas. O estado do Rio Grande do Sul, além da cultura da soja, também apresenta potencial para cultivos de mamona, girassol e canola para a produção de biodiesel.

Após a extração de óleo para a produção de biodiesel, sobra uma grande quantidade de resíduos sólidos (mais de 50%), os quais podem constituir o principal passivo ambiental dessa atividade. Estes resíduos, constituídos por base orgânica e por não apresentarem componentes possivelmente tóxicos, podem ser descartados no solo e/ou utilizados como acompanhantes de adubos minerais ou orgânicos de uso corrente na agricultura.

Foram propostos neste trabalho os seguintes objetivos: avaliar os efeitos da utilização no solo de resíduos da extração do óleo (farelo de mamona) e do refino do óleo de soja (borra oleosa ácida) no desenvolvimento das plantas; testar o efeito de misturas destes resíduos com fertilizantes minerais e com adubo orgânico (cama de aviário); e, estudar o efeito residual da adição dos resíduos e suas misturas no desenvolvimento das plantas e nas características do solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Biodiesel: caracterização geral

A utilização de óleo vegetal para a produção de combustível de motores, além do óleo extraído do petróleo, é uma prática atualmente em uso no Brasil.

Aproximadamente 40% de toda a energia consumida no mundo provém do petróleo, do carvão e do gás natural (ALVES *et al.*, 2006). Essas fontes são limitadas e com previsão de esgotamento no futuro, sendo importante a busca de fontes alternativas de energia.

Considerando a crescente preocupação mundial com o ambiente, juntamente com a busca por fontes renováveis de energia, os óleos vegetais constituem uma alternativa para substituição ao óleo diesel em motores de ignição por compressão. Conforme Alves *et al.* (2006), o seu uso tem sido testado com sucesso por Rudolf Diesel já em fins do século XIX, com resultados satisfatórios em seu motor.

Esta possibilidade de emprego de combustíveis de origem agrícola em motores do ciclo diesel é bastante atrativa tendo em vista o aspecto ambiental, por ser uma fonte renovável de energia e pelo fato do seu desenvolvimento permitir a redução da dependência de importação de petróleo (FERRARI *et al.*, 2005).

O biodiesel é definido pela Agência Nacional de Petróleo (ANP) como sendo “um combustível para motores a combustão interna com ignição por compressão, renovável e biodegradável, derivado de óleos vegetais ou de

gorduras animais, que possa substituir parcial ou totalmente o óleo diesel de origem fóssil” (BRASIL, 2004). Esse combustível é geralmente utilizado como aditivo ao diesel de petróleo em motores do ciclo diesel, e apresenta algumas vantagens ambientais como: menores teores de enxofre, isento de compostos aromáticos e com baixa emissão de monóxido de carbono e particulados.

O biodiesel apresenta algumas vantagens ambientais. Um das mais importantes é a sua maior biodegradabilidade e a capacidade de dissolver o petróleo bruto e seus derivados (PASQUALINO *et al.*, 2006). O biodiesel apresenta uma estrutura molecular suscetível ao ataque enzimático de microrganismos os quais podem utilizá-lo em seu metabolismo para crescimento (ZHANG, 1998 *apud.* RAMOS *et al.* 2010). Na biodegradação do biodiesel são formados outros metabólitos como ácidos orgânicos voláteis (ácido acético, propiônico, butírico) que podem ser utilizados como substrato para o crescimento de diversos microrganismos aeróbios ou anaeróbios (SCRIMGEOUR, 2005 *apud.* RAMOS *et al.* 2010).

Por outro lado, os óleos vegetais, por conterem ésteres de ácidos graxos insaturados são sensíveis à oxidação. Estes ésteres em condições adequadas de calor, radiação, umidade, ar atmosférico e metais, mesmo que por pouco tempo, favorecem o processo oxidativo do biodiesel. Estes produtos provocam corrosão no motor e obstrução dos filtros e do sistema de injeção; portanto, durante o armazenamento, o biodiesel fica susceptível à degradação de alguns dos seus constituintes, comprometendo a sua qualidade (ALMEIDA, 2007).

A produção total de óleo diesel no Brasil em 2010 foi de aproximadamente  $45 \times 10^9$  L, sendo  $2,25 \times 10^9$  L de biodiesel (BRASIL/ANP, 2011), para suprir a demanda do diesel B5, com a adição mínima de 5% de biodiesel, conforme a Lei 11097/2005 (BRASIL, 2005).

As matérias-primas para a fabricação do biodiesel, no Brasil são, aproximadamente, 85% de origem vegetal e 15% de origem animal (BRASIL/ANP, 2011).

O Brasil apresenta grandes possibilidades para o cultivo de oleaginosas que podem ser utilizadas na produção de biodiesel, devido à sua diversidade climática e de ecossistemas.

As principais oleaginosas cultivadas no Brasil que podem ser utilizadas para a fabricação de biodiesel são: a soja (*Glycine max*), a mamona (*Ricinus communis* L.), o algodão (*Gossypium spp.*), a canola (*Brassica napus*), o girassol (*Helianthus annuus* L.) e a palma (dendê) (*Elaeis guineensis* N.) (ABDALLA *et al.*, 2008). Os teores de óleo da soja, da mamona, do girassol, da canola e da palma são, respectivamente 19%, 44%, 42%, 38% e 20%.

Atualmente, 83% do biodiesel produzido no Brasil é feito com a utilização da soja (BRASIL/ANP, 2011). O restante é proveniente de outras culturas como algodão, girassol, canola, amendoim, dendê e mamona. Mesmo apresentando menor teor de óleo (19%) do que a mamona (44%), a soja é mais utilizada, por apresentar maior facilidade de cultivo, maior produtividade e inserção em sistemas agrícolas estabilizados.

A produção nacional de soja na safra 2009/10 foi de  $57,3 \times 10^6$  t, em  $20 \times 10^6$  ha de área, sendo processadas no país  $30,7 \times 10^6$  t e o restante exportado (ABIOVE, 2011). Na safra 2009/10 foram cultivados no Brasil  $192,7 \times 10^3$  ha de mamona com a produtividade de somente  $0,80 \text{ t ha}^{-1}$  de bagas (BRASIL/CONAB, 2011).

O estado do Rio Grande do Sul, desde a implantação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) em 2004, tem se destacado nacionalmente como um dos maiores produtores nacionais de biodiesel. No ano de 2010, foram produzidos  $606.000 \text{ m}^3$  de biodiesel (BRASIL/ANP, 2011), havendo, entretanto,  $863.000 \text{ m}^3$  de capacidade instalada, nas quatro maiores empresas produtoras (ALMEIDA, 2011). Pode-se dizer, então, que o Estado contribuiu com 27% da produção brasileira de biodiesel no ano de 2010.

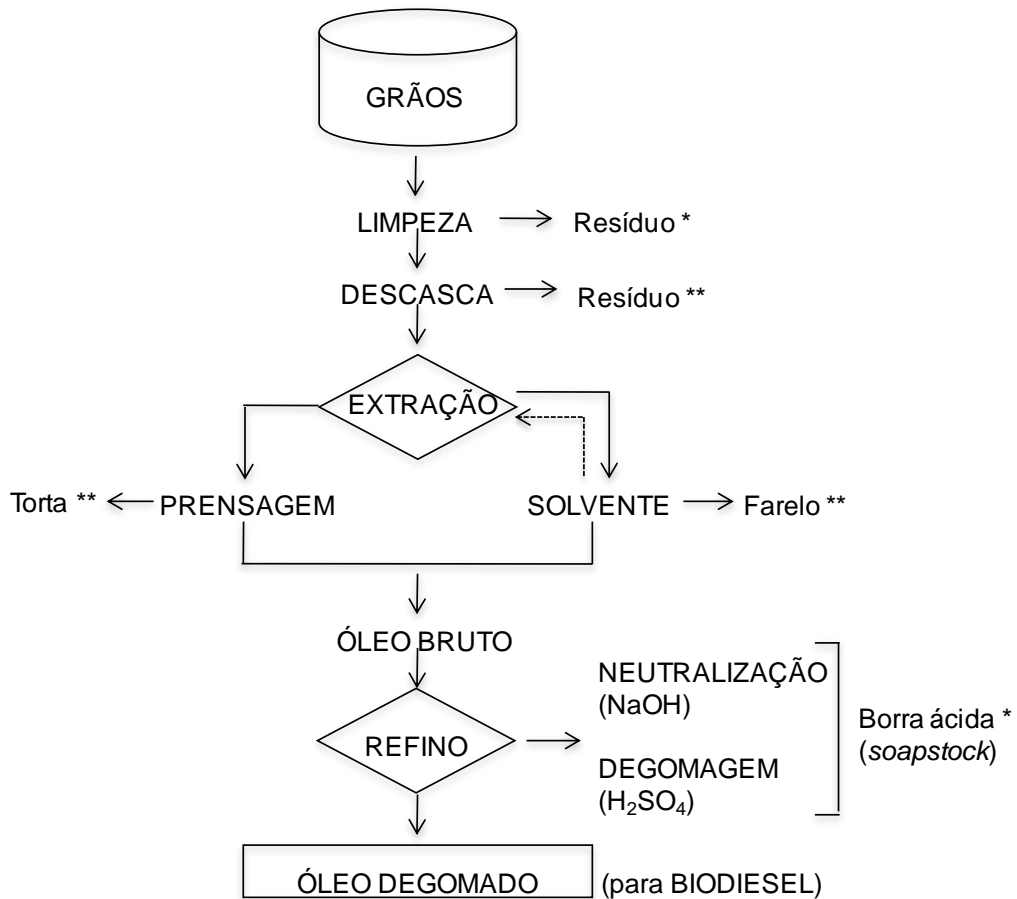
No estado do RS, onde a maior ênfase está na utilização da soja como matéria prima para o biodiesel, na safra 2009/10, foram produzidas aproximadamente  $10,6 \times 10^6$  t de soja em  $4,1 \times 10^6$  ha (EMATER/RS, 2011). Na mesma safra, foram cultivados somente 130 ha de mamona (OLEOPLAN, 2011) e, atualmente, não há operação comercial significativa para a extração de óleo com a utilização de mamona no Estado.

No estado do RS, o cultivo de girassol está sendo incentivado como alternativa de utilização da terra, ou integrando rotações de culturas, como cultivo de verão, principalmente na Serra do Sudeste, onde predomina a cultura do fumo. A cultura da canola está sendo também incentivada como cultura de

inverno, como cobertura do solo e aproveitamento das sementes, em sistemas de cultivos conservacionistas. O óleo comestível da mesma tem boa valorização comercial (aproximadamente o dobro do óleo de soja).

## 2.2. Produção de óleo bruto de oleaginosas

Na produção de óleo bruto são utilizadas as seguintes etapas: armazenamento das sementes oleaginosas, preparação da matéria-prima e extração do óleo. As plantas industriais apresentam pequenas variações nos processos produtivos, utilizando, entretanto, as etapas representadas na Figura 1.



\* solo/aterro    \*\* alimentação animal (exceção: mamona)

**FIGURA 1.** Fluxograma de produção e refino de óleo extraído de vegetais.

O resíduo da limpeza das sementes em geral é retornado ao solo; cascas, farelos e tortas podem ser utilizados em parte na composição de rações para animais (à exceção da mamona) e a borra ácida gerada no refino



de óleo bruto é encaminhada para centrais de tratamento de resíduos Classe I (perigosos).

### **2.2.1. Armazenamento das sementes oleaginosas**

Antes da armazenagem, a matéria-prima deve ser avaliada, por amostragem, determinando-se as seguintes características: teor de umidade, quantidade de material estranho e incidência de sementes quebradas, avariadas e ardidadas.

As condições de armazenamento devem ser adequadas para evitar perda de qualidade e rendimento no produto final.

Quando as sementes oleaginosas são armazenadas em más condições, podem ocorrer efeitos indesejáveis, como: aquecimento da semente, chegando até o escurecimento, caso esteja com umidade maior que a crítica (13%); aumento de acidez; escurecimento do óleo contido na semente, tornando difícil a refinação; modificações organolépticas, influenciando o sabor e o aroma dos farelos e óleos produzidos (MANDARINO e ROESSING, 2001).

### **2.2.2. Preparação da matéria-prima**

A matéria-prima requer pré-processamento e esta etapa é uma das mais importantes do processo de obtenção de óleo. Conforme Mandarino e Roessing (2001), consiste das seguintes operações: limpeza, para retirada de impurezas como areia e fragmentos de metais; pesagem para determinação do rendimento do processo de extração; descorticação, para remover a película que envolve as sementes; trituração e laminação, para aumentar a superfície de contato entre as sementes e o solvente extrator; e, aquecimento, para diminuir a viscosidade do óleo e sua tensão superficial, promover a coagulação e desnaturação parcial das substâncias protéicas e inativar enzimas lipolíticas; a temperatura de cozimento varia de 70 a 105 °C dependendo da semente a ser processada.

### **2.2.3. Extração do óleo bruto**

#### **2.2.3.1. Prensagem**

As plantas das indústrias esmagadoras de grãos mais antigas utilizam inicialmente uma extração de óleo por prensagem. O óleo remanescente na torta é a seguir extraído com solvente (geralmente hexano), que é recuperado por evaporação/condensação. A fração do solvente remanescente no farelo é recuperada por tratamento com vapor (dessolventização) e a seguir por aquecimento (tostagem), até atingir um teor de umidade menor que 13% (adequado para o armazenamento), e com teor de óleo menor que um por cento (MANDARINO e ROESSING, 2001).

O resíduo da prensagem dos grãos é comumente denominado “torta” e o da extração com solvente constitui o “farelo”.

Nos processos mais modernos, os flocos das oleaginosas são extraídos diretamente com o solvente orgânico, sem prévia prensagem.

#### **2.2.3.2. Refinação do óleo bruto**

O óleo, quer extraído por prensagem ou por solvente, denominado “óleo bruto” (ou cru) contém compostos que devem ser removidos para utilização posterior, tanto para fabricação de biodiesel como para a alimentação humana. O conjunto de operações utilizadas com este objetivo constitui o “refino do óleo bruto”.

A primeira etapa do refino do óleo é a remoção de ácido graxos livres (AGL), que apresentam menor temperatura de vaporização, tornando o óleo inadequado para frituras, desprendendo espuma e conferindo o sabor de “queimado” aos alimentos.

Nesta etapa é adicionada uma solução diluída de álcali (em geral NaOH - soda), formando-se um sabão (reação de saponificação), que é separado do óleo por centrifugação. O óleo a seguir é acidificado (geralmente com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - ácido sulfúrico diluído) até pH menor que 5,0, e novamente centrifugado. O resíduo contém muitos compostos existentes nas plantas, como gomas, pigmentos (clorofila, xantofila, etc.), álcoois, aldeídos,

fostatídeos, metais quelatados, etc. Estes resíduos constituem a borra ácida (“*soapstock*”), uma pasta oleosa. Esta é classificada como resíduo de Classe I (perigoso) conforme os testes utilizados pela Norma ABNT 10.004, sendo geralmente encaminhada para centrais de tratamento/estocagem (item 2.4). O óleo tratado é denominado “óleo degomado”, que é utilizado para a fabricação de biodiesel (MANDARINO e ROESSING, 2001).

Para consumo humano, o óleo degomado deve ainda ser desodorizado, clarificado, etc., dependendo dos componentes que ainda apresenta e que afetam o sabor, cor, prazo de validade (rancificação), etc.

Em cada uma destas etapas é gerada pequena quantidade de resíduo, que geralmente é encaminhada para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da indústria ou para aterros/descarte no solo, caso seja de Classe II (não perigoso).

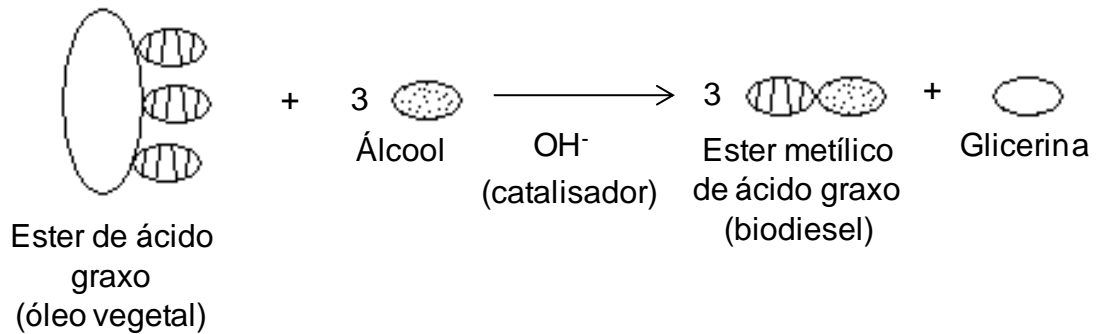
A borra ácida pode ser também processada industrialmente para a fabricação de fertilizantes, como será apresentado no item 2.4.1.

### **2.3. Fabricação do biodiesel**

O biodiesel é constituído por ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos de cadeia longa, os quais são obtidos, respectivamente, pela reação de transesterificação dos triacilglicerídeos com metanol ou etanol (BRANDÃO *et al.*, 2006). Na transesterificação ocorre a reação química entre o óleo (ou gordura) e o álcool, sob a ação de um catalisador (NaOH ou KOH). Como produto final é obtido o éster (biodiesel) metílico ou etílico e a glicerina (produto utilizado no mercado de sabões, perfumaria, etc.).

O NaOH é o catalisador mais usado, tanto por razões econômicas como pela disponibilidade no mercado. No processo, o metanol é o álcool mais usado, por razões de natureza física e química; contudo, o etanol está se tornando mais popular, pois ele é renovável e muito menos tóxico (LIMA, 2005).

A reação de transesterificação, obtida inicialmente em 1853 por E. Dufty e J. Patrick, pode ser visualizada na Figura 2.



**FIGURA 2.** Descrição da reação de transesterificação.

#### 2.4. Resíduos gerados na produção de biodiesel, aspectos ambientais e utilização na agricultura

Resíduos industriais são os gerados nesta atividade podendo estar presentes nos estados sólido, semi-sólido, gasoso (quando contido) ou líquido; em muitos casos, os resíduos líquidos não podem ser lançados na rede pública de esgoto ou corpos d'água, exigindo para tratamento soluções técnicas ou economicamente viáveis em conformidade com a melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

A periculosidade de um resíduo pode ser determinada pela norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10.004, que define como perigosos os resíduos que, em função das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública ou efeitos adversos ao meio ambiente. Os resíduos são então classificados em: resíduos Classe I - Perigosos; e, resíduos Classe II - Não Perigosos, sendo estes subdivididos em resíduos Classe II A - Não inertes e resíduos Classe II B - Inertes (ABNT, 2004).

No processamento de oleaginosas para a produção de biodiesel, são gerados resíduos sólidos orgânicos; caso não apresentem componentes possivelmente tóxicos, podem ser utilizados para diversas finalidades, como geração de energia, alimentação animal e para adubação orgânica (BALBINOT *et al.*, 2006). Na aplicação ao solo, podem ser utilizados em misturas com adubos minerais e/ou orgânicos de uso corrente na agricultura.

Conforme Lauschner (2005), os resíduos agrícolas, urbanos ou industriais podem apresentar potencial para reciclagem em solos agrícolas. Entretanto, é necessário conhecer a composição química do resíduo, a

resposta das plantas em relação ao seu valor fertilizante, as taxas de mineralização de nutrientes e a identificação de possíveis contaminantes (por exemplo: metais pesados, patógenos e xenobióticos) e suas interações com o solo, água e as próprias plantas.

Em estudo da possibilidade de aplicação no solo de resíduos da indústria fumageira, por exemplo, Lauschner (2005) observou excessivo aumento do pH do solo com a utilização de doses elevadas ( $> 20 \text{ t ha}^{-1}$ ) de pó de fumo; este aspecto pode ser prejudicial em solos arenosos (com baixo poder de tampão). Este fato, entretanto, não foi observado em trabalho conduzido por Segatto (2001) com a aplicação de resíduos de fábricas de laticínios, cervejaria e de compensados de madeira.

Os resíduos oriundos da extração de óleo que foram estudados neste trabalho foram classificados como Resíduo Classe I, para o caso da borra oleosa ácida de soja, e Classe II, para o farelo de mamona.

#### **2.4.1. Borra oleosa ácida**

O resíduo gerado no refino do óleo, denominado “borra oleosa” apresenta baixo valor comercial, sendo encaminhado para centrais de tratamento de resíduos. Estudos sobre a utilização no solo deste tipo de resíduo são escassos na literatura.

A borra é o principal subproduto gerado no refino de óleo de soja, sendo formada durante a etapa de neutralização do óleo extraído (por prensagem ou por solventes). Os ácidos graxos livres presentes no óleo são neutralizados com a adição de solução de álcalis (geralmente NaOH), obtendo-se os sabões. Esta borra, devido ao seu alto conteúdo de ácidos graxos saponificados, e reduzido valor comercial, pode ser utilizada como matéria-prima para a obtenção de um concentrado de ácidos graxos livres. Estes ácidos graxos podem ser comercializados devido às suas propriedades nutricionais. Também são utilizados no tratamento de minérios devido à capacidade de alterar as superfícies minerais e podendo ser matérias-primas para a produção de biodiesel e para fabricação de sabão em pó ou em barra (FRÉ, 2009).

A borra consiste de uma mistura de água, sais de sódio de ácidos graxos, triglicerídeos, fosfolipídios, matéria insaponificável e produtos de degradação (MAG *et al.*, 1983 e WOERFEL, 1995 *apud* FRÉ, 2009). É um material complexo e heterogêneo que pode ser difícil de manusear e analisar. À temperatura ambiente, apresenta uma consistência pastosa ou firme.

A qualidade e composição da borra dependem da composição da semente, do processo e das condições do refino, tais como o tipo de equipamento, a concentração e o tipo de agente neutralizante, além das condições de operação (HONG, 1983 e WOERFEL, 1995 *apud* FRÉ, 2009). A quantidade obtida durante o processo de refino, por sua vez, depende principalmente do teor de ácidos graxos livres e fosfolipídios do óleo (WOERFEL, 1981 *apud* FRÉ, 2009).

Em estudo de caso de uma indústria processadora de soja para fabricação de óleo, Pukasiewicz *et al.* (2004) determinaram a geração de borra de 0,04% da semente de soja processada.

A produção de borra ácida ocorre no refino de qualquer tipo de óleo, seja com a finalidade de consumo humano ou para a fabricação de biodiesel. Conforme já mencionado no item 2.1, na safra 2009/10 foram processadas no país  $30,7 \times 10^6$  t de soja. Caso essa quantidade fosse totalmente processada para extração de óleo, seriam geradas 12.280 toneladas anuais de borra ácida. O custo da disposição deste resíduo em centrais de tratamento/estocagem de resíduos perigosos (Classe I), sem considerar os gastos com transporte, poderia atingir R\$ 2,5 milhões ano<sup>-1</sup> (considerando o custo de R\$ 200 t<sup>-1</sup>, praticado por uma central localizada na Grande Porto Alegre).

Pode-se também fazer o refino do óleo bruto sem produção de borra ácida. Para isto deve-se utilizar hidróxido de potássio (KOH) em lugar de hidróxido de sódio (NaOH), e substituir parte do ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) por ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) até atingir o pH 1,5. O ácido graxo é separado por centrifugação (podendo ser usado para ração animal) e sobrando água ácida, com P e K. Esta água pode ser neutralizada com amônia, constituindo então um fertilizante líquido com N, P e K (DANIELS, 1997). Por este processo industrial podem ser obtidas soluções líquidas saturadas de diferentes fórmulas, como 20-20-20, 5-10-30, etc. Como os reagentes alternativos (KOH e H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) são mais caros, o produto final pode ser destinado a culturas de maior

valor, como floricultura, hidroponia, cultivos protegidos, hortaliças, etc. Os custos dos mesmos, em Porto Alegre (janeiro, 2012) eram, em R\$ kg<sup>-1</sup>: NaOH = 2,15; KOH = 7,75; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 1,10; H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = 5,95; além destes, ocorre pequena disponibilidade de amônia anidra no Brasil.

Como a soja é a principal matéria-prima para a fabricação de biodiesel no Brasil, será utilizada neste trabalho a denominação de “borra ácida de soja” (B) para este resíduo.

#### **2.4.2. Tortas/farelos de mamona e girassol**

A mamona é uma das culturas mais tradicionais no semi-árido brasileiro, com relevante importância econômica e social e com inúmeras aplicações na indústria (COSTA *et al.*, 2009).

De acordo com BRASIL/CONAB (2011), o estado da Bahia é o maior produtor nacional. Na safra de 2009 foi produzido na Bahia 67,2% de todo o cultivo comercial brasileiro, seguido pelo Ceará com 23,7%.

A produção brasileira de mamona estimada para 2010 foi de 154,2 mil toneladas, considerada pequena face ao potencial brasileiro.

A extração do óleo de uma tonelada de sementes de mamona gera aproximadamente 530 kg de torta/farelo (SEVERINO *et al.*, 2004). Este resíduo, entretanto, não é muito utilizado na alimentação de animais por conter componentes tóxicos, como a ricina (proteína) e ricinina (alcalóide). A detoxificação da mesma não é feita em escala comercial, devido ao elevado custo.

A torta de mamona, entretanto, apresenta altos teores de N (3 a 7%) e de P (0,7 a 2,0%), podendo ser utilizada como adubo orgânico e/ou condicionador de solo. A mesma também apresenta efeito nematicida (FREIRE e NÓBREGA, 2006).

Em teste de laboratório, a mineralização da torta de mamona, avaliada pela produção em incubação (*in vitro*) de C-CO<sub>2</sub> foi seis vezes mais rápida do que a do esterco bovino, e 14 vezes mais rápida do que a do bagaço de cana (SEVERINO *et al.*, 2004). Bon (1977), utilizando enzimas proteolíticas, observou que 75 a 100% do nitrogênio total da torta de mamona foi nitrificado em três meses. Este fato indica o potencial da torta/farelo como adubo

orgânico, conforme demonstrado por Lima *et al.* (2006) em experimento em vasos, cultivando plantas de mamona; os mesmos determinaram um rendimento de matéria seca da parte aérea das plantas 2,5 vezes maior no tratamento com a adição de 2,0 t ha<sup>-1</sup> de torta em relação à testemunha, equivalendo à adubação com 151 kg de N total ha<sup>-1</sup> e 142 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total ha<sup>-1</sup> nesse tratamento, aos 60 dias de cultivo.

Góes (2010), em experimento de campo conduzido no município de Baraúna, RN, em 2009, aplicou doses de até 30 t ha<sup>-1</sup> de torta de mamona na cultura do girassol, tendo observado aumento de rendimento na produção de sementes até a dose de 10 t ha<sup>-1</sup>. A aplicação de maiores doses provocou a redução da germinação das sementes, sem entretanto afetar o rendimento. Observou também que a torta pode substituir a adubação nitrogenada (por adubo mineral, ou uréia) total ou parcialmente, até a quantidade de 70 kg de N total ha<sup>-1</sup> utilizada nas misturas (soma das duas fontes). Foi também observado aumento do teor de matéria orgânica do solo no tratamento com a maior dose de torta aplicada.

Em outros trabalhos (BELTRÃO, 2003; LIMA *et al.*, 2008; COSTA *et al.*, 2009) também foi observado o efeito positivo da torta de mamona utilizada como adubo orgânico, sobre o crescimento das plantas.

Entretanto, Zuchi *et al.* (2007) não observaram efeito fertilizante da torta de mamona, aplicada até a dose de 1.280 kg ha<sup>-1</sup>, na cultura de triticales, ocorrendo redução de emergência das plântulas com o aumento da dose aplicada. A adição de adubo organo-mineral também não afetou o rendimento das plantas. Como foi utilizado um solo de campo nativo (do estado do Rio Grande do Sul), com baixos teores de P e matéria orgânica, o baixo suprimento de P para as plantas pode ter sido o fator limitante do crescimento.

A semente de girassol (*Helianthus annuus* L.) é tradicionalmente utilizada para extração de óleo comestível, apresentando um teor de óleo de 42%, maior que o de soja (19%). A possibilidade de utilização do óleo para produção de biodiesel tem incentivado o cultivo de girassol, que atualmente atinge aproximadamente 120.000 ha, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste do Brasil, com rendimento médio de 1.600 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (ABDALLA *et al.*, 2008). A extração do óleo com solvente (hexano) pode gerar 72.000 t de torta/farelo (COSTA *et al.*, 2005).



A utilização do resíduo para alimentação de animais é limitada devido ao alto teor de fibra bruta (22%), podendo ser utilizado até o máximo de 15% na composição de rações para suínos (COSTA *et al.*, 2005). Ocorre, portanto, um grande acúmulo de torta/farelo da oleaginosa nas indústrias.

A utilização no solo do farelo de girassol (resíduo da extração do óleo por solvente) foi estudada na Faculdade de Agronomia (UFRGS) em outro experimento (conduzido no primeiro semestre de 2009), sendo o mesmo aplicado na forma de adubo organo-mineral ou em mistura com adubo orgânico. Os resultados obtidos são apresentados no Apêndice 2.

## **2.5. Utilização de cama de aviário para avaliação de adubos orgânicos/resíduos**

No estudo sobre a utilização no solo de resíduos da produção de biodiesel, a cama de aviário (ou cama de frangos), por ser um adubo orgânico padrão para testes de fertilidade, foi utilizada para a avaliação da borra ácida de soja e farelo de mamona, sendo misturada em diferentes proporções a estes resíduos.

A cama de aviário é o adubo orgânico atualmente mais utilizado no Brasil, principalmente em pequenas propriedades. Na agricultura orgânica, em que há restrições à utilização de adubos assim denominados “químicos sintéticos”, em vez de “minerais de alta solubilidade” (BRASIL, 2011), a cama de aviário é o principal fertilizante permitido contendo N mineral.

A grande utilização da cama de aviário na agricultura é devida a diversos fatores como:

- a) apresenta os nutrientes de plantas N, P e K em proporções pouco variáveis, devido à relativa uniformidade no preparo das rações;
- b) os teores destes nutrientes dependem do número de lotes de aves criadas sobre a mesma cama, que é constituída de material absorvente de umidade, em geral maravalha de madeira; por exemplo: a cama de oito lotes de frangos apresenta, em média, 3,8% de N, 4,0% de  $P_2O_5$  e 3,5% de  $K_2O$ , em peso seco (SBCS/NBR, 2004); e,
- c) localização de aviário em áreas próximas a pequenas propriedades rurais.

A estocagem da cama de aviário, entretanto, deve ser feita em local abrigado da chuva, por conter nutrientes de plantas em formas solúveis, como N amoniacal (25 %) e K na forma de cloreto (100 %) (SBCS/NBR, 2004), que podem ser facilmente perdidos por lixiviação, além da perda de N por volatilização de amônia.

Conforme a União Brasileira de Avicultura (UBABEF, 2012), foram comercializados no Brasil, em 2011,  $13,08 \times 10^6$  toneladas de carne de frangos, sendo aproximadamente 30% produzidas nos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul. A exportação brasileira atingiu, nesse ano, a quantidade de aproximadamente 30% do total produzido. Nos estados de SC e RS foram produzidas, portanto,  $3,92 \times 10^6$  toneladas de carne de frango. Ao peso médio de 2 kg por ave, foram criados, nestes dois Estados,  $1,96 \times 10^6$  frangos em 2011 (o maior produtor é o estado do Paraná, seguindo-se os estados de SC e do RS).

No Centro-oeste e Oeste catarinense é atualmente utilizada a produção de frangos em aviário com 14.000 aves por lote e 12 lotes, por 43 dias cada um, sobre  $140 \text{ m}^3$  de cama de maravalha (Informação pessoal da Prof. Dra. Analú Mantovani, UNOESC, SC). Apresentando a densidade de  $0,7 \text{ g cm}^{-3}$  seriam neste caso produzidos 0,58 kg de cama por ave. Teria-se então a produção de  $1,14 \times 10^6$  toneladas de cama de aviário por ano, nos dois Estados.

Estimando-se uma composição de 4,0% de N, 4,2% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 3,7 de  $\text{K}_2\text{O}$  para esta cama (valores pouco maiores que os referidos anteriormente, para 8 lotes de frangos), pode-se calcular uma produção anual de 45.768  $\text{t ano}^{-1}$  de N, 48.056  $\text{t ano}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 42.335  $\text{t ano}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , nos dois Estados. Estes valores equivalem a 101.707 t de uréia, 106.792 t de superfosfato triplo e 70.559 t de cloreto de potássio (adubos comerciais), com um valor de aproximadamente R\$ 306 milhões.

Além dos aspectos técnico e econômico relacionados à cama de aviário, seu uso agrícola por meio da aplicação da mesma no solo, e desde que manejada adequadamente, também apresenta benefícios ecológicos, como a possibilidade de reciclagem ambiental deste tipo de material.

Justifica-se, portanto, a utilização deste material como comparativo (padrão) para avaliação de adubos/resíduos de base orgânica, devido à sua

relativa uniformidade de composição em nutrientes de plantas, valor fertilizante e grande utilização, principalmente em sistemas de agricultura familiar e produção vegetal orgânica.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos de PVC, com drenagem livre na parte inferior, a céu aberto, na Faculdade de Agronomia (UFRGS). A irrigação foi feita à medida das necessidades das plantas, utilizando-se água potável.

#### 3.1. Solo

Foi utilizado um solo com baixos teores de argila e matéria orgânica e com baixos teores de fósforo e potássio, coletado no município de Viamão, RS, pertencente à unidade de mapeamento Itapuã (STRECK *et al.*, 2008), classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico - PVAd. A caracterização físico-química do mesmo é apresentada na Tabela 1.

#### 3.2. Resíduos e adubos orgânicos utilizados

Foram utilizados no experimento, os resíduos (Tabela 2):

- a) Borra oleosa ácida (B), resíduo do refino de óleo de soja, obtido de uma central de processamento deste tipo de resíduo, localizada no município de Guaíba, RS. Este resíduo é classificado, conforme a NBR 10.004, como resíduo Classe I.

A caracterização físico-química da borra é dada na Tabela 2. Este resíduo foi seco à temperatura de 55-60°C e posteriormente triturado para apresentar partículas entre 1,0 e 4,8 mm (peneiras 35 e 4, respectivamente) para enquadrar-se nas características de “fertilizante farelado”, conforme a Legislação Brasileira (BRASIL, 2007). O mesmo resíduo foi utilizado nos tratamentos 9 a 16 (Tabela 3).

**TABELA 1.** Caracterização do solo utilizado (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico - PVAd) <sup>1)</sup>

Determinação	Valor	Determinação	Valor
pH em água	5,1	H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,8
Índice SMP	6,4	CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,8
P disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	0,9	S extraível (mg dm <sup>-3</sup> )	3,5
K disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	30	Zn extraível (mg dm <sup>-3</sup> )	2,4
M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	8,0	Cu extraível (mg dm <sup>-3</sup> )	1,5
Al trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,4	B extraível (mg dm <sup>-3</sup> )	0,3
Ca trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	Mn trocável (mg dm <sup>-3</sup> )	19
Mg trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,3	Teor de argila (g dm <sup>-3</sup> )	70

<sup>1)</sup> Análise efetuada no Laboratório de Análises de Solo da Faculdade de Agronomia (UFRGS), conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

Na preparação da mistura organo-mineral (OM) foram adicionados à borra oleosa, diamônio fosfato (DAP) e cloreto de potássio (fertilizantes comerciais) na proporção de 80 : 12 : 8 (em %), respectivamente, obtendo-se a fórmula de adubo 2,2 - 5,4 - 4,8 (em N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, provenientes dos adubos minerais).

Conforme a Legislação Brasileira, os adubos organo-minerais devem conter um teor mínimo de 50% de matéria-prima de origem orgânica, uma quantidade mínima de 12% de N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O solúveis, um mínimo de 25% de matéria orgânica e um teor máximo de 20% de umidade (BRASIL, 2007). O adubo organo-mineral preparado conforme a descrição acima se enquadra nestes requisitos.

A mistura do adubo organo-mineral com borra oleosa foi utilizada nos tratamentos 10, 11 e 12 (Tabela 3).

**TABELA 2.** Caracterização físico-química dos resíduos utilizados

Determinação	Resíduo <sup>1)</sup>			
	B	M	Ao <sub>1</sub>	Ao <sub>2</sub>
Umidade (g kg <sup>-1</sup> )	20	-	348	702
pH em água	3,9	-	8,6	7,5
N total (g kg <sup>-1</sup> )	7,1	41	21	18
P total (g kg <sup>-1</sup> )	2,9	6,0	14,0	11
K total (g kg <sup>-1</sup> )	0,4	5,9	26,0	12
Ca total (g kg <sup>-1</sup> )	11	0,43	21,0	27
Mg total (g kg <sup>-1</sup> )	0,2	2,7	6,0	8,7
Cu total (mg kg <sup>-1</sup> )	22	18	455	65
Zn total (mg kg <sup>-1</sup> )	33	103	392	294
Na total (g kg <sup>-1</sup> )	3,8	0,1	5,6	-
S total (g kg <sup>-1</sup> )	87	-	5,0	3,8
Mn total (mg kg <sup>-1</sup> )	14	29	448	-
C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	280	500	280	290
Óleos e graxas (g kg <sup>-1</sup> )	121	-	-	-

<sup>1)</sup> B = borra oleosa ácida de soja; M = farelo de mamona; Ao<sub>1</sub> = adubo orgânico (cama de aviário) de Bom Retiro do Sul, RS; e, Ao<sub>2</sub> = adubo orgânico (cama de aviário) de Porto Alegre, RS.

Análises efetuadas no Laboratório de Análises de Solo da Faculdade de Agronomia (UFRGS), conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

A borra oleosa foi também misturada em diferentes proporções com adubos orgânicos. O adubo orgânico (cama de aviário) caracterizado como Ao<sub>1</sub> (Tabela 2), foi obtido de aviário localizado no município de Bom Retiro do Sul, RS. Essas misturas foram utilizadas no experimento inicial e no primeiro estudo do efeito residual, nos tratamentos 13 a 16. No segundo estudo do efeito residual, foi utilizado o adubo orgânico Ao<sub>2</sub>, constituído por cama de aviário, obtido no Departamento de Zootecnia (UFRGS), em Porto Alegre, RS, caracterizado na Tabela 2.

b) Farelo de mamona (M), resíduo da extração do óleo de grãos moídos de mamona com solvente, preparado em laboratório, tendo em vista que atualmente não há operação comercial com este produto no estado do Rio Grande do Sul. Este resíduo é classificado, conforme a NBR 10.004, como resíduo Classe II. A caracterização físico-química deste resíduo é dada na Tabela 2.

O adubo organo-mineral (OM) preparado com o farelo de mamona foi semelhante ao preparado com a borra oleosa (B) descrito acima, cumprindo os mesmos requisitos e especificações. O adubo foi utilizado nos tratamentos 17 a 20 (Tabela 3).

O farelo de mamona foi também aplicado em mistura (em duas proporções) com o adubo orgânico (Ao) descrito acima, nos tratamentos 21 e 22.

### 3.3. Tratamentos

Os tratamentos, aplicados inicialmente (com três repetições), são dados na Tabela 3, constituindo cinco grupos, a saber:

- a) Curvas de resposta às aplicações de N e P na forma mineral (números 1 a 8);
- b) Borra oleosa com adubo organo-mineral (números 9 a 12);
- c) Borra oleosa com adubo orgânico (números 13 a 16);
- d) Farelo de mamona com adubo organo-mineral (números 17 a 20); e,
- e) Farelo de mamona com adubo orgânico (números 21 e 22).

Os resíduos foram também aplicados *in natura*, adicionando-se entretanto P e K (tratamentos 9 e 17 para a borra e farelo de mamona, respectivamente). O adubo orgânico (Ao<sub>1</sub> e Ao<sub>2</sub>) foi aplicado *in natura* (tratamento 13).

Nos tratamentos com adições de resíduos misturados com adubo orgânico (Ao) foi também aplicado N em cobertura, em quantidades adequadas para manter o total do N na mistura (devido à redução do adubo orgânico).

### 3.4. Condução dos experimentos

Na condução dos experimentos, foram feitos três cultivos: milho (outono de 2009), trigo (inverno de 2009) e milho (outono de 2010), com duração entre 2 a 3 meses.

### 3.4.1. Primeiro cultivo

No período de 05 a 09/03/2009, os materiais dos tratamentos foram misturados ao solo, a saber: uma quarta parte do adubo nitrogenado, a totalidade dos adubos minerais fosfatado e potássico (superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente), as misturas de orgânicos e/ou organo-minerais com resíduos, o corretivo da acidez (calcário), o gesso e os micronutrientes.

Em 09/03/2009, foram semeadas quatro sementes de milho (cultivar FUNDACEP) por vaso, observando-se a emergência das plântulas em 14/03/2009. No primeiro cultivo, foram utilizados vasos de 10,0 L de solo e três repetições.

A adubação nitrogenada foi fracionada em três doses, sendo aplicada em cobertura (uréia em solução) em quantidades e dias após a emergência especificados para cada tratamento (Tabela 3).

A parte aérea das plantas foi cortada em 29/04/2009, sendo seca em estufa a 60° C para quantificação de matéria seca, moagem e determinação de alguns nutrientes no tecido vegetal.

Foram a seguir coletadas amostras compostas de solo para análise (amostras das três repetições, utilizando-se trado calador).

Foi utilizada nos procedimentos analíticos de plantas e solo a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

O solo dos vasos das três repetições foi misturado, picando-se as raízes, que foram a seguir incorporadas ao solo, e este foi mantido ao abrigo da chuva até a continuação do experimento, no segundo cultivo, para o estudo do efeito residual e da reaplicação dos tratamentos.



**TABELA 3.** Tratamentos e quantidades de adubos/resíduos adicionados em doses equivalentes por hectare na cultura do milho (primeiro cultivo) <sup>1)</sup>

Tratamentos	N (kg) *			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	K <sub>2</sub> O *	OM	B	M	Ao <sub>1</sub>	Calcário	Gesso	Micro-
	Sem.	10 d.	35 d.	(kg)	(kg)	(t)	(t)	(t)	(t)			nutrientes
Curvas de resposta a N e P (solúveis)												
1 - Testemunha (T)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
2 - N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K + Ca (N <sub>0</sub> )	-	-	-	135	120	-	-	-	-	+	+	+
3 - N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K + Ca (N <sub>1</sub> )	54	-	-	135	120	-	-	-	-	+	+	+
4 - N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K + Ca (N <sub>2</sub> )	54	54	-	135	120	-	-	-	-	+	+	+
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K + Ca (N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> )	54	54	108	135	120	-	-	-	-	+	+	+
6 - N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K + Ca (P <sub>0</sub> )	54	54	108	-	120	-	-	-	-	+	+	+
7 - N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K + Ca (P <sub>1</sub> )	54	54	108	33,7	120	-	-	-	-	+	+	+
8 - N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K + Ca (P <sub>2</sub> )	54	54	108	67,5	120	-	-	-	-	+	+	+
Borra Oleosa (B) com Adubo Organo-mineral (OM)												
9 - B <sub>1</sub> (B <sub>1</sub> )	-	-	-	135	120	-	2,0	-	-	+	-	+
10 - N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K + B <sub>1</sub> (N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub> )	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	+	-	+
11 - N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K + B <sub>2</sub> (N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub> )	-	54	-	-	-	2,5	2,0	-	-	+	-	+
12 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K + B <sub>3</sub> (N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub> )	-	54	108	-	-	2,5	4,0	-	-	+	-	+
Borra Oleosa (B) com Adubo Orgânico (Ao <sub>1</sub> )												
13 - Ao <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	10,0	+	-	+
14 - 20% B + 80% Ao <sub>1</sub> (2B + 8Ao <sub>1</sub> )	-	32	-	-	-	-	2,0	-	8,0	+	-	+
15 - 60% B + 40% Ao <sub>1</sub> (6B + 4 Ao <sub>1</sub> )	-	62	62	-	-	-	6,0	-	4,0	+	-	+
16 - 60% B + 40% Ao <sub>1</sub> + P (6B + 4 Ao <sub>1</sub> + P)	-	62	62	128	-	-	6,0	-	4,0	+	-	+

Continua.

**TABELA 3.** Continuação...

Tratamentos Nº Denominação (sigla)	N (kg) *			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> * mineral	K <sub>2</sub> O * mineral	OM	B	M	Ao <sub>1</sub>	Calcário	Gesso	Micro- nutrientes
	Sem.	10 d.	35 d.	(kg)	(kg)	(t)	(t)	(t)	(t)			
Farelo de Mamona (M) com Adubo Organo-mineral (OM)												
17 - M <sub>1</sub> (M <sub>1</sub> )	-	-	-	135	120	-	-	2,0	-	+	+	+
18 - N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K + M <sub>1</sub> (N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub> )	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	+	+	+
19 - N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K + M <sub>2</sub> (N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub> )	-	54	-	-	-	2,5	-	2,0	-	+	+	+
20 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K + M <sub>3</sub> (N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub> )	-	54	108	-	-	2,5	-	4,0	-	+	+	+
Farelo de Mamona (M) com Adubo Orgânico (Ao <sub>1</sub> )												
21 - 20% M + 80% Ao <sub>1</sub> (2 M + 8 Ao <sub>1</sub> )	-	32	-	-	-	-	-	2,0	8,0	+	+	+
22 - 60% M + 40% Ao <sub>1</sub> (6 M + 40 Ao <sub>1</sub> )	-	62	62	-	-	-	-	6,0	4,0	+	+	+

<sup>1)</sup> Observações:

a) B = borra oleosa ácida de soja; M = farelo de mamona; Ao<sub>1</sub> = adubo orgânico (cama de aviário) de Bom Retiro do Sul, RS; e, Ao<sub>2</sub> = adubo orgânico (cama de aviário) de Porto Alegre, RS.

b) + indica adição; - indica não adição do adubo/resíduo;

c) Calcário: 1,25 t ha<sup>-1</sup> (CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub> 3:1 em peso - produtos comerciais) com PRNT=100 %;

d) Gesso em quantidade suficiente para suprir 0,563 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (2,43 t ha<sup>-1</sup>);

e) Micronutrientes: 20 kg ácido bórico + 8 kg Zn SO<sub>4</sub> + 8 kg CuSO<sub>4</sub> + 0,8 kg Na-molibdato por hectare;

f) \* indica adubos solúveis: uréia (N), superfosfato triplo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e KCl (K<sub>2</sub>O);

g) O N foi aplicado em três frações, sendo uma na semeadura e duas em cobertura, nas quantidades especificadas e aos dias após a emergência das plântulas.

(Base de cálculo: 1 ha=2,0 x 10<sup>6</sup> L)

### 3.4.2. Segundo cultivo (efeito residual-1)

Para o estudo do efeito residual e da reaplicação dos tratamentos, foram utilizados vasos com 150 mm de diâmetro e 33 cm de altura, com drenagem livre, contendo 5,0 L de solo, e duas repetições.

No início de julho/2009, o solo das três repetições de cada tratamento foi homogeneizado, separando-se duas frações suficientes para dois vasos de 5,0 L de capacidade. Uma das frações foi destinada à reaplicação dos resíduos/adubos (repetições A e B) e a outra para estudo do efeito residual (repetições C e D).

Nos tratamentos com reaplicação dos resíduos e suas misturas, foram utilizadas as mesmas doses adicionadas no teste inicial (primeiro cultivo). As quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O solúveis (uréia, superfosfato triplo e KCl, respectivamente) aplicadas são especificadas na Tabela 4.

Os materiais a adicionar, previamente pesados, foram misturados com a fração correspondente de solo. Foi também utilizado o adubo orgânico Ao<sub>1</sub>, caracterizado na Tabela 2.

Após mistura e homogeneização, a fração de solo foi dividida entre os vasos das duas repetições.

Os vasos foram mantidos cobertos, semeando-se 20 sementes de trigo por vaso (cultivar Raízes) em 16/07/2009. A cobertura dos vasos foi retirada após a observação da emergência das plântulas em 24/07/2009. Após seis dias, foi feito o desbaste, mantendo-se 10 plantas por vaso.

A adubação nitrogenada foi fracionada em três doses, sendo 1/3 aplicada na semeadura, conforme especificado na Tabela 4.

Em 05/10/2009 a parte aérea das plantas foi colhida, sendo seca a 60° C para quantificação da matéria seca e moída para determinação de alguns nutrientes.

Uma amostra composta de solo de cada tratamento foi a seguir coletada (com trado calador) para a análise.

Foi utilizada nos procedimentos analíticos de plantas e solo a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

### 3.4.3. Terceiro cultivo (efeito residual-2)

O experimento foi continuado no primeiro semestre de 2010, com a reaplicação de adubos e resíduos (e de suas misturas) nas repetições C e D, mantendo-se as repetições A e B para estudo do efeito residual das duas aplicações anteriores.

Foram mantidos os mesmos tratamentos, adubos e misturas do estudo do efeito residual-1, à exceção do adubo orgânico, onde foi utilizada a cama de aviário caracterizada como  $Ao_2$  (Tabela 2).

Os materiais (adubos, resíduos e suas misturas) foram misturados ao solo dos respectivos tratamentos em 24/02/2010, semeando-se o milho (cultivar PIONEER 30P70) em 01/03/2010. Foi observada a emergência das plântulas após cinco dias, sendo mantidas duas plantas por vaso.

A adubação nitrogenada foi fracionada em três doses, sendo 1/3 aplicada na semeadura. As outras frações foram aplicadas em cobertura (uréia em solução), em quantidades especificadas na Tabela 5. Foi também reaplicado 180 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  (KCl).

O crescimento das plantas do tratamento 19 foi prejudicado por má drenagem da água da chuva.

Em 29/04/2010 a parte aérea das plantas foi colhida, sendo seca a 60° C para quantificação da matéria seca e moída para determinação de alguns nutrientes.

Em 23/07/2010, uma amostra composta de solo de cada tratamento foi coletada (com trado calador) para análise.

Foi utilizada nos procedimentos analíticos de plantas e solo a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

O desenvolvimento do milho no estágio inicial da cultura e o corte da parte aérea do mesmo podem ser vistos no Apêndice A1.5.1.

**TABELA 4.** Tratamentos e quantidades de adubos/resíduos em doses equivalentes por hectare na cultura do trigo (segundo cultivo) <sup>1)</sup>

Tratamentos	Readubação								Efeito residual					
	N (kg) *			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	K <sub>2</sub> O *	OM	B	M	Ao <sub>1</sub>	N (kg) *			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	K <sub>2</sub> O *
	Sem.	18 d.	33 d.	(kg)	(kg)	(t)	(t)	(t)	(t)	Sem.	18 d.	33 d.	(kg)	(kg)
Curvas de resposta a N e P (solúveis)														
1 - T	-	-	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	180
2 - N <sub>0</sub>	-	-	-	154	180	-	-	-	-	-	-	-	154	180
3 - N <sub>1</sub>	54	-	-	154	180	-	-	-	-	-	-	-	154	180
4 - N <sub>2</sub>	54	54	-	154	180	-	-	-	-	-	-	-	154	180
5 - N <sub>3</sub> /P <sub>3</sub>	54	54	54	154	180	-	-	-	-	-	-	-	154	180
6 - P <sub>0</sub>	54	54	54	-	180	-	-	-	-	54	54	54	-	180
7 - P <sub>1</sub>	54	54	54	38	180	-	-	-	-	54	54	54	-	180
8 - P <sub>2</sub>	54	54	54	77	180	-	-	-	-	54	54	54	-	180
Borra Oleosa (B) com Adubo Organo-mineral (OM)														
9 - B <sub>1</sub>	-	-	-	154	180	-	2,0	-	-	-	-	-	-	180
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	-	-	-	-	180	2,5	-	-	-	-	-	-	-	180
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	-	54	-	-	180	2,5	2,0	-	-	-	-	-	-	180
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	-	54	117	-	180	2,5	4,0	-	-	-	-	-	-	180
Borra Oleosa (B) com Adubo Orgânico (Ao <sub>1</sub> )														
13 - Ao <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-
14 - 2B + 8 Ao <sub>1</sub>	-	32	-	-	-	-	2,0	-	8,0	-	-	-	-	-
15 - 6B + 4 Ao <sub>1</sub>	-	62	61	-	-	-	6,0	-	4,0	-	-	-	-	-
16 - 6B + 4 Ao <sub>1</sub> + P	-	62	62	154	-	-	6,0	-	4,0	-	-	-	-	-
Farelo de Mamona (M) com Adubo Organo-mineral (OM)														
17 - M <sub>1</sub>	-	-	-	154	180	-	-	2,0	-	-	-	-	-	180
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	-	54	-	-	-	2,5	-	2,0	-	-	-	-	-	-
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	-	54	117	-	-	2,5	-	4,0	-	-	-	-	-	-
Farelo de Mamona (M) com Adubo Orgânico (Ao <sub>1</sub> )														
21 - 2M + 8 Ao <sub>1</sub>	-	32	-	-	-	-	-	2,0	8,0	-	-	-	-	-
22 - 6M + 4 Ao <sub>1</sub>	-	62	62	-	-	-	-	6,0	4,0	-	-	-	-	-

<sup>1)</sup> Observações conforme a Tabela 3.

**TABELA 5.** Tratamentos e quantidades de adubos/resíduos adicionados em doses equivalentes por hectare na cultura do milho (terceiro cultivo) <sup>1)</sup>

Tratamentos	Readubação								Efeito residual					
	N (kg) *			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	K <sub>2</sub> O *	OM	B	M	Ao <sub>2</sub>	N (kg) *			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	K <sub>2</sub> O *
	Sem.	23 d.	40 d.	(kg)	(kg)	(t)	(t)	(t)	(t)	Sem.	23 d.	40 d.	(kg)	(kg)
Curvas de resposta a N e P (solúveis)														
1 - T	-	-	-	-	180	-	-	-	-	-	-	-	-	180
2 - N <sub>0</sub>	-	-	-	154	180	-	-	-	-	-	-	-	154	180
3 - N <sub>1</sub>	54	-	-	154	180	-	-	-	-	-	-	-	154	180
4 - N <sub>2</sub>	54	54	-	154	180	-	-	-	-	-	-	-	154	180
5 - N <sub>3</sub> /P <sub>3</sub>	54	54	54	154	180	-	-	-	-	-	-	-	154	180
6 - P <sub>0</sub>	54	54	54	-	180	-	-	-	-	54	54	54	-	180
7 - P <sub>1</sub>	54	54	54	38	180	-	-	-	-	54	54	54	-	180
8 - P <sub>2</sub>	54	54	54	77	180	-	-	-	-	54	54	54	-	180
Borra Oleosa (B) com Adubo Organo-mineral (OM)														
9 - B <sub>1</sub>	-	-	-	154	180	-	2,0	-	-	-	-	-	-	180
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	-	-	-	-	180	2,5	-	-	-	-	-	-	-	180
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	-	54	-	-	180	2,5	2,0	-	-	-	-	-	-	180
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	-	54	117	-	180	2,5	4,0	-	-	-	-	-	-	180
Borra Oleosa (B) com Adubo Orgânico (Ao <sub>2</sub> )														
13 - Ao <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-
14 - 2B + 8 Ao <sub>2</sub>	-	32	-	-	-	-	2,0	-	8,0	-	-	-	-	-
15 - 6B + 4 Ao <sub>2</sub>	-	62	61	-	-	-	6,0	-	4,0	-	-	-	-	-
16 - 6B + 4 Ao <sub>2</sub> + P	-	62	62	154	-	-	6,0	-	4,0	-	-	-	-	-
Farelo de Mamona (M) com Adubo Organo-mineral (OM)														
17 - M <sub>1</sub>	-	-	-	154	180	-	-	2,0	-	-	-	-	-	180
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	-	54	-	-	-	2,5	-	2,0	-	-	-	-	-	-
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	-	54	117	-	-	2,5	-	4,0	-	-	-	-	-	-
Farelo de Mamona (M) com Adubo Orgânico (Ao <sub>2</sub> )														
21 - 2M + 8 Ao <sub>2</sub>	-	32	-	-	-	-	-	2,0	8,0	-	-	-	-	-
22 - 6M + 4 Ao <sub>2</sub>	-	62	62	-	-	-	-	6,0	4,0	-	-	-	-	-

<sup>1)</sup> Observações conforme a Tabela 3.

### **3.5. Análise estatística**

Os dados obtidos de matéria seca da parte aérea das plantas nos três cultivos foram comparados individualmente entre os cultivos utilizando-se a análise de variância e o teste da diferença mínima significativa (Tukey, a 5% de probabilidade) (ZONTA e MACHADO, 1993). À exceção dos dados de rendimento relativo médio de matéria seca, todos os dados com efeito imediato e efeito residual, no mesmo cultivo, foram analisados conjuntamente.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos três cultivos serão apresentados em uma análise conjunta, abordando-se os seguintes aspectos:

- a) Curvas de resposta das plantas às adições de N e P solúveis;
- b) Rendimento relativo das culturas;
- c) Efeito residual de adubos minerais, orgânicos e de suas misturas;
- d) Disponibilidade dos nutrientes N e P de adubos minerais, orgânicos e de suas misturas para as plantas (absorção); e,
- e) Possíveis efeitos nas modificações das propriedades dos solos.

Os rendimentos de matéria seca da parte aérea dos primeiro, segundo e terceiro cultivos são apresentados nos Apêndices A1.1.1, A1.2.1, A1.3.1, respectivamente.

O rendimento relativo médio em matéria seca da parte aérea das plantas nos tratamentos Adubado (média de três cultivos) e Efeito residual (média de dois cultivos) é apresentado no Apêndice A1.4.

Os teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea do primeiro cultivo, segundo cultivo (efeito residual-1 e readubado), terceiro cultivo (efeito residual-2 e readubado) são apresentados nos Apêndices A1.1.2, A1.2.2, A1.2.3, A1.3.2 e A1.3.3, respectivamente.

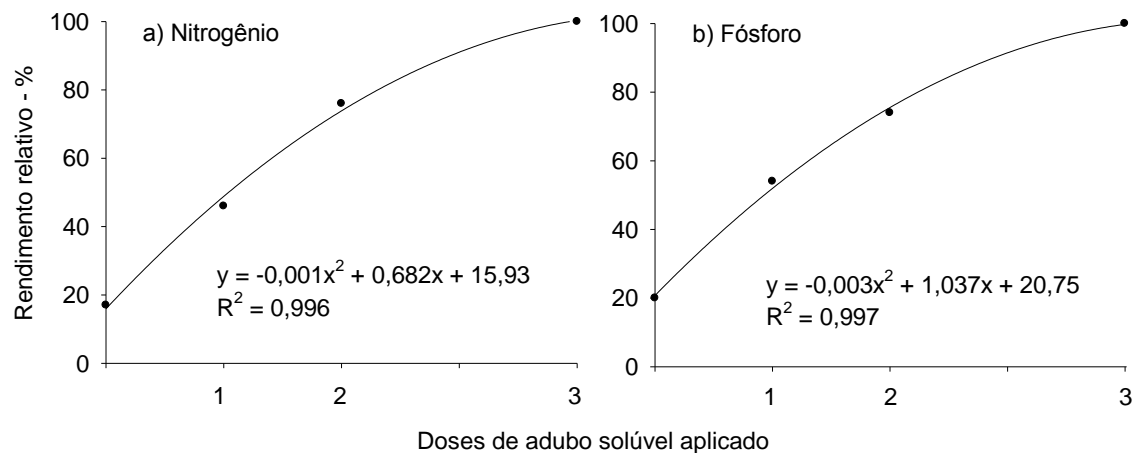


Os resultados da análise do solo ao final dos primeiro, segundo e terceiro cultivos são apresentados nos Apêndices A1.1.3, A1.2.4 e A1.3.4, respectivamente.

Os resultados da avaliação do rendimento das plantas e da absorção de N e P serão apresentados e discutidos pelas médias dos três cultivos em relação ao rendimento médio determinado no tratamento com a maior adubação mineral (tratamento 5 -  $N_3P_3K$ ), ao qual foi atribuído o valor de 100%.

#### 4.1. Curvas de resposta das plantas às adições de adubos solúveis (N e P)

Na Figura 3 são mostradas as curvas de resposta médias das plantas, às adições de N e P minerais, nos três cultivos (dois de milho e um de trigo), determinadas pelo rendimento relativo da parte aérea das mesmas entre 2 e 3 meses de cultivo.



**FIGURA 3.** Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea das plantas às adições de nitrogênio, na forma de uréia (a), e de fósforo, na forma de superfosfato triplo (b), (médias dos três cultivos).

Como foi utilizado um solo de baixa fertilidade, a aplicação dos adubos mostrou grande aumento no rendimento, atingindo valores de até 9,6 t de matéria seca  $ha^{-1}$  da parte aérea das plantas no tratamento com a maior taxa de adição de adubo mineral ( $N_3P_3K$ ) no primeiro cultivo (ALTHAUS *et al.*, 2010). Este fato possibilita uma avaliação mais detalhada do valor fertilizante

das diferentes composições dos resíduos com adubos solúveis (misturas organo-minerais) ou com adubos orgânicos (em diferentes proporções).

O aumento do rendimento em matéria seca das plantas com as doses crescentes de N e P foi também observado por Bissani *et al.* (2008) e por Barbosa (2009), neste solo.

#### **4.2. Efeitos imediato e residual dos resíduos e adubos orgânicos utilizados**

Na Figura 4 são apresentados os rendimentos relativos médios da parte aérea das plantas com as adições de borra oleosa (B), farelo de mamona (M) e do adubo orgânico (Ao), em comparação com o tratamento em que foi adicionada a maior dose de adubo mineral ( $N_3P_3K$ ). No tratamento adubado, foram utilizadas as médias dos três cultivos, e nos tratamentos de efeito residual, as médias dos dois últimos cultivos.

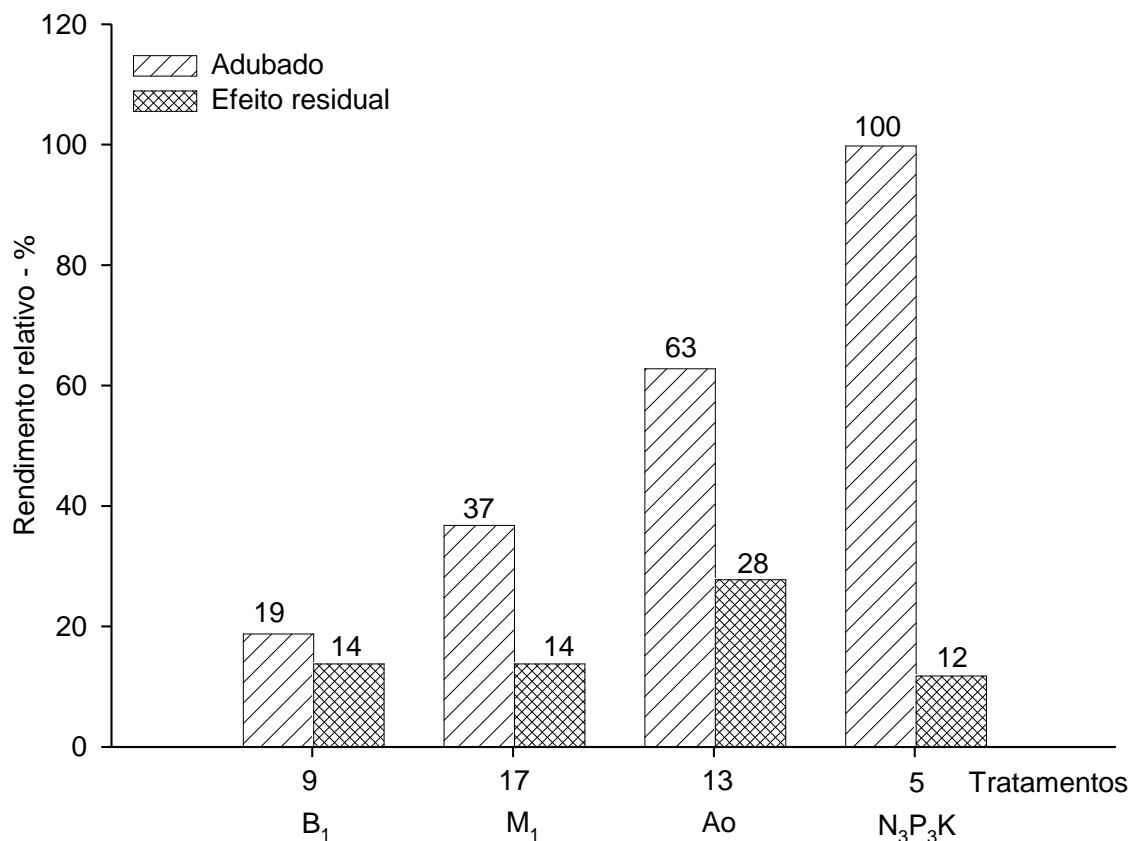
Pode-se observar que o farelo de mamona e principalmente a borra oleosa apresentaram pequeno efeito fertilizante, mesmo com as suplementações de P e K solúveis (Tabela 3). Como o solo utilizado apresenta baixo teor de matéria orgânica, a liberação de N do solo para as plantas foi muito baixa, sendo este nutriente o fator limitante do rendimento das plantas, como será visto no item 4.3. Os aumentos de rendimento foram, portanto, de 12% para a borra oleosa e de 30% para o farelo de mamona, em relação à testemunha (com 7% de rendimento em matéria seca). O maior efeito do farelo de mamona se deve a um maior teor de N total ( $41 \text{ g kg}^{-1}$  - Tabela 2). Efeito positivo no rendimento de plantas com a adição de farelo/torta de mamona foi também observado por Lima *et al.* (2006) e Góes (2010). Estes dois resíduos, entretanto, apresentaram muito baixo efeito residual (semelhante à testemunha).

O adubo orgânico utilizado, por outro lado, apresentou o efeito fertilizante esperado (BISSANI *et al.*, 2008), tanto na adubação de pré-plantio como no efeito residual.

Devido ao baixo valor fertilizante dos resíduos, há, portanto, a necessidade da adição de nutrientes em forma solúvel para que os mesmos possam ser utilizados no solo. Esta prática pode ser feita tanto com a utilização

de adubos minerais, obtendo-se um produto classificado como organo-mineral, como em simples misturas, em proporções variáveis, de adubo orgânico convencional com o(s) resíduo(s).

O efeito residual foi baixo em todos os tratamentos (B, M, Ao e  $N_3P_3K$ ). Nos casos dos resíduos e do adubo orgânico, a mineralização foi insuficiente para suprir a quantidade de N necessária para um desenvolvimento adequado das plantas.



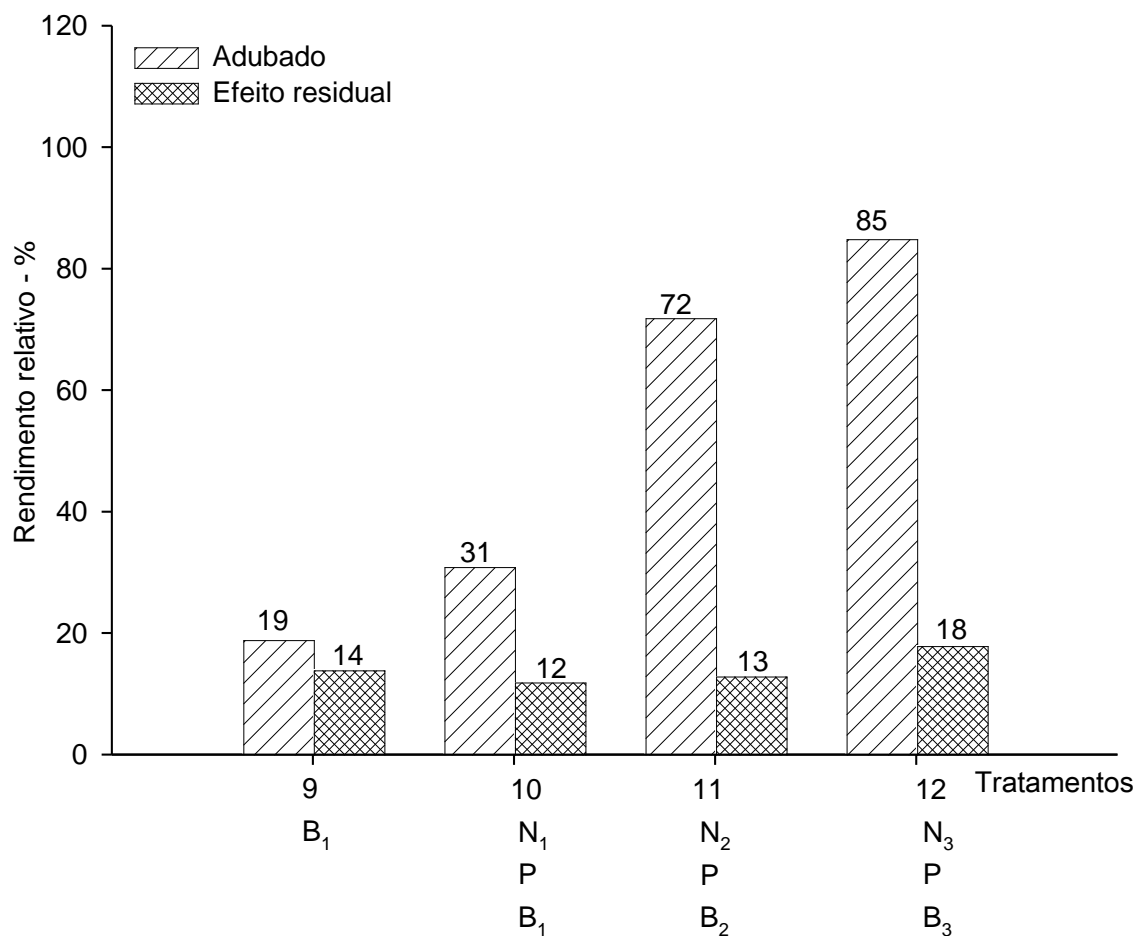
**FIGURA 4.** Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de borra oleosa (B), farelo de mamona (M) e cama de aviário (Ao), em comparação com o adubo solúvel ( $N_3P_3K$ ), com os respectivos efeitos residuais.

#### 4.2.1. Adubo organo-mineral contendo borra oleosa

Na Figura 5 é mostrado o efeito da adição crescente de adubo solúvel (Nitrogênio) à borra oleosa. O adubo organo-mineral para aplicação na base (antes do plantio) contém  $22 \text{ g kg}^{-1}$  de N solúvel. A adição de 2,5 t deste adubo supre 55 kg de N solúvel. Sendo esta a quantidade total de N solúvel utilizada e não havendo aplicação em cobertura, para o caso do tratamento

com  $N_1PB_1$ , o rendimento das plantas foi reduzido. Aumentando-se a quantidade de borra aplicada, concomitantemente com adubo nitrogenado em cobertura (tratamento  $N_3PB_3$ ), foi possível atingir até 85% do rendimento máximo. O aumento das quantidades de borra adicionada não prejudicou o crescimento das plantas.

Neste trabalho foi utilizada a dose máxima cumulativa de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de borra oleosa (em 2 aplicações: inicial e efeito residual). Não foi encontrada, em nenhuma bibliografia, indicação da quantidade de borra oleosa que pode ser aplicada ao solo com segurança.



**FIGURA 5.** Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de borra oleosa (B) e suas misturas com adubos minerais solúveis (organo-mineral), com os respectivos efeitos residuais.

Em trabalho posterior, com o mesmo solo, foram feitas duas aplicações da mesma borra nas quantidades cumulativas de até  $41 \text{ t ha}^{-1}$  (23 no primeiro cultivo e 18 no segundo), com adubação mineral (NPK + calcário),

não tendo sido observado efeito prejudicial às plantas de milho. Detalhes deste trabalho são dados no Apêndice 3 do presente documento.

A borra oleosa é classificada, conforme a Norma NBR 10.004 como resíduo de Classe I (perigoso). As indústrias de extração de óleo vegetal (para biodiesel ou comestível) encaminham esta borra para centrais de tratamento de resíduos, a um custo bastante apreciável. Depreende-se, portanto, que a classificação de um resíduo, com base somente em dados analíticos (testes de extração e lixiviação), pode ser falha quando considerados os aspectos agronômicos de descarte controlado no solo.

A possibilidade de utilização da borra oleosa como matéria-prima para a fabricação de adubos líquidos concentrados (N - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - K<sub>2</sub>O), conforme discutido anteriormente (item 2.4.1), poderia ser também uma forma de utilização da borra, em cultivos de maior valor agregado (DANIELS, 1997).

O efeito residual da aplicação do adubo organo-mineral foi baixo, devido à carência do N solúvel que em geral é limitante para o crescimento das plantas. A adubação de base (com adubo organo-mineral) deve ser, portanto suplementada com adubo nitrogenado em cobertura, como é usual na prática agronômica (SBCS/NRS, 2004).

#### **4.2.2. Misturas de adubo organo-mineral contendo borra oleosa com adubo orgânico**

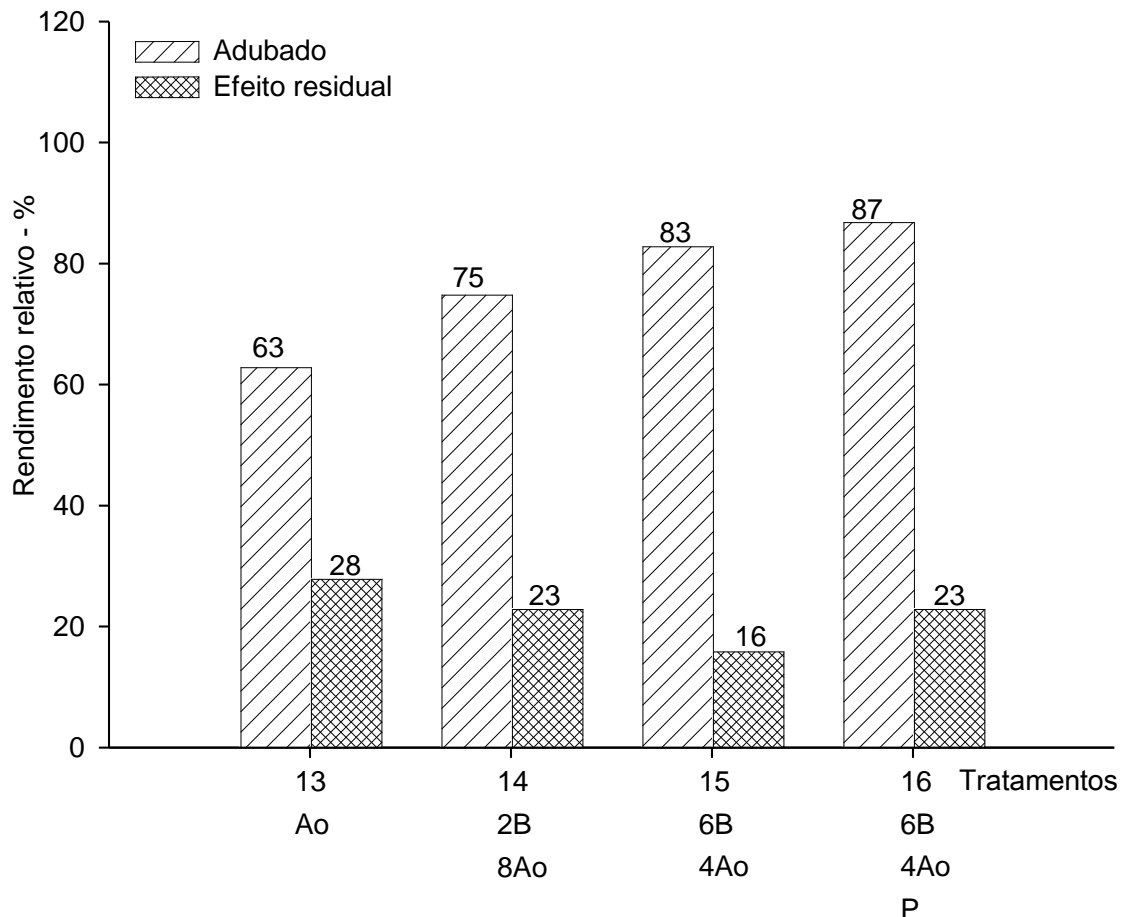
O efeito de misturas de borra oleosa com cama de aviário, em duas proporções, é mostrado na Figura 6. Pode-se observar que o aumento das quantidades de borra oleosa adicionada não prejudicou o crescimento das plantas, desde que seja adicionado N solúvel em cobertura, em quantidade semelhante à redução do N do adubo orgânico.

A complementação com adubo fosfatado no tratamento com a menor proporção de adubo orgânico na mistura não foi necessária, devido à presença suficiente de fósforo solúvel no sistema.

A possibilidade de utilização de maior quantidade de borra na mistura (60% neste estudo - Tabela 3) é conveniente para descarte deste resíduo em pequenas áreas de terra. O custo poderia até compensar a taxa

cobrada pela central de reciclagem/estocagem de resíduos (~ R\$ 200 t<sup>-1</sup> - item 2.4.1).

A utilização de adubo orgânico pode ser uma alternativa economicamente viável quando ocorrer uma proximidade entre fontes produtoras de borra e de adubo orgânico.



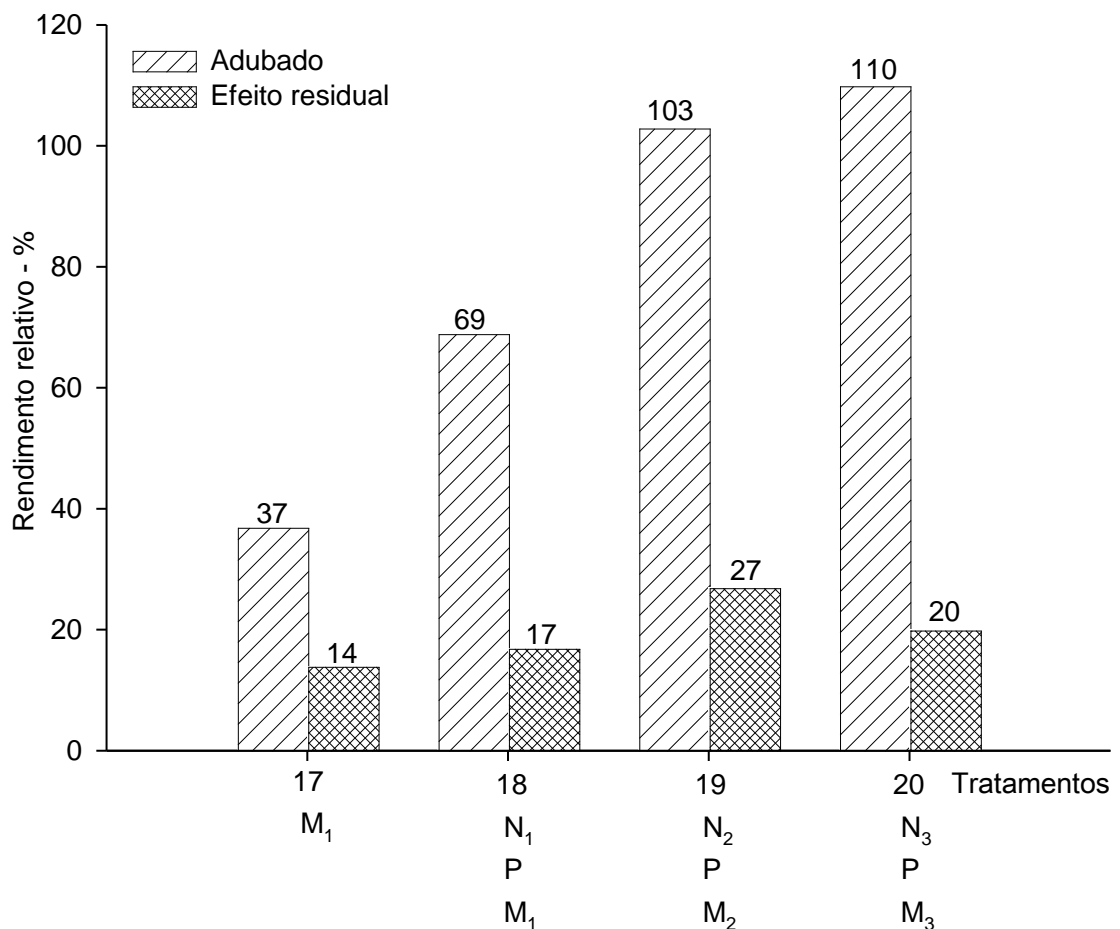
**FIGURA 6.** Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de borra oleosa (B) e suas misturas com adubo orgânico (Ao), com os respectivos efeitos residuais.

#### 4.2.3. Adubo organo-mineral contendo farelo de mamona

Na Figura 7 é mostrado o rendimento relativo da parte aérea das culturas com a adição de adubo organo-mineral, preparado com farelo de mamona, acrescido de N solúvel aplicado em cobertura, durante o período de crescimento das plantas.

O aumento do rendimento das culturas foi em média superior ao observado com a utilização de borra oleosa, atingindo valores semelhantes aos obtidos com a adubação mineral completa (N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K).

Este fato pode ser devido à contribuição do N do farelo de mamona, que contém 41 g kg<sup>-1</sup> de N (Tabela 2), podendo ser mineralizado em parte durante o crescimento das plantas. No tratamento 17, com a adição de 2 t ha<sup>-1</sup> de farelo de mamona, foram supridos 82 kg de N total, e obtido 37% do rendimento máximo, em média (Apêndice A1.4). Conforme a equação da Figura 3a, este valor corresponderia à contribuição de 31 kg de N solúvel ha<sup>-1</sup>. A mineralização de N do farelo teria sido, portanto, de aproximadamente 76% (em 65-70 dias), considerando-se o peso de raízes semelhante ao da parte aérea. Severino *et al.* (2004) e Bon (1977) também determinaram elevada taxa de mineralização do N da torta de mamona.



**FIGURA 7.** Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de farelo de mamona (M) e suas misturas com adubos minerais solúveis (organo-mineral), com os respectivos efeitos residuais.

Em outros trabalhos (LIMA *et al.*, 2006; GÓES, 2010) foram também obtidos resultados positivos em rendimento de plantas, com a adição de torta de mamona.

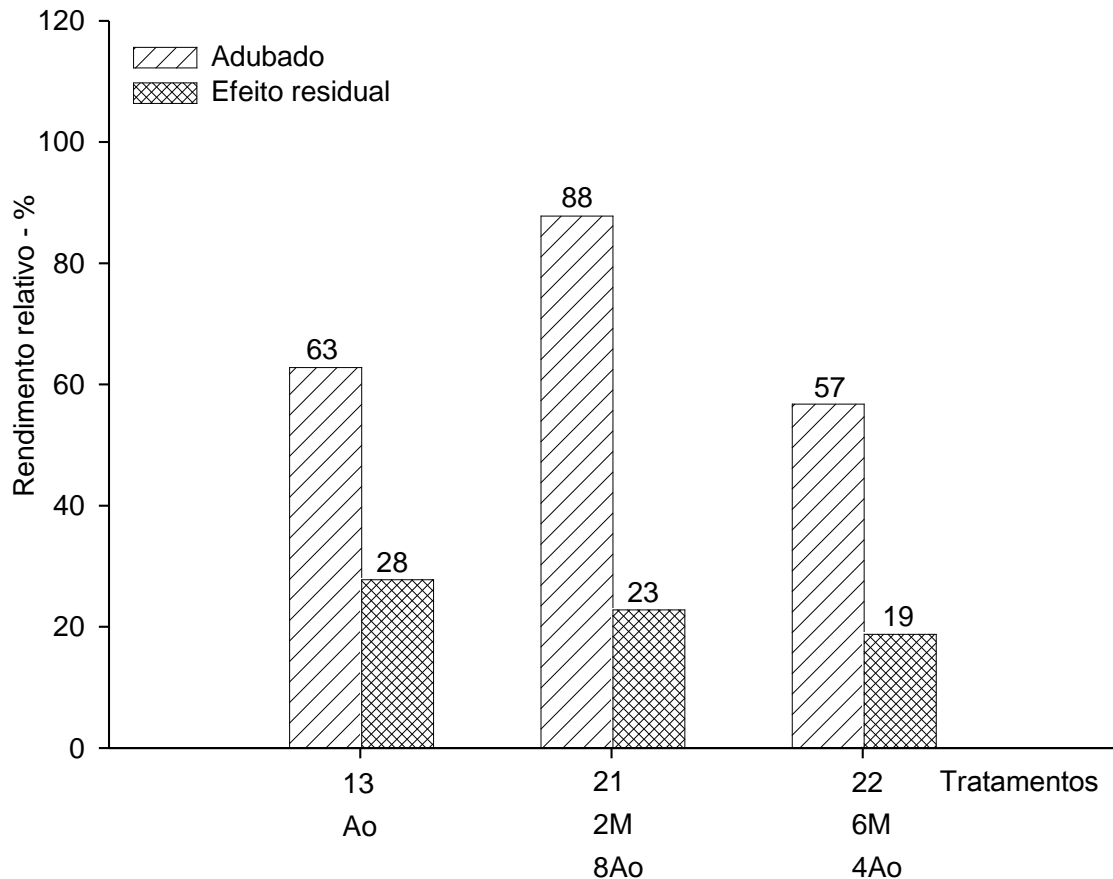
Deve-se ressaltar, entretanto, a necessidade de suprimento dos outros nutrientes, principalmente P, para obter aumento de rendimento das culturas, tendo em vista que o farelo apresenta baixo teor deste ( $6,0 \text{ g kg}^{-1}$  - Tabela 2). Este desbalanço de nutrientes pode ter ocorrido no trabalho de Zuchi *et al.* (2007), que não observaram aumento de rendimento de triticale com a aplicação de torta de mamona.

#### **4.2.4. Misturas de adubo organo-mineral contendo farelo de mamona com adubo orgânico**

O efeito da mistura de farelo de mamona com adubo orgânico pode ser observado na Figura 8. Foi constatado um sensível decréscimo do rendimento das plantas com o aumento do farelo de mamona na mistura (de 20% para 60%), diferentemente do que foi observado no caso da borra oleosa, mesmo com a adição de N em cobertura.

Este fato pode ter sido devido a algum efeito prejudicial do farelo aplicado em maior quantidade ( $6 \text{ t ha}^{-1}$ ), tendo em vista que foram adicionados N e P em doses adequadas (orgânico e/ou mineral). Lima *et al.* (2006), Zuchi *et al.* (2007) e Góes (2010) observaram efeito prejudicial da torta de mamona sobre a germinação das sementes. Outros testes com este material seriam necessários para esclarecer este efeito. A possibilidade de aplicação segura deste resíduo seria interessante para a indústria, considerando-se que o farelo/torta não é indicado para a fabricação de rações para animais, por conter componentes tóxicos como ricina e ricinina (ABDALLA *et al.*, 2008).





**FIGURA 8.** Médias do rendimento relativo de matéria seca das plantas nos tratamentos com adição de farelo de mamona (M) e suas misturas com adubo orgânico (Ao), com os respectivos efeitos residuais.

#### 4.3. Macronutrientes, cobre e zinco nas plantas

A determinação dos nutrientes na parte aérea das plantas possibilita a avaliação da disponibilidade dos mesmos no sistema. Deve-se considerar, entretanto, que as raízes também armazenam estes nutrientes, que podem ser disponibilizados para a cultura subsequente, dependendo da atividade microbiana dos organismos decompositores de materiais orgânicos.

Na presente sucessão de cultivos, considerando que foi adotado um sistema aberto, parte dos nutrientes solúveis (principalmente N e K) podem ser lixiviados no período de tempo entre cultivos.

No Apêndice A1.1.2 são dados os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e de cobre e zinco na parte aérea das plantas do primeiro cultivo do milho. São também apresentados os valores considerados adequados para o suprimento dos mesmos, conforme a SBCS/NRS (2004). Estes valores se referem à análise do terço central da folha oposta e abaixo da

espiga, na fase do pendoamento. Embora não tenha sido possível coletar tecido conforme a recomendação, devido ao curto período experimental (cultivo em vasos), os valores podem ser utilizados na avaliação do estado nutricional da cultura.

Pode-se observar no Apêndice A1.1.2 que os teores de N na parte aérea das plantas de milho estão, em geral, menores que o limite inferior da faixa considerada adequada, indicando que este nutriente poderia estar limitando o crescimento das plantas. O mesmo foi observado no cultivo subsequente de trigo, quer no estudo do efeito residual (Apêndice A1.2.2) como nos vasos em que foi feita a readubação (Apêndice A1.2.3). No terceiro cultivo (milho) os teores de N apresentaram valores também, em geral, menores que a faixa adequada (Apêndices A1.3.2 e A1.3.3). Como o N é um elemento bastante móvel na planta, poderá ocorrer posterior translocação para a folha indicadora, no estágio de florescimento.

Os teores de P situaram-se, em geral, na faixa considerada adequada, nos tratamentos em que este nutriente foi adicionado, quer por adubos solúveis, como pelo adubo orgânico.

O mesmo não foi observado para os teores de K no cultivo do trigo, estando estes, em geral, em valores menores que os adequados.

Os teores de Ca e Mg, em geral, situaram-se na faixa adequada, nos tratamentos com adição de calagem, na cultura do milho.

Os teores de S, em geral, foram considerados adequados na cultura do milho, sendo baixos na cultura do trigo. Deve-se ressaltar, entretanto, que em nenhum tratamento foram maiores que o limite superior da faixa considerada adequada, mesmo nos tratamentos com as maiores adições de borra oleosa, que contém  $87 \text{ g kg}^{-1}$  de S total (Tabela 2). O S é facilmente lixiviado na forma de  $\text{SO}_4^{2-}$  em solos com baixos teores de argila e de matéria orgânica, como íon acompanhante de cátions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ).

Os teores de Cu foram sempre baixos, em todos os cultivos, mesmo tendo sido este nutriente adicionado em todos os tratamentos, no início do experimento (Tabela 3). Os teores de Zn foram considerados adequados, em todos os cultivos (SBCS/NRS, 2004).

### 4.3.1. Absorção de N pelas plantas

Para o cálculo da absorção de N pelas plantas foram utilizados os dados do primeiro cultivo (solo adubado) e dos tratamentos sem reaplicação dos adubos/resíduos para a avaliação do efeito residual.

Nesse cálculo, os valores das quantidades absorvidas nos tratamentos foram subtraídos das quantidades absorvidas na testemunha ( $N_0$  para os tratamentos correspondentes as curvas de resposta N e P e T para os demais). A fração absorvida (em %) foi calculada pela quantidade total adicionada (tanto por adubos minerais como nas misturas).

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios da porcentagem de absorção pelas plantas do N adicionado (por adubos minerais/orgânico ou pelos resíduos e misturas) nos diferentes tratamentos (ou grupos de tratamentos). Pode-se observar que, mesmo nos tratamentos com adubação

**TABELA 6.** Valores médios de absorção pelas plantas do N adicionado pelos adubos solúvel (uréia) ou orgânico (Ao) e pelos resíduos (borra oleosa (B) ou farelo de mamona (M))

Grupo de tratamentos	Aadubado	Efeito residual
	(1° cultivo)	(2° cultivo)
	----- % do N absorvido -----	
1 - Curva de resposta a N solúvel (tr. 3, 4, 5)	34	2
2 - Curva de resposta a P solúvel (tr. 5, 7, 8)	24	16
3 - Ao e resíduos:		
3.1 - Ao (tr. 13)	38	9
3.2 - Com B (mais P sol.) (tr. 9)	53	26
3.3 - Com M (mais P sol.) (tr. 17)	46	8
4 - Misturas com B:		
4.1 - Com N e P solúveis (tr. 10, 11, 12)	29	3
4.2 - Com Ao (tr. 14, 15, 16)	27	6
5 - Misturas com M:		
5.1 - Com N e P solúveis (tr. 18, 19, 20)	38	7
5.2 - Com Ao (tr. 21, 22)	22	5
Médias	35	9

nitrogenada, o valor, em geral, foi menor que 50%, o que normalmente ocorre nos sistemas agrícolas. A média de absorção pelas plantas foi de 35% do N adicionado.

Este fato pode ser devido a: não inclusão das raízes na avaliação; perdas do sistema por lixiviação de nitrato (solúvel); perdas por outros mecanismos, como desnitrificação ou volatilização; e, N solúvel remanescente no solo após a colheita da parte aérea das plantas.

Nos tratamentos com adição de baixas quantidades de P, a absorção de N foi baixa, devido ao menor crescimento das plantas, em que o fator limitante foi a deficiência de P.

Nos grupos de tratamentos de misturas com os resíduos borra oleosa de soja e farelo de mamona, a absorção geralmente foi menor do que nos tratamentos com adubação nitrogenada, indicando a possível carência deste nutriente no sistema. Pode ter ocorrido também a perda de nitrato por lixiviação da fração do N solúvel (do adubo orgânico e/ou da adubação mineral).

Os maiores valores de absorção de N foram determinados nos tratamentos com adição dos resíduos borra de soja e farelo de mamona (9 e 17, respectivamente). Este fato pode ter sido devido à rápida absorção pelas raízes das plantas do N mineralizado, tendo em vista que o mesmo estava sendo limitante ao crescimento das mesmas.

O efeito residual do N foi baixo, conforme ocorre na prática agrícola, em que a adubação nitrogenada deve ser feita em cada safra, dependendo da cultura, do teor de matéria orgânica do solo e do nível de produtividade (SBCS/NRS, 2004). O efeito residual apresentou a média de absorção de N pelas plantas de 9%.

#### **4.3.2. Absorção de P pelas plantas**

A absorção de P pelas plantas, calculada conforme o critério adotado para o N (com exceção da testemunha para os tratamentos correspondentes as curvas de resposta N e P, que foi o  $P_0$ ), é dada na Tabela 7. O grupo de tratamentos com maior absorção de P pelas plantas foi o dos tratamentos referentes à curva de resposta a P solúvel, com 27% de absorção.

Pode-se observar que, em geral a absorção de P (média de 19%) é menor que a de N (média de 35%). Este fato é devido às plantas requererem menores quantidades de P do que de N (2 g kg<sup>-1</sup> de P em comparação com 27 g kg<sup>-1</sup> de N para o milho) e devido à adsorção de íons fosfato (solúvel) pelos minerais e matéria orgânica do solo, devendo-se fazer reaplicação de P nas culturas subseqüentes.

O efeito residual da adubação fosfatada foi também baixo (menor que o de N na maioria dos casos), à exceção dos tratamentos com adição de P mineral. Neste caso, a absorção de P pelas plantas foi estimulada pela readubação com N, ocorrendo maior estímulo fisiológico ao crescimento das plantas e a conseqüente dessorção de P adsorvido nos minerais do solo.

**TABELA 7.** Valores médios de absorção pelas plantas do P adicionado pelos adubos solúvel (superfosfato triplo) ou orgânico (Ao) e pelos resíduos (borra oleosa (B) ou farelo de mamona (M))

Grupo de tratamentos	Aadubado	Efeito residual
	(1° cultivo)	(2° cultivo)
	----- % do P absorvido -----	
1 - Curva de resposta a N solúvel (tr. 3, 4, 5)	19	1
2 - Curva de resposta a P solúvel (tr. 5, 7, 8)	27	22 <sup>1)</sup>
-----		
3 - Ao e resíduos:		
3.1 – Ao (tr. 13)	21	4
3.2 - Com B (mais P sol.) (tr. 9)	10	3
3.3 - Com M (mais P sol.) (tr. 17)	15	4
-----		
4 - Misturas com B:		
4.1 - Com N e P solúveis (tr. 10, 11, 12)	21	3
4.2 - Com Ao (tr. 14, 15, 16)	18	5
-----		
5 - Misturas com M:		
5.1 - Com N e P solúveis (tr. 18, 19, 20)	21	6
5.2 - Com Ao (tr. 21, 22)	17	3
-----		
Médias	19	6

<sup>1)</sup> Média de dois tratamentos (7 e 8).

#### 4.4. Modificações nas propriedades do solo

A caracterização básica do solo após o corte das plantas é dada nos Apêndices A1.1.3 (primeiro cultivo), A1.2.4 (segundo cultivo) e A1.3.4 (terceiro

cultivo). Na Tabela 8 são dados os valores médios de todos os tratamentos com readubação em cada amostragem e a variação dos valores determinados.

Pode-se observar um decréscimo de valores médios do pH em água de 6,4 (na faixa “alto”) para 5,7 (na faixa “médio”) (SBCS/NRS, 2004), devido à lixiviação de cátions, por ter sido utilizado um solo arenoso, com baixa capacidade de retenção de cátions básicos (Na, K, Ca e Mg). Desta forma, os teores de Ca e Mg diminuíram com o tempo, estando em níveis menores que os recomendados, considerando-se que deveriam ser maiores que 2,0 e 0,5  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  para Ca e Mg, respectivamente (SBCS/NRS, 2004). No caso de ser continuada a utilização agrícola deste solo deverá ser reaplicado calcário dolomítico.

**TABELA 8.** Caracterização básica do solo utilizado (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico - PVAd) após os três cultivos (médias dos tratamentos com readubação)<sup>1)</sup>

Determinação	Cultivos		
	1°	2°	3°
pH em água	6,4 (5,9 - 6,8) <sup>2)</sup>	5,9 (5,4 - 6,3)	5,7 (5,2 - 6,1)
P ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	20 (3 - 36)	25 (3 - 47)	28 (3 - 54)
K ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	17 (6 - 27)	19 (8 - 30)	28 (14 - 41)
M.O. ( $\text{g dm}^{-3}$ )	-	-	9 (6 - 11)
Ca ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )	2,4 (1,2 - 3,6)	2,1 (1,2 - 2,9)	1,6 (1,0 - 2,1)
Mg ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ )	0,6 (0,2 - 0,9)	0,4 (0,1 - 0,6)	0,3 (0,1 - 0,5)

<sup>1)</sup> Análise efetuada no Laboratório de Análises de Solo da Faculdade de Agronomia (UFRGS), conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995);

<sup>2)</sup> Médias de todos os tratamentos com readubação nas três amostragens coletadas após os cultivos (números entre parêntesis indicam a variação dos valores dentro de cada amostragem).

Os teores de K trocável apresentaram pequeno aumento devido à adubação potássica das culturas. Porém, considerando-se a CTC do solo de 3,8  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (faixa “baixo”), os teores determinados de K situam-se na faixa de valores “baixo” (SBCS/NRS, 2004), devendo ser feita a readubação potássica em cada cultura.

Os teores de P aumentaram com a adubação, situando-se os teores na faixa de “médio” para “alto” (SBCS/NRS, 2004). A variação dos valores, entretanto, é muito ampla, devido à presença de tratamentos sem adubação fosfatada.

O teor médio de matéria orgânica, determinado somente após o terceiro cultivo ( $9 \text{ g dm}^{-3}$ ), foi semelhante ao valor original no solo (“muito baixo”) (Tabela 1). Foram, entretanto, observados valores de até  $11 \text{ g dm}^{-3}$ . Estes foram determinados nos tratamentos com as maiores doses de adubo orgânico ou resíduos adicionados (Apêndice A1.3.4), indicando que a adição continuada destes materiais pode propiciar um aumento gradual dos teores de matéria orgânica, principalmente em solos arenosos ou degradados. Este fato pode ser um aspecto favorável à utilização destes resíduos no solo. O mesmo foi observado em experimento conduzido utilizando-se o mesmo solo, com a aplicação total de  $41 \text{ t ha}^{-1}$  de borra oleosa em duas doses sucessivas ( $23 + 18 \text{ t ha}^{-1}$ ), relatado no Apêndice 3.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos possibilitaram concluir que:

- a) Os resíduos estudados (borra oleosa ácida de soja e farelo de mamona) tanto nas formas de adubos organo-minerais como de misturas com adubo orgânico apresentaram adequado desenvolvimento das plantas, desde que convenientemente complementados com adubos solúveis, conforme as exigências dos cultivos;
- b) Os efeitos residuais da utilização dos adubos organo-minerais ou suas misturas com adubo orgânico, em relação ao efeito imediato, foram muito baixos, devido, provavelmente, às perdas de N solúvel do solo;
- c) Não foi observado efeito negativo da utilização de borra oleosa no crescimento das plantas, tanto na forma de adubo organo-mineral como em misturas com adubo orgânico, nas quantidades utilizadas;
- d) O farelo de mamona não apresentou efeito negativo do rendimento das plantas quando adicionado na forma de adubo organo-mineral ou com baixa proporção (20%) na mistura com adubo orgânico;
- e) Nos tratamentos com adubação mineral, a eficiência de absorção de N na parte aérea das plantas foi em média 35%, enquanto que a absorção de P foi em média 19%, com muito baixo efeito residual; e,
- f) A adição repetida de resíduos e/ou de suas misturas com adubo orgânico propiciou aumento dos teores de matéria orgânica do solo.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p.260-268, 2008.

ABIOVE - Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Disponível em: <<http://www.abiove.com.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos sólidos: classificação, NBR 10.004**. Rio de Janeiro. 63p. 2004.

ALMEIDA, A.A.F.de. **Avaliação da oxidação do biodiesel etílico de milho por meio de técnicas espectroscópicas**. 2007. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2007.

ALMEIDA, R.G.O. **Potencial das culturas de cana-de-açúcar e do girassol para a produção de biocombustíveis no estado do Rio Grande do Sul..** 2011. 43 f. Relatório de Estágio Curricular Supervisionado (Graduação) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, UFRGS.

ALTHAUS, D.; TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; TEIXEIRA, E.C. Aproveitamento agrícola de subprodutos da indústria de biodiesel. In: FERTBIO, 29, 2010, Guarapari. **Anais**. Guarapari, ES, 2010. 1 CD-ROM.

ALVES, C.T.; SANTOS, D.C.; TORRES, E.A. Produção do biodiesel de mamona em escala semi-industrial na planta piloto da Universidade Federal da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., Aracaju, 2006. Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos\\_cbm2/003.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos_cbm2/003.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2012.

BALBINOT, N.S.; SCHNEIDER, R.C.S.; RODRIGUEZ, A.A.L.; KAPPEL, F.I.; PREDIGER, M.H; SILVA LARA, L.R. Aproveitamento dos resíduos da produção de oleaginosas e da extração de óleo. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30, Punta del Este, 26-30 nov. 2006. Disponível em:  
[http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR05423\\_Balbinot.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR05423_Balbinot.pdf). Acesso em: 25 jan. 2012.

BARBOSA, D.B.P. **Utilização do resíduo moído de mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei* Dunker, 1857) como corretivo da acidez do solo e fonte de nutrientes para as plantas**. 132f. 2009. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

BELTRÃO, N.E.M. **Torta de mamona (*Ricinus communis* L.): fertilizante e alimento**. 2 ed. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 6p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 171). Disponível em:  
 <<http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/COMTEC171.PDF>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.

BON, J.H. **Solubilização das proteínas da mamona por enzimas proteolíticas**. 1977. 136 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1977.

BRANDÃO, K.S.R.; SILVA, F.C.; NASCIMENTO, U.M.; SOUSA, M.C.; MOUZINHO, A.M.C.; SOUZA, A.G.; CONCEIÇÃO, M.M.; MOURA, K.R.M.. Produção de biodiesel por transesterificação do óleo de soja com misturas de metanol-etanol. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2006, Brasília-DF. **Artigos Técnicos-científicos**. Brasília, 2006. v.2. p.141-146. Disponível em:  
 <[http://ag20.cnpqia.embrapa.br/Repositorio/Transesterifica%25E7%25E3o+1\\_000g76oadw902wx5ok0wtedt36958h0l.pdf](http://ag20.cnpqia.embrapa.br/Repositorio/Transesterifica%25E7%25E3o+1_000g76oadw902wx5ok0wtedt36958h0l.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 5, de 23 de fevereiro de 2007**. Disponível em:  
 <<http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=1-77-23-2007-2-23-5>>. Acesso em: 05 mai. 2011.

BRASIL. **Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005**. Disponível em:  
 <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm)>. Acesso em: 28 abr. 2011.

BRASIL/ANP - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

BRASIL. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução nº 42, de 24 de novembro de 2004. Regulamento Técnico, n.º 04/ 2004**. Brasília: Diário Oficial da União, 2004. Disponível em:  
 <<http://www.biodieselbrasil.com.br/legislacao/Resolucao%20ANP42.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2012.

BRASIL/CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 46, de 06/10/2011**. Brasília: DOU, 07/10/2011. Seção I.

COSTA, F.X.; BELTRÃO, N.E.M.; LIMA, V.L.A.; NUNES JÚNIOR, E.S.; GUIMARÃES, M.M.B.; DAMACENO, F.A.V. Efeito do lixo orgânico e torta de mamona nas características de crescimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.6, n.1, p.259-268, 2009.

COSTA, M.C.R.; SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V.; BELÉ, J.C.; BOROSKY, J.C.; MOURINHO, F.L.; AGOSTINI, P.S. Utilização da torta de girassol na alimentação de suínos nas fazes de crescimento e terminação: efeitos no desempenho e nas características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, p.1581-1588, 2005.

DANIELS, R.S. **Soapstock utilization, an environmental-agricultural breakthrough**. Texas USA.: AGROTECH, INC. Sherman, 1997. 3p. (Presented at the 1997 AOCS Annual Meeting. Seattle, Washington. May 12, 1997).

EMATER/RS - Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

FERRARI, R.A.; OLIVEIRA, V.S.; SCABIO, A. Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova** [online], v.28, n.1, p.19-23. 2005.

FRÉ, N.C.da. **Obtenção de ácidos graxos a partir da acidulação de borra de neutralização de óleo de soja**. 2009. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

FREIRE, R.M.M.; NÓBREGA, M.B.M. **Cultivo da mamona/subproduto torta**. Campina grande: Embrapa Algodão, 2006. 2p. (Sistemas de produção, 4). Versão eletrônica.

GÓES, G.B.de. **Adubação do girassol com torta de mamona da produção de biodiesel direto da semente**. 2010. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

LAUSCHNER, M. **Potencial de reciclagem agrícola de resíduos da agroindústria fumageira**. 2005. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LIMA, P.C.R. **Biodiesel: um novo combustível para o Brasil**. Consultoria Legislativa. Brasília, Fevereiro de 2005. Disponível em:

<[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1141/biodiesel\\_combustivel\\_lima.pdf?sequence=3](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1141/biodiesel_combustivel_lima.pdf?sequence=3)>. Acesso em: 08 fev. 2012.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; ALBUQUERQUE, R.C.; BELTRÃO, N.E.M. Avaliação da casca e da torta de mamona como fertilizante orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., Aracaju, 2006. Disponível em: <[http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos\\_cbm2/018.pdf](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos_cbm2/018.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2012.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SAMPAIO, L.R.; FREIRE, M.A.O.; SOFIATTI, V.; BELTRÃO, N.E.M. Combinação de casca e torta de mamona como adubo orgânico para a mamoneira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., Salvador, 2008. **Anais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. Disponível em: <[http://www.seagri.ba.gov.br/anais\\_mamona/anais.htm](http://www.seagri.ba.gov.br/anais_mamona/anais.htm)>. Acesso em: 25 jan. 2012.

MANDARINO, J.M.G.; ROESSING, A.C. **Tecnologia para a produção de óleo de soja**: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos. Londrina: Embrapa Soja, 2001.40p.

OLEOPLAN. **Óleos Vegetais**. Disponível em: <<http://www.oleoplan.com.br/>> Acesso em: 25 abr. 2011.

PASQUALINO, J.C.; MONTANÉ, D.; SALVADÓ, J. Synergic effects of biodiesel in the biodegradability of fossil-derived fuels. **Biomass & Bioenergy**, Aberdeen, v. 30, 118 p. 874–879, 2006.

PUKASIEWICZ, S.R.M.; OLIVEIRA, I.L.; PILATTI, L.A. Estudo de caso: gerenciamento de resíduos sólidos industriais em uma indústria processadora de soja. In: SIMPED, 11, 2004, Baurú, SP. **Anais**. Bauru, 2004. 8p.

RAMOS, D.T.; CHIARANDA, H.S.; GUIMARÃES, L.B.; SILVA, M.L.B.; CORSEUIL, H.X. Influência do biodiesel sobre comunidades microbianas em derramamentos subsuperficiais. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E XVII ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS. 2010, São Paulo. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/asubterraneas/article/view/22909/15051>>. Acesso em: 08 fev. 2012.

SBCS/NRS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Regional Sul. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2004. 394p.

SEGATTO, M.P. **Efeito da aplicação de resíduos industriais no solo e nas plantas**. 2001. 151 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SEVERINO, L.S.; COSTA, F.X.; BELTRÃO, N.E.M.; LUCENA, A.M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v.5. n.1. p.650-655, 2004.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/EMATER, 2008. 222p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Depto. de Solos, UFRGS, 1995. 174p.

UBABEF - União Brasileira de Avicultura. Disponível em: <[www.abef.com.br/ubabef/index.php](http://www.abef.com.br/ubabef/index.php)>. Acesso em: 02 fev. 2012.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST**: sistema de análise estatística para microcomputadores. Piracicaba: CIAGRI/ESALQ/USP, 1993. 138p.

ZUCHI, J.; BEVILAQUA, G.A.P.; GALHO, A.; MARQUES, R.L.L.; SILVA, S.D.A. Efeito da torta de mamona sobre os componentes de rendimento de triticales. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v.2. n.2. p.1075-1078, 2007.

## 7. APÊNDICES

APÊNDICE 1:	Dados experimentais do experimento com a adição de borra ácida de soja e farelo de mamona -----	53
	A1.1. Primeiro cultivo -----	53
	A1.2. Segundo cultivo (efeito residual - 1) -----	56
	A1.3. Terceiro cultivo (efeito residual - 2) -----	60
	A1.4. Média dos três cultivos -----	65
	A1.5. Documentação fotográfica -----	66
APÊNDICE 2:	Utilização agrícola do resíduo de girassol após a extração de óleo -----	68
APÊNDICE 3:	Utilização no solo de resíduos orgânicos e industriais -----	90

**APÊNDICE A1.1.** Primeiro cultivo**APÊNDICE A1.1.1.** Rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea das plantas de milho (primeiro cultivo) (médias de três repetições)

Tratamentos	MS
Nº - Sigla	Aduado g vaso <sup>-1</sup>
1 - T	2,70 gh <sup>1)</sup>
2 - N <sub>0</sub>	13,30 fgh
3 - N <sub>1</sub>	24,76 ef
4 - N <sub>2</sub>	37,42 bcde
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	47,93 abcd
6 - P <sub>0</sub>	1,74 h
7 - P <sub>1</sub>	15,29 fgh
8 - P <sub>2</sub>	31,67 cdef
9 - B <sub>1</sub>	13,06 fgh
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	21,49 efg
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	37,06 bcde
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	55,35 ab
13 - A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	51,87 ab
14 - 2B + 8A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	46,25 abcd
15 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	46,50 abcd
16 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub> + P	49,16 abc
17 - M <sub>1</sub>	30,31 cdef
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	49,12 abc
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	52,75 ab
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	59,99 a
21 - 2M + 8A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	50,89 ab
22 - 6M + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	29,56 def
CV (%)	17

<sup>1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

**APÊNDICE A1.1.2.** Teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas de milho (primeiro cultivo) (médias de três repetições)

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn
Nº - Sigla	----- g kg <sup>-1</sup> -----						--- mg kg <sup>-1</sup> ---	
1 - T	18,8	1,1	21,6	10,7	5,8	4,0	7,4	49
2 - N <sub>0</sub>	7,4	2,7	20,3	5,6	3,1	1,1	3,9	32
3 - N <sub>1</sub>	7,8	2,1	14,0	6,3	4,4	1,4	4,0	37
4 - N <sub>2</sub>	7,8	1,6	11,5	5,8	4,2	1,3	3,4	34
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	9,3	1,4	9,2	6,4	5,0	1,6	4,0	45
6 - P <sub>0</sub>	14,9	1,3	18,3	8,7	4,7	3,0	6,3	47
7 - P <sub>1</sub>	14,6	1,7	20,3	6,8	4,2	1,9	5,6	42
8 - P <sub>2</sub>	13,6	1,3	12,2	7,4	5,3	1,9	5,1	50
9 - B <sub>1</sub>	6,8	2,8	20,5	4,5	3,2	1,1	3,2	33
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	6,1	2,3	17,2	5,5	3,9	1,0	3,5	29
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	7,2	2,1	13,4	5,9	4,4	1,5	3,6	40
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	7,9	2,0	9,8	6,8	4,8	2,2	4,5	43
13 - Ao <sub>1</sub>	8,7	3,0	23,1	4,2	4,0	1,2	5,5	53
14 - 2B + 8Ao <sub>1</sub>	6,4	2,4	19,6	4,0	3,5	1,0	3,8	32
15 - 6B + 4Ao <sub>1</sub>	9,0	1,7	13,8	5,5	4,3	1,4	5,0	38
16 - 6B + 4Ao <sub>1</sub> + P	8,2	2,2	11,3	4,4	4,0	1,3	3,9	28
17 - M <sub>1</sub>	7,9	1,8	14,4	5,3	4,0	1,3	4,0	25
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	7,9	1,7	9,4	5,1	4,4	1,5	3,6	25
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	11,6	1,5	9,1	5,6	5,1	2,2	4,3	39
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	9,5	1,8	8,5	6,2	5,0	2,5	4,3	32
21 - 2M + 8Ao <sub>1</sub>	9,6	2,5	19,9	6,3	3,5	2,1	5,4	41
22 - 6M + 4Ao <sub>1</sub>	10,9	2,3	21,0	7,7	4,0	1,8	5,2	42
Teores	27	2	17	2	2	1	6	15
considerados	a	a	a	a	a	a	a	a
adequados <sup>1)</sup>	35	4	35	8	5	3	20	100

<sup>1)</sup> Conforme SBCS/NRS (2004), para a cultura do milho.



**APÊNDICE A1.1.3.** Análise do solo no final do cultivo do milho (primeiro cultivo) (médias de três repetições)

Tratamentos	pH	P	K	Ca	Mg
Nº - Sigla		----mg dm <sup>-3</sup> ----		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----	
1 - T	6,5	3	9	2,8	0,8
2 - N <sub>0</sub>	6,4	25	11	2,2	0,4
3 - N <sub>1</sub>	6,7	24	17	2,4	0,3
4 - N <sub>2</sub>	6,2	20	6	2,2	0,5
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	6,0	17	15	2,0	0,3
6 - P <sub>0</sub>	6,1	6	27	2,1	0,6
7 - P <sub>1</sub>	6,2	6	18	1,5	0,2
8 - P <sub>2</sub>	6,2	7	10	1,9	0,3
9 - B <sub>1</sub>	6,4	24	14	1,8	0,7
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	6,5	22	10	1,3	0,4
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	6,1	31	7	1,2	0,2
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	5,9	30	7	2,6	0,5
13 - A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	6,7	36	24	2,2	0,9
14 - 2B + 8A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	6,6	27	19	2,4	0,8
15 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	6,2	11	14	2,1	0,3
16 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub> + P	6,2	32	13	3,0	0,6
17 - M <sub>1</sub>	6,2	21	11	3,6	0,5
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	6,0	20	11	2,3	0,3
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	6,0	15	11	3,4	0,6
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	6,1	21	18	2,2	0,2
21 - 2M + 8A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	6,8	22	18	2,0	0,3
22 - 6M + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	6,5	9	15	2,7	0,7

**APÊNDICE A1.2.** Segundo cultivo (efeito residual – 1)**APÊNDICE A1.2.1.** Rendimentos de matéria seca (MS) da parte aérea das plantas de trigo (segundo cultivo) nos tratamentos com readubação e no teste do efeito residual da adubação feita no primeiro cultivo (médias de duas repetições)

Tratamentos Nº - Sigla	MS	
	Readubado	Efeito residual
	----- g vaso <sup>-1</sup> -----	
1 - T	1,78 e <sup>1)</sup>	2,57 a
2 - N <sub>0</sub>	3,29 de	3,04 a
3 - N <sub>1</sub>	5,56 de	3,68 a
4 - N <sub>2</sub>	11,86 abcde	3,78 a
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	23,01 abc	2,90 a
6 - P <sub>0</sub>	7,37 bcde	5,31 a
7 - P <sub>1</sub>	14,06 abcde	11,56 a
8 - P <sub>2</sub>	19,71 abcd	17,39 a
9 - B <sub>1</sub>	4,72 de	3,78 a
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	2,96 de	3,16 a
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	18,87 abcde	3,89 a
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	19,47 abcd	4,15 a
13 - A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	14,00 abcde	6,92 a
14 - 2B + 8A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	22,31 abc	7,53 a
15 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	26,17 a	5,03 a
16 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub> + P	25,47 a	7,14 a
17 - M <sub>1</sub>	6,89 cde	4,57 a
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	15,68 abcde	6,17 a
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	22,16 abc	9,14 a
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	24,00 ab	7,45 a
21 - 2M + 8A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	26,92 a	7,84 a
22 - 6M + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	10,75 abcde	5,60 a
CV (%)	44	

<sup>1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

**APÊNDICE A1.2.2.** Teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas de trigo (segundo cultivo - efeito residual-1) (médias de duas repetições)

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn
Nº - Sigla	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>	
1 - T	8,5	1,7	11,6	1,8	1,0	0,9	3,3	19
2 - N <sub>0</sub>	8,9	2,2	11,7	1,9	0,8	0,8	3,5	18
3 - N <sub>1</sub>	8,6	2,4	11,7	1,7	0,9	0,9	4,1	22
4 - N <sub>2</sub>	9,1	2,1	11,8	1,8	0,8	1,0	4,4	18
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	8,8	2,4	12,8	1,7	0,9	1,2	3,6	27
6 - P <sub>0</sub>	10,6	1,3	9,9	2,7	0,9	1,0	4,6	19
7 - P <sub>1</sub>	11,2	1,0	11,4	1,6	0,7	1,0	3,6	30
8 - P <sub>2</sub>	10,6	1,7	10,8	2,4	0,9	1,4	5,6	21
9 - B <sub>1</sub>	8,2	2,5	12,2	2,0	1,0	1,0	4,6	21
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	8,0	2,2	12,9	2,0	1,0	0,9	4,1	23
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	8,3	2,5	13,7	1,9	1,0	1,2	4,0	28
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	9,6	2,6	16,0	2,5	1,0	1,5	5,3	28
13 - Ao <sub>1</sub>	9,9	2,8	14,6	1,6	1,3	1,1	4,3	27
14 - 2B + 8Ao <sub>1</sub>	8,7	2,3	10,9	2,0	1,1	1,0	3,8	20
15 - 6B + 4Ao <sub>1</sub>	8,6	3,1	12,7	3,9	1,3	2,5	5,3	23
16 - 6B + 4Ao <sub>1</sub> + P	10,0	2,8	10,3	3,6	1,1	1,9	6,2	25
17 - M <sub>1</sub>	8,6	2,5	9,1	2,5	1,1	1,0	4,0	22
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	8,3	2,3	12,5	2,1	0,9	1,1	3,6	29
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	8,3	2,2	8,7	2,4	1,3	1,4	4,0	23
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	8,5	1,9	7,9	2,4	1,0	0,8	4,9	19
21 - 2M + 8Ao <sub>1</sub>	8,4	1,9	9,6	2,2	0,9	0,8	3,5	14
22 - 6M + 4Ao <sub>1</sub>	9,3	1,9	6,8	2,8	0,9	1,0	4,6	15
Teores	20	2	15	2,5	1,5	1,5	5	20
considerados	a	a	a	a	a	a	a	a
adequados <sup>1)</sup>	34	3	30	5,0	4,0	3,0	25	70

<sup>1)</sup> Conforme SBCS/NRS (2004), para a cultura do trigo.

**APÊNDICE A1.2.3.** Teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas de trigo (segundo cultivo - readubado) (médias de duas repetições)

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn
Nº - Sigla	----- g kg <sup>-1</sup> -----						--- mg kg <sup>-1</sup> ---	
1 - T	8,9	1,8	14,5	2,4	1,0	1,1	3,8	27
2 - N <sub>0</sub>	8,2	2,6	14,3	2,1	0,9	1,0	4,2	25
3 - N <sub>1</sub>	9,3	2,4	12,9	1,8	0,8	1,0	5,8	25
4 - N <sub>2</sub>	7,6	1,8	8,0	2,1	0,8	0,7	2,9	14
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	9,9	2,0	7,1	2,6	0,8	0,8	3,2	18
6 - P <sub>0</sub>	10,5	1,0	9,5	2,0	0,7	0,9	5,8	19
7 - P <sub>1</sub>	10,2	0,9	8,3	1,4	0,5	0,8	3,3	16
8 - P <sub>2</sub>	9,4	1,4	7,2	2,0	0,7	0,8	4,3	12
9 - B <sub>1</sub>	8,0	3,1	15,5	2,3	1,0	1,3	4,7	30
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	9,8	3,0	14,7	3,0	1,2	1,5	5,8	33
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	8,1	2,6	12,3	2,6	1,0	1,3	5,6	28
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	10,4	2,8	10,3	4,2	0,7	1,5	4,3	23
13 - A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	8,2	2,9	14,7	2,2	1,2	1,1	3,7	25
14 - 2B + 8A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	8,4	2,2	10,6	1,6	0,9	1,0	4,2	21
15 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	8,5	2,0	7,5	3,1	0,9	1,1	3,8	16
16 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub> + P	9,9	2,6	7,1	3,5	0,9	1,3	3,4	16
17 - M <sub>1</sub>	7,9	2,7	12,1	1,8	0,9	1,0	4,2	22
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	8,2	2,1	10,2	1,9	0,8	0,8	3,1	25
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	9,5	2,3	8,2	2,3	0,9	0,9	3,9	20
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	11,5	2,6	6,5	3,1	0,9	1,1	3,9	23
21 - 2M + 8A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	8,7	2,0	10,0	2,1	0,9	0,8	3,7	18
22 - 6M + 4A <sub>0</sub> <sub>1</sub>	10,2	2,1	9,1	2,4	1,0	0,9	3,7	16
Teores	20	2	15	2,5	1,5	1,5	5	20
considerados	a	a	a	a	a	a	a	a
adequados <sup>1)</sup>	34	3	30	5,0	4,0	3,0	25	70

<sup>1)</sup> Conforme SBRS/NRS (2004), para a cultura do trigo.

**APÊNDICE A1.2.4.** Análise do solo no final do cultivo do trigo (segundo cultivo - efeito residual-1) (médias de duas repetições)

Tratamentos Nº - Sigla	pH		P		K		Ca		Mg		CTC	
	RA <sup>1)</sup>	ER <sup>1)</sup>	RA	ER	RA	ER	RA	ER	RA	ER	RA	ER
			-----mg dm <sup>-3</sup> -----				-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
1 - T	6,0	5,8	3	2	8	9	1,4	1,5	0,2	0,2	3,0	3,1
2 - N <sub>0</sub>	6,2	6,1	27	25	13	17	1,7	2,2	0,3	0,4	3,4	4,0
3 - N <sub>1</sub>	6,2	6,2	23	31	19	17	1,7	1,8	0,2	0,2	3,3	3,6
4 - N <sub>2</sub>	6,0	6,2	21	28	14	22	1,8	2,0	0,2	0,2	3,6	3,6
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	5,9	6,1	23	19	13	19	1,8	2,0	0,2	0,2	3,8	3,8
6 - P <sub>0</sub>	5,6	5,7	4	3	9	11	1,2	1,2	0,2	0,2	3,2	3,2
7 - P <sub>1</sub>	5,7	5,5	3	2	12	14	1,2	1,1	0,2	0,2	3,2	3,1
8 - P <sub>2</sub>	5,8	5,7	12	5	9	20	1,6	1,6	0,2	0,2	3,4	3,6
9 - B <sub>1</sub>	6,0	6,1	25	16	17	22	1,4	1,4	0,3	0,3	3,3	3,3
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	5,9	6,0	27	17	14	15	1,6	1,8	0,3	0,4	3,5	4,0
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	5,6	6,0	15	17	13	23	1,7	1,8	0,2	0,3	3,7	3,7
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	5,6	5,9	31	20	11	20	1,7	1,9	0,1	0,2	3,6	3,7
13 - Ao <sub>1</sub>	6,3	6,4	41	25	30	23	2,1	2,1	0,6	0,7	4,3	4,2
14 - 2B + 8Ao <sub>1</sub>	6,1	6,5	47	23	26	14	2,9	2,2	0,5	0,5	5,0	4,1
15 - 6B + 4Ao <sub>1</sub>	5,8	6,1	23	13	12	13	2,2	2,2	0,1	0,2	3,9	3,8
16 - 6B + 4Ao <sub>1</sub> + P	5,7	5,9	43	28	14	14	2,7	2,4	0,1	0,2	4,4	4,2
17 - M <sub>1</sub>	5,9	6,1	22	16	19	12	1,6	2,0	0,1	0,2	3,3	3,6
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	5,9	6,1	33	15	19	22	1,7	1,5	0,1	0,2	3,2	3,3
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	5,8	6,0	23	15	14	13	2,1	2,2	0,2	0,3	3,9	4,1
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	5,4	6,0	23	11	13	10	1,3	1,7	0,1	0,2	3,2	3,5
21 - 2M + 8Ao <sub>1</sub>	5,9	6,1	30	17	12	9	1,6	1,8	0,2	0,3	3,6	3,5
22 - 6M + 4Ao <sub>1</sub>	5,9	6,0	21	12	18	13	2,2	2,1	0,2	0,3	4,4	4,0

<sup>1)</sup> RA = Readubado; ER = Efeito Residual.

**APÊNDICE A1.3.** Terceiro cultivo (efeito residual - 2)**APÊNDICE A1.3.1.** Rendimentos de matéria seca (MS) da parte aérea das plantas de milho (terceiro cultivo) nos tratamentos com adubação e no teste do efeito residual da adubação feita no segundo cultivo (médias de duas repetições)

Tratamentos	MS	
	Readubado	Efeito residual
Nº - Sigla	----- g vaso <sup>-1</sup> -----	
1 - T	2,39 b <sup>1)</sup>	2,65 a
2 - N <sub>0</sub>	3,59 b	3,53 a
3 - N <sub>1</sub>	21,59 ab	5,15 a
4 - N <sub>2</sub>	34,17 a	4,71 a
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	34,63 a	3,95 a
6 - P <sub>0</sub>	8,37 b	10,99 a
7 - P <sub>1</sub>	23,70 ab	7,54 a
8 - P <sub>2</sub>	24,27 ab	17,47 a
9 - B <sub>1</sub>	3,08 b	3,77 a
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	12,05 ab	3,90 a
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	19,24 ab	3,40 a
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	19,47 ab	6,56 a
13 - A <sub>02</sub>	7,08 b	9,23 a
14 - 2B + 8A <sub>02</sub>	10,87 b	4,45 a
15 - 6B + 4A <sub>02</sub>	13,40 ab	3,59 a
16 - 6B + 4A <sub>02</sub> + P	16,12 ab	4,87 a
17 - M <sub>1</sub>	6,60 b	3,06 a
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	13,09 ab	2,43 a
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	- <sup>2)</sup>	4,90
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	35,03 a	2,90 a
21 - 2M + 8A <sub>02</sub>	13,75 ab	4,38 a
22 - 6M + 4A <sub>02</sub>	21,61 ab	4,69 a
CV (%)	57	

<sup>1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (Teste de Tukey, p < 0,05);

<sup>2)</sup> Tratamento prejudicado por má drenagem da água da chuva.

**APÊNDICE A1.3.2.** Teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas de milho (terceiro cultivo - efeito residual-2) (médias de duas repetições)

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn
Nº - Sigla	----- g kg <sup>-1</sup> -----					--- mg kg <sup>-1</sup> ---		
1 - T	7,1	1,2	12,8	5,6	2,8	0,9	4,2	30
2 - N <sub>0</sub>	6,2	5,1	28,0	3,2	1,3	0,7	3,2	26
3 - N <sub>1</sub>	5,9	4,9	28,8	3,2	1,1	0,8	3,9	31
4 - N <sub>2</sub>	6,4	4,7	29,8	3,6	1,5	0,8	3,0	29
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	6,0	4,1	29,2	4,0	1,1	0,9	3,1	22
6 - P <sub>0</sub>	13,8	1,0	18,8	3,7	1,4	1,0	5,5	31
7 - P <sub>1</sub>	17,0	1,2	20,5	4,1	1,7	1,2	5,6	40
8 - P <sub>2</sub>	9,7	1,1	12,0	3,1	1,3	0,7	3,4	19
9 - B <sub>1</sub>	6,0	3,4	28,8	3,2	1,2	0,7	3,2	29
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	7,1	3,9	28,9	3,6	1,2	0,7	3,8	38
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	7,5	5,0	28,7	3,7	1,5	0,8	3,8	43
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	6,4	2,8	24,5	6,5	0,9	2,9	3,0	25
13 - A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	5,9	4,6	14,7	3,8	2,7	0,8	3,6	23
14 - 2B + 8A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	6,9	5,7	13,2	5,6	3,5	0,8	3,8	33
15 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	8,9	5,0	7,4	9,5	3,5	0,9	4,6	50
16 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>2</sub> + P	9,4	7,4	7,7	8,3	3,6	1,0	5,1	48
17 - M <sub>1</sub>	6,7	3,9	31,8	3,3	1,3	1,0	7,2	33
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	7,8	4,6	15,1	6,1	3,0	0,8	4,0	42
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	6,9	3,9	11,1	5,7	2,8	0,8	4,0	41
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	6,6	2,8	10,5	5,7	2,3	0,8	3,4	23
21 - 2M + 8A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	6,8	5,0	12,8	5,7	3,3	0,8	4,0	34
22 - 6M + 4A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	7,1	4,6	9,7	5,8	3,9	0,8	3,7	33
Teores considerados adequados <sup>1)</sup>	27	2	17	2	2	1	6	15
	a	a	a	a	a	a	a	a
	35	4	35	8	5	3	20	100

<sup>1)</sup> Conforme SBCS/NRS (2004), para a cultura do milho.

**APÊNDICE A1.3.3.** Teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea das plantas de milho (terceiro cultivo - readubado) (médias de duas repetições)

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn
Nº - Sigla	----- g kg <sup>-1</sup> -----					--- mg kg <sup>-1</sup> ---		
1 - T	7,6	1,4	13,1	6,0	3,2	0,8	2,8	22
2 - N <sub>0</sub>	6,2	4,3	26,1	3,2	1,0	0,7	2,5	19
3 - N <sub>1</sub>	5,8	2,8	14,3	2,7	1,1	0,7	2,8	15
4 - N <sub>2</sub>	6,0	2,0	9,5	3,3	1,2	0,7	2,1	12
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	9,0	1,5	9,2	2,7	1,0	0,7	3,0	12
6 - P <sub>0</sub>	16,9	1,2	20,6	3,9	1,4	1,2	5,1	31
7 - P <sub>1</sub>	8,4	0,8	11,2	2,6	1,1	0,7	3,3	18
8 - P <sub>2</sub>	7,8	1,0	10,4	2,9	1,2	0,7	2,6	16
9 - B <sub>1</sub>	6,6	5,7	29,8	4,1	1,5	0,7	3,1	32
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	5,4	2,8	24,8	2,9	0,7	0,6	2,7	20
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	6,4	2,8	20,3	3,4	0,7	0,8	3,6	23
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	14,3	3,7	19,1	5,0	0,7	1,2	4,7	32
13 - A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	7,0	6,1	26,0	2,8	2,5	0,7	3,9	36
14 - 2B + 8A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	7,0	4,5	18,1	4,1	2,4	0,9	3,8	29
15 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	10,6	3,3	8,9	6,6	2,5	1,5	4,0	26
16 - 6B + 4A <sub>0</sub> <sub>2</sub> + P	12,0	5,7	9,3	6,5	2,4	1,7	4,3	29
17 - M <sub>1</sub>	7,6	3,6	28,2	3,7	1,5	0,8	5,3	33
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	6,4	1,8	15,4	3,3	1,4	0,7	3,0	21
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	-	1,1	18,0	4,3	2,1	1,3	4,6	38
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	11,4	1,7	8,9	2,7	1,5	0,8	2,8	17
21 - 2M + 8A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	7,2	3,1	16,6	2,8	1,9	0,8	2,6	20
22 - 6M + 4A <sub>0</sub> <sub>2</sub>	10,0	1,7	7,7	2,6	2,0	0,8	3,2	15
Teores	27	2	17	2	2	1	6	15
considerados	a	a	a	a	a	a	a	a
adequados <sup>1)</sup>	35	4	35	8	5	3	20	100

<sup>1)</sup> Conforme SBCS/NRS (2004), para a cultura do milho.



**APÊNDICE A1.3.4.** Análise do solo no final do cultivo do milho (terceiro cultivo - efeito residual-2) (médias de duas repetições)

Tratamentos Nº - Sigla	pH		I. SMP		H+Al		P		K		Ca		Mg	
	RA <sup>1)</sup>	ER	RA	ER	RA	ER	RA	ER	RA	E	RA	E	RA	ER
					- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -		----- mg dm <sup>-3</sup> -----				----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
1 - T	5,8	5,7	7,1	7,0	1,2	1,4	2,9	3,0	16	12	1,5	1,4	0,2	0,1
2 - N <sub>0</sub>	5,7	5,7	7,0	7,1	1,4	1,2	31,9	25,6	31	24	1,6	1,6	0,1	0,2
3 - N <sub>1</sub>	5,8	5,5	6,8	7,1	1,7	1,2	31,2	25,8	28	28	1,7	1,4	0,2	0,2
4 - N <sub>2</sub>	5,6	5,6	6,8	7,0	1,7	1,4	32,1	30,0	25	25	1,8	1,4	0,2	0,2
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	5,5	5,6	6,9	7,0	1,6	1,4	26,8	31,1	28	23	1,6	1,6	0,1	0,2
6 - P <sub>0</sub>	5,2	5,4	6,7	7,0	2,0	1,4	4,2	4,4	19	20	1,2	1,3	0,1	0,1
7 - P <sub>1</sub>	5,4	5,4	6,8	7,0	1,7	1,4	3,8	4,1	17	19	1,0	1,1	0,1	0,2
8 - P <sub>2</sub>	5,3	5,4	6,9	6,9	1,6	1,6	5,8	8,4	27	23	1,2	1,3	0,1	0,2
9 - B <sub>1</sub>	5,6	5,6	6,9	6,9	1,6	1,6	22,4	20,8	31	30	1,6	1,4	0,2	0,1
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	5,4	5,6	6,8	6,8	1,7	1,7	26,9	21,6	41	30	1,5	1,4	0,2	0,1
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	5,6	5,7	6,8	7,1	1,7	1,2	21,2	16,3	37	25	1,6	1,6	0,1	0,1
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	5,4	5,6	6,7	7,1	2,0	1,2	22,8	21,5	25	23	1,7	1,5	0,1	0,2
13 - Ao <sub>2</sub>	6,1	6,0	7,2	7,2	1,1	1,1	54,0	49,7	22	22	2,1	2,1	0,5	0,5
14 - 2B + 8Ao <sub>2</sub>	5,9	5,9	6,9	7,1	1,6	1,2	30,4	39,7	21	26	2,0	2,2	0,3	0,3
15 - 6B + 4Ao <sub>2</sub>	5,9	5,7	5,8	6,9	1,7	1,6	18,1	14,1	14	11	2,0	1,8	0,1	0,4
16 - 6B + 4Ao <sub>2</sub> + P	5,8	5,9	7,0	7,0	1,4	1,4	43,6	35,8	16	17	2,1	1,9	0,1	0,4
17 - M <sub>1</sub>	5,7	5,7	6,7	7,1	2,0	1,2	21,8	15,2	25	18	1,3	1,2	0,1	0,4
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	5,6	5,7	6,9	7,0	1,6	1,4	16,9	19,0	22	9	1,5	1,2	0,3	0,4
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	5,6	5,6	6,9	6,9	1,6	1,6	15,2	16,2	30	11	1,5	1,5	0,3	0,5
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	5,4	5,6	6,8	6,8	1,7	1,7	24,3	23,5	23	12	1,3	1,5	0,2	0,3
21 - 2M + 8Ao <sub>2</sub>	6,0	5,7	7,0	6,7	1,4	2,0	37,3	30,9	21	17	2,0	1,5	0,4	0,4
22 - 6M + 4Ao <sub>2</sub>	5,8	5,9	7,0	7,0	1,4	1,4	17,3	15,9	19	20	2,1	1,6	0,3	0,5

<sup>1)</sup> RA = Readubado; ER = Efeito Residual.

Continua.

**APÊNDICE A1.3.4. Continuação...**

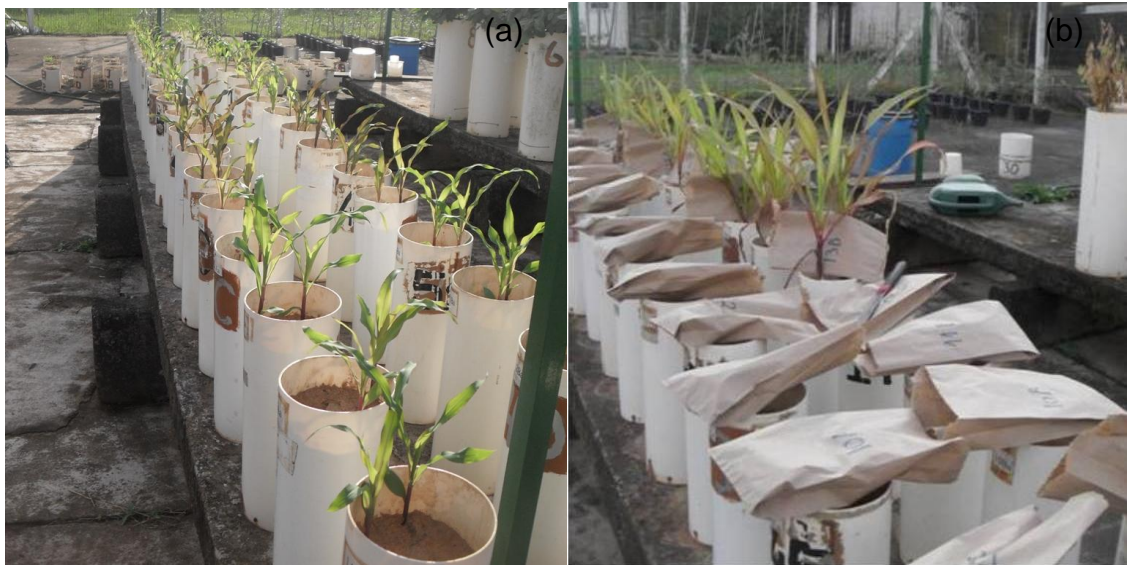
Tratamentos	M.O.		CTC		S		Zn		Cu		B	
N° - Sigla	RA	ER	RA	ER	RA	ER	RA	ER	RA	ER	RA	ER
	%		- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -		-----		mg dm <sup>-3</sup> -----		-----		-----	
1 - T	0,6	0,7	3,0	2,9	1,5	1,7	1,1	1,1	1,2	1,2	0,1	0,1
2 - N <sub>0</sub>	0,7	0,8	3,2	3,1	1,7	1,7	1,9	2,4	2,0	2,3	0,2	0,1
3 - N <sub>1</sub>	0,7	1,0	3,7	2,9	1,7	2,3	1,9	1,7	1,9	1,7	0,2	0,1
4 - N <sub>2</sub>	0,9	0,8	3,8	3,1	2,2	1,9	2,0	1,9	1,9	1,8	0,2	0,1
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	0,8	0,7	3,3	3,3	1,5	2,1	1,8	1,8	2,0	1,9	0,1	0,1
6 - P <sub>0</sub>	0,7	0,8	3,3	2,9	1,6	2,6	1,8	1,8	1,9	1,8	0,1	0,1
7 - P <sub>1</sub>	0,7	0,7	2,9	2,8	1,6	2,3	1,4	1,8	1,5	2,0	0,1	0,1
8 - P <sub>2</sub>	1,1	0,9	2,9	3,1	2,6	2,0	2,2	1,8	1,6	1,7	0,2	0,1
9 - B <sub>1</sub>	0,9	0,8	3,5	3,2	2,0	2,7	1,6	2,2	1,8	1,9	0,1	0,1
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	0,9	0,8	3,6	3,3	2,3	1,4	2,3	2,6	2,3	2,6	0,2	0,1
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	0,9	0,8	3,6	3,0	5,4	2,8	1,8	1,5	2,0	1,4	0,1	0,1
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	1,1	0,8	3,8	3,0	16,5	0,8	1,7	2,0	2,1	2,0	0,2	0,1
13 - A <sub>02</sub>	1,0	0,8	3,8	3,8	2,7	2,3	4,8	6,5	3,1	4,8	0,2	0,2
14 - 2B + 8A <sub>02</sub>	1,1	1,0	3,9	3,8	2,0	2,9	4,0	5,5	3,2	4,1	0,2	0,2
15 - 6B + 4A <sub>02</sub>	0,8	0,9	3,9	3,8	2,6	3,3	2,4	2,8	2,5	2,6	0,2	0,2
16 - 6B + 4A <sub>02</sub> + P	1,0	0,7	3,6	3,7	14,6	2,1	2,9	3,1	2,2	2,4	0,2	0,1
17 - M <sub>1</sub>	0,8	0,6	3,4	2,9	3,6	2,0	2,0	1,1	1,5	0,8	0,1	0,1
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	0,7	0,6	3,4	3,0	2,4	1,8	2,2	2,4	2,0	1,6	0,1	0,1
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	0,7	0,7	3,5	3,6	2,5	2,1	1,7	2,1	1,6	1,4	0,2	0,1
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	1,0	0,8	3,3	3,6	2,5	2,0	1,9	2,5	1,6	2,4	0,1	0,1
21 - 2M + 8A <sub>02</sub>	0,9	0,6	3,9	3,9	2,9	4,0	3,5	2,9	3,2	3,4	0,2	0,1
22 - 6M + 4A <sub>02</sub>	0,9	0,8	3,9	3,6	2,2	5,9	3,4	3,9	2,9	2,7	0,2	0,2

**APÊNDICE A1.4.. Média dos três cultivos****APÊNDICE A1.4.1 Rendimentos relativos médios em matéria seca (MS) da parte aérea das plantas nos tratamentos Adubado (média de três cultivos) e Efeito residual (média de dois cultivos)**

Tratamentos	Rendimento relativo em MS	
	Adubado	Efeito residual
Nº - Sigla	----- % -----	
1 - T	7 d <sup>1)</sup>	9 b
2 - N <sub>0</sub>	17 cd	12 b
3 - N <sub>1</sub>	46 abcd	15 b
4 - N <sub>2</sub>	76 abcd	15 b
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	100 ab	12 b
6 - P <sub>0</sub>	20 cd	27 ab
7 - P <sub>1</sub>	54 abcd	36 ab
8 - P <sub>2</sub>	74 abcd	63 a
9 - B <sub>1</sub>	19 cd	14 b
10 - N <sub>1</sub> PB <sub>1</sub>	31 bcd	12 b
11 - N <sub>2</sub> PB <sub>2</sub>	72 abcd	13 b
12 - N <sub>3</sub> PB <sub>3</sub>	85 abc	18 b
13 - A <sub>0</sub>	63 abcd	28 ab
14 - 2B + 8A <sub>0</sub>	75 abcd	23 ab
15 - 6B + 4A <sub>0</sub>	83 abc	16 b
16 - 6B + 4A <sub>0</sub> + P	87 abc	23 ab
17 - M <sub>1</sub>	37 abcd	14 b
18 - N <sub>1</sub> PM <sub>1</sub>	69 abcd	17 b
19 - N <sub>2</sub> PM <sub>2</sub>	103 ab	27 ab
20 - N <sub>3</sub> PM <sub>3</sub>	110 a	20 b
21 - 2M + 8A <sub>0</sub>	88 abc	23 ab
22 - 6M + 4A <sub>0</sub>	57 abcd	19 b
CV (%)	39	50

<sup>1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (Teste de Tukey, p < 0,05).

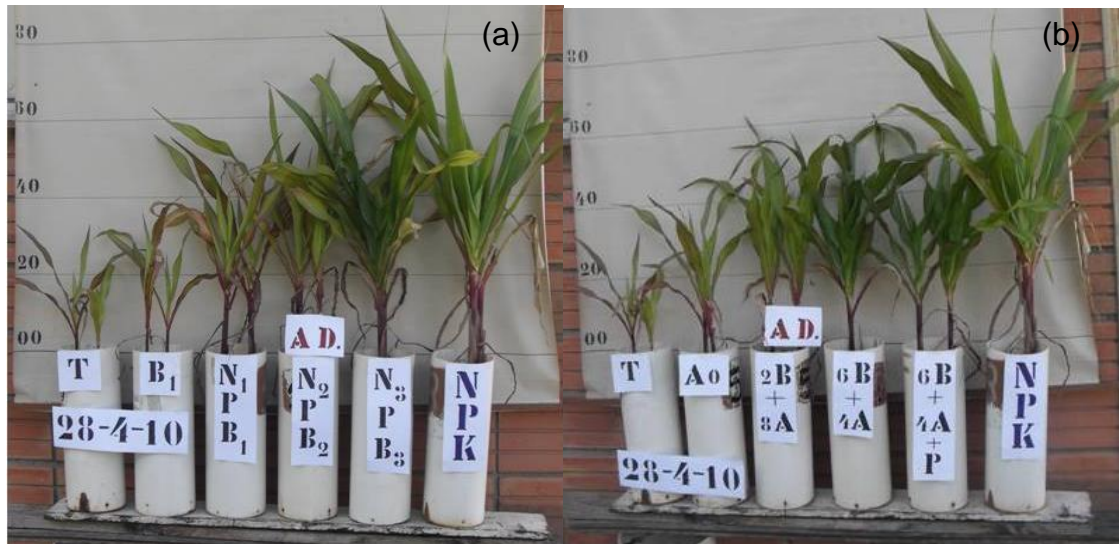
## APÊNDICE A1.5. Documentação fotográfica



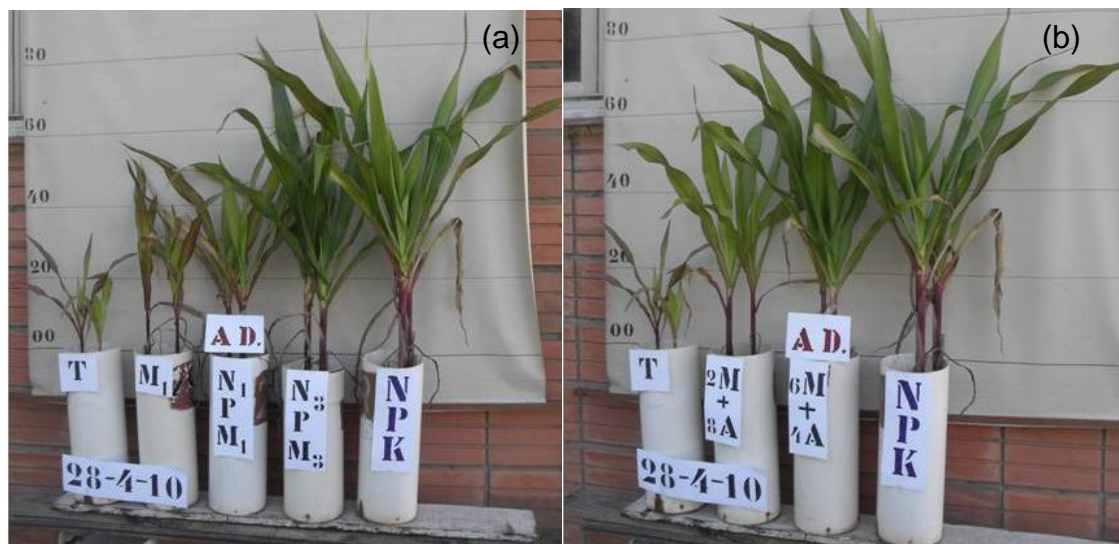
**APÊNDICE A1.5.1.** Desenvolvimento do milho (terceiro cultivo - readubado) no estágio inicial da cultura (a) e corte da parte aérea do mesmo (b).  
(Foto: Daiana Althaus, 2010)



**APÊNDICE A1.5.2.** Desenvolvimento do milho (terceiro cultivo - readubado) nos tratamentos correspondentes às curvas de resposta a N (a) e P (b).  
(Foto: Daiana Althaus, 2010)



**APÊNDICE A1.5.3.** Desenvolvimento do milho (terceiro cultivo - readubado) nos tratamentos com misturas de borra oleosa ácida de soja (B) com adubos minerais solúveis (organo-mineral) (a) e com adubo orgânico (Ao<sub>2</sub> - cama de aviário) (b). (Foto: Daiana Althaus, 2010)



**APÊNDICE A1.5.4.** Desenvolvimento do milho (terceiro cultivo - readubado) nos tratamentos com misturas de farelo de mamona (M) com adubos minerais solúveis (organo-mineral) (a) e com adubo orgânico (Ao<sub>2</sub> - cama de aviário) (b). (Foto: Daiana Althaus, 2010)

## **APÊNDICE 2**

### **UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DO RESÍDUO DE GIRASSOL APÓS A EXTRAÇÃO DE ÓLEO**

Daiana Althaus  
Prof. Marino José Tedesco  
Prof. Clesio Gianello  
Dra. Elba Calesso Teixeira

## UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DO RESÍDUO DE GIRASSOL APÓS A EXTRAÇÃO DE ÓLEO

Daiana Althaus <sup>1)</sup>; Marino José Tedesco <sup>2)</sup>; Clesio Gianello <sup>2)</sup>; Dra. Elba Calessio Teixeira <sup>3)</sup>

### RESUMO

O farelo de girassol, gerado na indústria de biodiesel constitui um resíduo desta atividade, podendo o mesmo ser utilizado para alimentação animal ou aplicação no solo. Com o objetivo de avaliar a possibilidade de utilização do farelo de girassol em mistura com adubos minerais solúveis ou com adubo orgânico no desenvolvimento e rendimento de plantas de milho, foi conduzido um experimento em vasos, a céu aberto, na Faculdade de Agronomia (UFRGS), utilizando-se um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. Foram determinados a matéria seca e o teor de nutrientes de plantas no tecido. Constatou-se que a utilização do farelo de girassol, em associação com adubos mineral ou orgânico e nas doses aplicadas, não prejudicou o crescimento das plantas de milho. Além disso, a associação do farelo de girassol com a adubação mineral possibilitou um aumento da eficiência da adubação nitrogenada, neste solo arenoso. Foram observados resultados positivos com a utilização do farelo de girassol, seja pelo aumento da eficiência de adubação ou pelo efeito não poluente ao ambiente, mostrando-se o solo um importante meio de descarte deste tipo de resíduo.

**Palavras-chave:** resíduo; farelo de girassol; adubo organo-mineral.

<sup>1)</sup> Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: daiana\_althaus@yahoo.com.br; <sup>2)</sup> Professor, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil; <sup>3)</sup> Pesquisadora, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), Porto Alegre, RS, Brasil.

## SOIL DISPOSAL OF SUNFLOWER SEEDS RESIDUE AFTER OIL EXTRACTION

Daiana Althaus <sup>1)</sup>; Marino José Tedesco <sup>2)</sup>; Clesio Gianello <sup>2)</sup>; Dra. Elba Calesso Teixeira <sup>3)</sup>

### ABSTRACT

Soil disposal can be a good way to get rid of some seeds residues after solvent oil extraction for biodiesel production. In order to evaluate this practice with sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds, a pot experiment was conducted in an open area at the Faculty of Agriculture of the Federal University of the Rio Grande do Sul state, Brazil, using an acid, low fertility soil, in the autumn of 2009. Corn was fertilized with mineral ammendments as well as with mixtures of sunflower seeds solvent extracted residues, with organic or commercial fertilizers (N, P and K). Plant's growth was adequate, with either type of fertilization, at the rate applied (4 t ha<sup>-1</sup>).

**Keywords:** sunflower seed residue; organic-mineral fertilizer.

<sup>1)</sup> Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: daiana\_althaus@yahoo.com.br; <sup>2)</sup> Professor, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil; <sup>3)</sup> Pesquisadora, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), Porto Alegre, RS, Brasil.



## SUMÁRIO

A2.1. INTRODUÇÃO .....	74
A2.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	76
A2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	80
A2.4. CONCLUSÕES .....	84
A2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	85
A2.6. APÊNDICES.....	86

## RELAÇÃO DE TABELAS

A2.1. Caracterização do solo utilizado (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico) -----	77
A2.2. Caracterização dos adubos orgânicos e resíduo utilizados -----	77
A2.3. Tratamentos utilizados -----	78

## RELAÇÃO DE FIGURAS

A2.1.	Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura do milho às adições uréia e cama de frangos (CF) (médias de duas repetições) -----	80
A2.2.	Matéria seca da parte aérea da cultura do milho nos tratamentos com uréia (N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K), cama de frangos (CF (2)), esterco bovino (EB), vermicomposto (VC) e as misturas, na proporção de 1:4, de farelo de girassol com cama de frangos (16 t ha <sup>-1</sup> ) (G/CF) e de farelo de girassol com adubo organo-mineral (G/Om) (médias de duas repetições) -----	81
A2.3.	Fração do N total adicionado (orgânico + mineral) nos tratamentos com adição de uréia, adubos orgânicos e misturas de farelo de girassol -----	83

## A2.1. INTRODUÇÃO

A semente de girassol (*Helianthus annuus* L.) é tradicionalmente utilizado para extração de óleo comestível, apresentando um teor de óleo de 42%, maior que o de soja (19%). A possibilidade de utilização do óleo para produção de biodiesel tem incentivado o cultivo de girassol, que atualmente atinge aproximadamente 120.000 ha, principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste do Brasil, com rendimento médio de 1.600 kg ha<sup>-1</sup> de sementes (ABDALLA *et al.*, 2008). A extração do óleo com solvente (hexano) pode gerar 72.000 t de torta/farelo, como um dos passivos do processo (COSTA *et al.*, 2005).

A utilização do resíduo para alimentação de animais é limitada devido ao alto teor de fibra bruta (22%), podendo ser utilizado até o máximo de 15% na composição de rações para suínos (COSTA *et al.*, 2005). Ocorre, portanto, um grande acúmulo de torta/farelo da oleaginosa nas indústrias.

A Associação dos Fumicultores do Brasil (AFUBRA) mantém um programa de incentivo ao cultivo do girassol como alternativa de verão para a rotação de áreas de cultivo de fumo. A mesma opera também uma usina piloto para produção de biodiesel, no município de Santa Cruz do Sul, RS (AFUBRA, 2012).

Devido à natureza orgânica e ao teor de nutrientes do resíduo gerado nesta atividade, sua utilização na agricultura, em associação com fertilizantes minerais ou orgânicos, poderia ser uma forma adequada para a reciclagem do mesmo no ambiente. Dessa maneira, objetivou-se avaliar a possibilidade de utilização do farelo de girassol em mistura com adubos

minerais solúveis ou com adubo orgânico no desenvolvimento e rendimento de plantas de milho.

## A2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Faculdade de Agronomia (UFRGS), utilizando-se vasos de PVC (de 150 mm de diâmetro e 40 cm de altura, contendo 5,5 L de solo), com drenagem livre na parte inferior, mantidos a céu aberto, irrigados com água potável à medida da necessidade hídrica, com duas repetições por tratamento.

No experimento cultivou-se milho, no outono de 2009. Foi utilizado o solo da unidade de mapeamento Itapuã, coletado no município de Viamão, RS (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico - PVAd), conforme descrição de Streck *et al.* (2008). É um solo de baixa fertilidade natural, arenoso e com baixo teor de matéria orgânica, sendo, portanto, adequado para utilização no estudo proposto.

As principais características físico-químicas do solo são dadas na Tabela A2.1.

Como corretivo da acidez do solo e suprimento dos nutrientes Ca e Mg para as plantas, foi utilizada a mistura de  $\text{CaCO}_3$  +  $\text{MgCO}_3$  (produtos comerciais, na proporção de 3:1, em peso).

Foram estudadas curvas de resposta das plantas às adições de N e P (de fontes minerais) e de cama de frangos de corte (CF) (ou cama de aviário), obtida junto a um produtor rural do município de Fazenda Vila Nova, RS, adubo orgânico utilizado neste estudo. Foram também preparadas misturas de farelo de girassol (G) (resíduo obtido após a extração do óleo de sementes moídas de girassol) com adubos minerais (N, P e K) e com cama de frangos. Vermicomposto (VC), obtido por compostagem de esterco bovino com

minhocas na Faculdade de Agronomia (UFRGS), e esterco bovino (EB) foram também incluídos no estudo. A caracterização dos resíduos e os tratamentos (com duas repetições) são dados nas Tabelas A2.2 e A2.3, respectivamente.

**TABELA A2.1.** Caracterização do solo utilizado (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico) <sup>1)</sup>

Determinação	Valor	Determinação	Valor
pH em água	5,1	Zn extraível (mg dm <sup>-3</sup> )	2,4
Índice SMP	6,4	Cu “ “	1,5
P disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	0,9	B “ “	0,3
K “ “	30	Mn “ “	19,0
M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	8	H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,8
Al trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,4	CTC “	3,8
Ca “ “	0,6	Teor de argila (g dm <sup>-3</sup> )	70
Mg “ “	0,3	Saturação por bases	26
S extraível (mg dm <sup>-3</sup> )	3,5		

<sup>1)</sup> Determinações conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

**TABELA A2.2.** Caracterização dos adubos orgânicos e resíduo utilizados

Determinação <sup>1)</sup>	Farelo de girassol	Vermi-composto	Esterco bovino	Cama de frangos
Matéria seca (g kg <sup>-1</sup> )	596	413	398	652
pH em água	-	5,8	8,4	8,6
N total (g kg <sup>-1</sup> )	20	19	21	21
P total (g kg <sup>-1</sup> )	3,6	8,4	21	14
K total (g kg <sup>-1</sup> )	4,4	6,7	18	26
Ca total (g kg <sup>-1</sup> )	1,5	14	62	21
Mg total (g kg <sup>-1</sup> )	1,7	4,7	8,4	6,0
S total (g kg <sup>-1</sup> )	1,3	3,4	4,7	5,0
Cu total (mg kg <sup>-1</sup> )	13	37	502	455
Zn total (mg kg <sup>-1</sup> )	68	191	463	392
C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	570	240	230	280

<sup>1)</sup> Determinações conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

**TABELA A2.3.** Tratamentos utilizados <sup>1)</sup>

Nº - Descrição	Insumo adicionado								
	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CF	Om	EB	VC	G
	Se	10d	20d						
kg ha <sup>-1</sup>			t ha <sup>-1</sup>						
1 - Test. + Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 - N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	-	-	-	135	-	-	-	-	-
3 - N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	54	-	-	135	-	-	-	-	-
4 - N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	54	54	-	135	-	-	-	-	-
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	54	54	108	135	-	-	-	-	-
6 - N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	54	54	108	-	-	-	-	-	-
7 - N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	54	54	108	34	-	-	-	-	-
8 - N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	54	54	108	67	-	-	-	-	-
9 - EB	-	-	-	-	-	-	30	-	-
10 - VC	-	-	-	-	-	-	-	20	-
11 - CF (1)	-	-	-	-	7,5	-	-	-	-
12 - CF (2)	-	-	-	-	15,0	-	-	-	-
13 - CF (3)	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-
14 - G/CF	-	-	-	-	16,0	-	-	-	4,0
15 - G/Om	-	54	108	-	-	2,5	-	-	2,0

<sup>1)</sup> Observações:

- A adubos orgânicos/resíduo (com base em peso seco): Cama de frangos (CF), Esterco bovino (EB), Vermicomposto (VC) e Farelo de girassol (G);
- Calcário dolomítico (CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub> - produtos técnicos, na proporção de 3:1 em peso): 1.250 kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos 1 a 8;
- Gesso (CaSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O): 2.430 kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos 1 a 8;
- Micronutrientes (em kg ha<sup>-1</sup>): B = 8 (ác. bórico), Cu = 8 (CuSO<sub>4</sub>), Zn = 8 (ZnSO<sub>4</sub>), Mo = 0,8 (molibdato de Na), nos tratamentos 1 a 8;
- A adubos minerais N, P e K adicionados nas formas de uréia (aplicada na semeadura e a 10 e 20 dias após a emergência das plântulas), superfosfato triplo e KCl (120 de K<sub>2</sub>O kg ha<sup>-1</sup> nas quantidades especificadas);
- Organo-mineral (Om): produzido com farelo de girassol acrescido de diamônio de fosfato e cloreto de potássio, com a fórmula 2,2-5,4-4,8 (nutrientes solúveis);
- Base de cálculo: 1 ha = 2,0 x 10<sup>6</sup> L.

Os corretivos, adubos e/ou resíduos foram misturados ao solo (em 24/03/2009) e semeado o milho (cinco sementes por vaso), sendo mantidas duas plantas por vaso.

A adubação nitrogenada (uréia em solução) foi fracionada em 1/4 na semeadura, 1/4 a 10 dias após a emergência das plântulas e o restante a 20 dias após a emergência das plântulas.

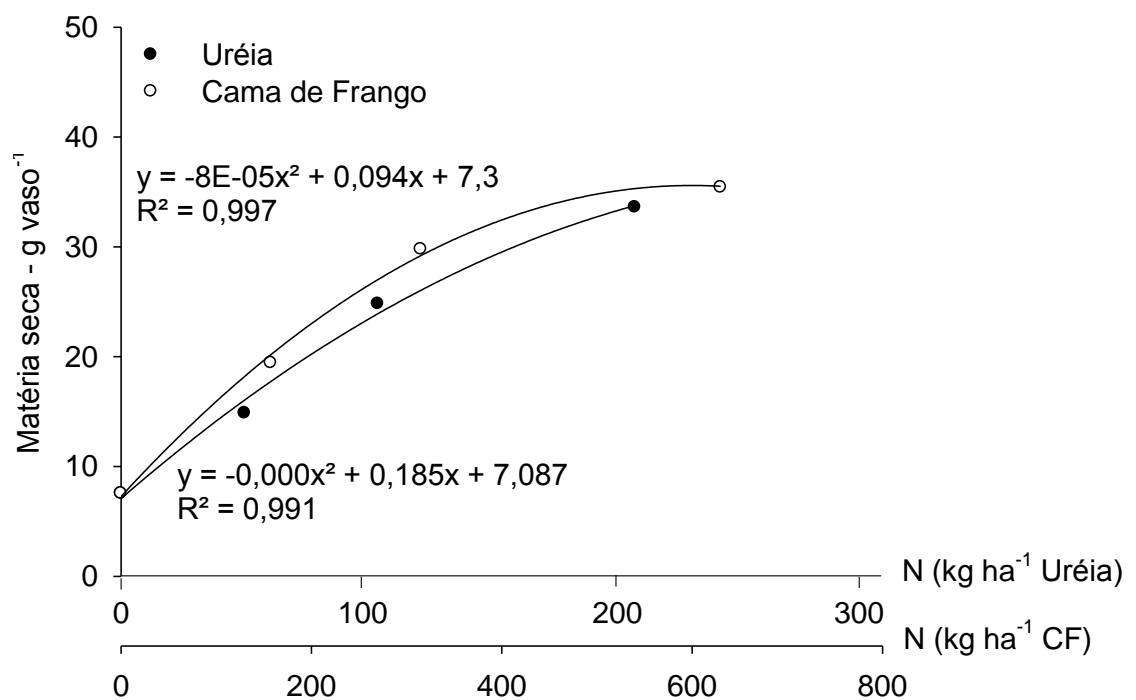


A parte aérea das plantas foi cortada a 54 dias após a emergência, sendo seca em estufa (60°C) para quantificação da matéria seca produzida. A seguir foi moída para determinação do teor de N no tecido conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Os teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu e Zn foram determinados em extrato de ácidos nítrico/perclórico por ICP/AOS, nas amostras compostas pelas duas repetições. Após a amostragem do solo com trado calador foi determinado o peso seco de raízes, tendo sido removido o solo com jato de água.

Os resultados obtidos foram estudados pela média dos tratamentos, obtendo-se curvas de resposta às adições de adubos/resíduos e gráficos de barras comparando-se diferentes tratamentos. Foi utilizada a análise da variância e o teste da diferença mínima significativa (Tukey, a 5% de probabilidade) (ZONTA e MACHADO, 1993).

### A2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

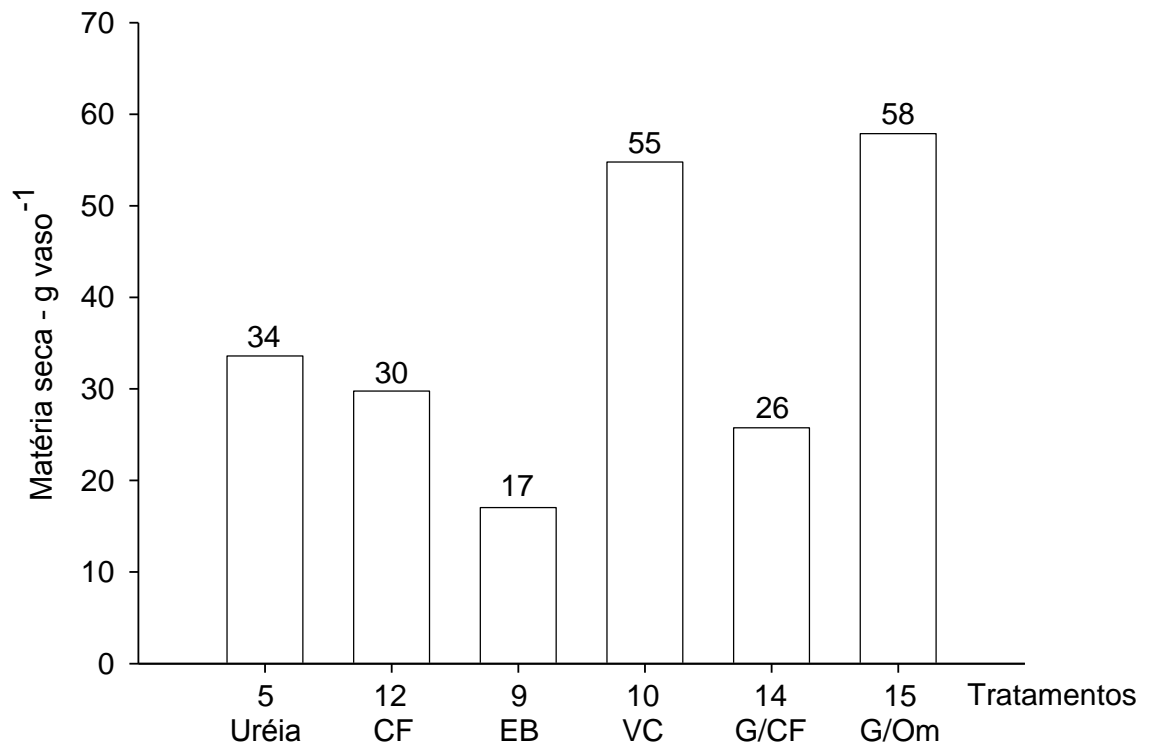
Na Figura A2.1 são apresentadas as curvas de resposta da matéria seca da parte aérea do milho às adições de N (uréia) e de cama de frangos. A resposta das plantas às adições de N foi muito evidente devido ao baixo teor de matéria orgânica do solo utilizado. O rendimento obtido no tratamento 5 (N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K) foi equivalente a uma produção de matéria seca de aproximadamente 18,9 t ha<sup>-1</sup>, a 54 dias após emergência, indicando uma boa resposta à



**FIGURA A2.1.** Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura do milho às adições de uréia e cama de frangos (CF) (médias de duas repetições).

adubação. A cama de frangos também apresentou boa resposta no rendimento do milho, sendo necessária entretanto a aplicação de grande quantidade desse adubo ( $30 \text{ t ha}^{-1}$ ) para a obtenção de rendimento semelhante ao obtido com a adubação mineral.

Na Figura A2.2 são comparados os rendimentos de matéria seca do milho com a adição de adubos orgânicos/resíduo em relação ao obtido no tratamento com a maior quantidade de adubo mineral (nº 5 -  $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}$ ). Pode-se observar que a adição de vermicomposto ( $20 \text{ t ha}^{-1}$ ) preparado com esterco bovino, em boas condições de maturação (ao abrigo da chuva, com umidade adequada) apresentou rendimento maior que o obtido no tratamento com a maior adubação mineral (nº 5), conforme observado anteriormente (BISSANI *et al.*, 2008).



**FIGURA A2.2.** Matéria seca da parte aérea da cultura do milho nos tratamentos com uréia ( $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}$ ), cama de frangos (CF (2)), esterco bovino (EB), vermicomposto (VC) e as misturas, na proporção de 1:4, de farelo de girassol com cama de frangos ( $16 \text{ t ha}^{-1}$ ) (G/CF) e de farelo de girassol com adubo organomineral (G/Om) (médias de duas repetições).

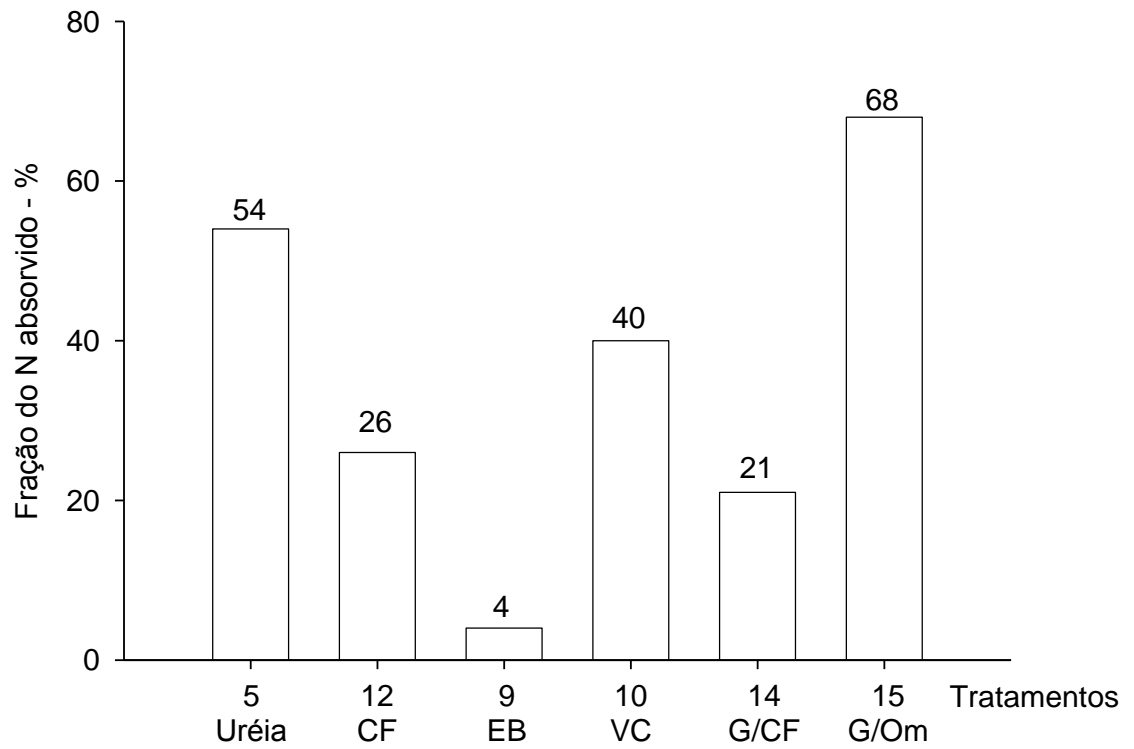
A mistura da cama de frangos ( $16 \text{ t ha}^{-1}$ ) com farelo de girassol ( $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ ) (tratamento 14) apresentou rendimento semelhante ao obtido na adição de  $15 \text{ t ha}^{-1}$  cama de frangos (tratamento nº 12), indicando que ocorreu

pequena mobilização do N adicionado pelo farelo ( $80 \text{ kg ha}^{-1}$ ) no período de tempo em que foi conduzido o experimento. A associação do adubo organomineral na semeadura e adubação nitrogenada em cobertura (tratamento 15), entretanto, propiciou o maior rendimento obtido ( $57,9 \text{ g vaso}^{-1}$ , equivalente a  $32,7 \text{ t de matéria seca ha}^{-1}$ ). Este fato pode ser devido ao aporte de material orgânico ( $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ ), propiciando maior desenvolvimento radicular (dados não apresentados) e melhores condições para absorção de nutrientes.

Na Figura A2.3 é mostrada a eficiência de absorção do N adicionado (por adubos minerais/orgânicos ou pelo resíduo farelo de girassol), como fração contida na parte aérea das plantas. Pode-se observar que, em média, somente 54% de N adicionado pela uréia foi determinado na parte aérea do milho. A precipitação pluviométrica no período em que foi conduzido o experimento foi elevada ( $99 \text{ mm}$ ), podendo ter ocorrido perda apreciável de N por lixiviação. O mesmo pode ter acontecido nos tratamentos com adição de cama de frangos, vermicomposto e esterco bovino, os quais foram adicionados na semeadura do milho. A associação da aplicação de farelo de girassol com a adubação nitrogenada em cobertura, entretanto, favoreceu a absorção do N adicionado (68%), devido ao fracionamento das adições do nutriente solúvel (na forma de uréia) e ao maior desenvolvimento radicular das plantas (Apêndice A2.6.1).

A análise do solo ao final do experimento indicou que tanto a correção da acidez por calcário, como a adição de adubos orgânicos/resíduo mantiveram os níveis de pH em faixas adequadas ( $> 5,7$ ) à neutralização de  $\text{Al}^{3+}$  (Apêndice A2.6.3).

Os teores de P, em geral, aumentaram com a adição do mesmo, por adubo mineral ou orgânico.



**FIGURA A2.3.** Fração do N total adicionado (orgânico + mineral) nos tratamentos com adição de uréia, adubos orgânicos e misturas de farelo de girassol.

#### **A2.4. CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos possibilitaram concluir que:

- a) O farelo de girassol, em associação com adubos mineral ou orgânico e nas doses aplicadas, não prejudicou o crescimento das plantas de milho; e,
- b) A associação do farelo de girassol com a adubação mineral possibilitou um aumento da eficiência da adubação nitrogenada, em solo arenoso.

## A2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, p.260-268, 2008.

AFUBRA - Associação dos Fumicultores do Brasil. Disponível em: <<http://www.afubra.com.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2012.

BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.

COSTA, M.C.R.; SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.N.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V.; BELÉ, J.C.; BOROSKY, J.C.; MOURINHO, F.L.; AGOSTINI, P.S. Utilização da torta de girassol na alimentação de suínos nas fazes de crescimento e terminação: efeitos no desempenho e nas características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.5, p.1581-1588, 2005.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/EMATER, 2008. 222p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Depto. de Solos, UFRGS, 1995. 174p.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST**: sistema de análise estatística para microcomputadores. Piracicaba: CIAGRI/ESALQ/USP, 1993. 138p.

## A2.6. APÊNDICES



**APÊNDICE A2.6.1.** Peso seco da parte aérea e das raízes, em g vaso<sup>-1</sup>  
(médias de duas repetições)

Tratamento	Parte aérea	Raízes	Total
Nº Sigla	----- g vaso <sup>-1</sup> -----		
1 - Test. + Ca	1,9 g <sup>1)</sup>	3,5 cd	5,3 gh
2 - N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	7,6 fg	11,2 bcd	18,7 efgh
3 - N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	14,9 defg	9,1 bcd	24,0 defgh
4 - N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	24,8 cdef	15,6 bcd	40,4 cde
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	33,6 cd	19,1 bc	52,7 bc
6 - N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	1,5 g	0,7 d	2,2 h
7 - N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	3,3 g	5,2 cd	8,5 fgh
8 - N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	10,1 efg	14,3 bcd	24,4 defgh
9 - EB	17,1 cdefg	11,5 bcd	28,5 cdefg
10 - VC	54,8 ab	24,0 b	78,8 ab
11 - CF (1)	19,5 cdefg	13,3 bcd	32,8 cdef
12 - CF (2)	29,8 cde	12,6 bcd	42,4 cde
13 - CF (3)	35,5 bc	16,6 bcd	52,1 c
14 - G/CF	25,8 cdef	23,9 b	49,7 cd
15 - G/Om	57,9 a	46,7 a	104,5 a
CV (%)	22	27	17

<sup>1)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (Teste de Tukey, p < 0,05).

**APÊNDICE A2.6.2. Teores de nutrientes na parte aérea das plantas do milho (amostra composta pelas duas repetições)**

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn
Nº Sigla	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>	
1 - Test. + Ca	20,1	1,2	22,1	6,1	4,3	2,8	6	66
2 - N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	8,0	2,6	20,8	3,4	2,4	0,9	1	38
3 - N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	9,8	1,8	11,3	2,6	1,7	0,6	1	53
4 - N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	17,1	1,7	15,3	4,7	3,3	1,9	3	39
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	11,3	2,9	15,9	3,7	3,2	1,4	2	48
6 - N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	- <sup>1)</sup>	1,0	10,8	10,6	3,0	2,4	8	76
7 - N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	27,3	1,3	23,6	6,4	3,2	2,7	5	60
8 - N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	- <sup>2)</sup>	-	-	-	-	-	-	-
9 - EB	6,7	4,0	28,6	2,1	1,9	0,8	1	32
10 - VC	8,4	3,6	18,1	2,2	2,6	0,7	1	26
11 - CF (1)	7,6	2,3	14,9	1,6	1,6	0,6	1	29
12 - CF (2)	8,7	3,3	19,3	3,0	2,9	1,1	2	36
13 - CF (3)	10,0	3,9	27,9	2,4	2,4	1,1	5	47
14 - G/CF	10,6	2,5	15,2	3,2	2,1	0,9	2	23
15 - G/Om	10,3	1,7	10,4	4,2	2,8	1,3	1	29

<sup>1)</sup> Amostra insuficiente para análise;

<sup>2)</sup> Amostra perdida.

**APÊNDICE A2.6.3.** Valores médios de pH em água, teores de P e K disponíveis e de Ca e Mg trocáveis do solo após o corte do milho (amostra composta pelas duas repetições)

Tratamento	pH	P	K	Ca	Mg
Nº Sigla		----- mg dm <sup>-3</sup> -----		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	
1 - Test. + Ca	6,2	4	11	2,2	0,4
2 - N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	6,4	71	15	1,9	0,3
3 - N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	6,0	71	11	1,9	0,3
4 - N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	6,0	82	11	1,5	0,2
5 - N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	6,0	30	16	1,6	0,2
6 - N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	5,9	5	33	1,0	0,2
7 - N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	5,7	5	20	1,1	0,2
8 - N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	5,7	6	17	1,9	0,3
9 - EB	7,0	69	39	2,8	0,7
10 - VC	6,2	90	32	1,8	0,9
11 - CF (1)	6,0	20	26	0,5	0,4
12 - CF (2)	6,0	33	34	0,8	0,4
13 - CF (3)	6,2	62	80	1,0	0,6
14 - G/CF	6,1	34	29	1,6	0,3
15 - G/Om	6,0	17	17	1,3	0,2

## **APÊNDICE 3**

### **UTILIZAÇÃO NO SOLO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E INDUSTRIAIS**

Daiana Althaus  
Prof. Marino José Tedesco  
Prof. Carlos Gustavo Tornquist  
Prof. Clesio Gianello

## UTILIZAÇÃO NO SOLO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E INDUSTRIAIS

Daiana Althaus <sup>1)</sup>; Marino José Tedesco <sup>2)</sup>; Carlos Gustavo Tornquist <sup>2)</sup>; Clesio Gianello <sup>2)</sup>

### RESUMO

Os diversos resíduos industriais gerados na atividade humana, sem terem um destino final adequado, tornam-se potencialmente nocivos ao ambiente. O descarte no solo e o conseqüente aproveitamento agrícola podem ser uma alternativa para o manejo destes resíduos. No entanto, para que se comprove a possibilidade da utilização de materiais orgânicos ou resíduos é importante o estudo dos efeitos da aplicação destes nos solos, bem como a resposta de plantas aos mesmos. Para tanto, foram testados, em vasos, a céu aberto, diferentes tratamentos com adubos minerais, orgânicos e resíduos em dois cultivos subsequentes (milho e aveia). Foi observado que os materiais orgânicos/resíduos, desde que complementados com adubos minerais solúveis, possibilitaram o bom desenvolvimento das plantas de milho. Seu efeito residual, observado na cultura da aveia, foi baixo. Em geral, foram observados resultados positivos, seja pela adição de nutrientes para as plantas ou pelo efeito não poluente nas doses utilizadas, sendo a aplicação no solo um bom meio de descarte dos mesmos.

**Palavras-chave:** resíduos industriais; adubo organo-mineral; cama de frangos.

<sup>1)</sup> Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: daiana\_althaus@yahoo.com.br; <sup>2)</sup> Professor, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

## ORGANIC AND INDUSTRIAL RESIDUES DISPOSAL ON SOILS

Daiana Althaus <sup>1)</sup>; Marino José Tedesco <sup>2)</sup>; Carlos Gustavo Tornquist <sup>2)</sup>; Clesio Gianello <sup>2)</sup>

### ABSTRACT

The industrial activity can generate potentially harmful residues for the environment. Their use on agricultural soils can be a sound alternative in some cases, but their effects on soil and plants growth must be previously determined. With this purpose, the application of different organic and industrial residues was studied with corn and oats , in a pot experiment, using an acid, low fertility soil. The organic materials and/or industrial residues added didn't affect the corn growth, at the rates applied, compared to the use of mineral fertilizers alone. The residual effects on the oats growth were small.

**Keywords:** industrial residues; organic-mineral fertilizer; poultry litter.

<sup>1)</sup> Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: daiana\_althaus@yahoo.com.br; <sup>2)</sup> Professor, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

## SUMÁRIO

A3.1. INTRODUÇÃO .....	96
A3.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	98
A3.2.1. Cultivo do milho no semestre 2010/II .....	98
A3.2.2. Cultivo de aveia no semestre 2011/I .....	102
A3.2.3. Análise estatística .....	104
A3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	105
A3.3.1. Rendimento de matéria seca do milho .....	105
A3.3.2. Rendimento de matéria seca da aveia .....	109
A3.3.3. Teores de nutrientes nas culturas .....	112
A3.3.4. Percentuais de absorção de N e P na cultura do milho .....	112
A3.3.5. Resultados das análises de solo .....	114
A3.4. CONCLUSÕES .....	117
A3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	118
A3.6. APÊNDICES .....	119

## RELAÇÃO DE TABELAS

A3.1.	Caracterização físico-química de resíduos orgânicos utilizados em 2010/II -----	100
A3.2.	Tratamentos utilizados nos semestres 2010/II e 2011/I -----	101
A3.3.	Caracterização físico-química de resíduos orgânicos utilizados em 2011/I -----	103
A3.4.	Percentuais de N e P absorvidos na parte aérea das plantas de milho em relação às adicionadas por adubos minerais solúveis ou orgânicos e pelos resíduos industriais -----	113



## RELAÇÃO DE FIGURAS

A3.1.	Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura do milho às adições de N (sulfato de amônio) (a) e P (superfosfato triplo) (b) minerais (médias de duas repetições) -----	105
A3.2.	Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura do milho à adição de cama de aviário (CA <sub>1</sub> ) (médias de duas repetições) -----	106
A3.3.	Rendimento relativo de matéria seca da parte aérea das culturas do milho (efeito imediato) e da aveia (efeito residual) em relação ao tratamento com adubação N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K das mesmas (NPK no eixo x indica adubação N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K) -----	108
A3.4.	Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura da aveia às adições de N (sulfato de amônio) (a) e P (superfosfato triplo) (b) minerais -----	109
A3.5.	Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura do milho às adições de cama de aviário (CA <sub>2</sub> ) e adubo orgânico para policultura (PR) -----	110
A3.6.	Rendimento relativo de matéria seca da parte aérea da cultura da aveia (efeito imediato) em relação ao tratamento N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K das mesmas (NPK no eixo x indica utilização de N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K) -----	111

### A3.1. INTRODUÇÃO

Diversos resíduos industriais são gerados diariamente e sem terem um destino final adequado tornam-se potencialmente nocivos ao ambiente. Como forma alternativa ao destino destes resíduos, pode ser feito o descarte dos mesmos no solo. A utilização correta de resíduos na agricultura pode ser uma alternativa viável para reduzir a contaminação ambiental (BISSANI *et al.*, 2008). No entanto, para comprovar a possibilidade do uso de adubos ou resíduos é necessário o estudo dos efeitos da aplicação destes nos solos, bem como a resposta de plantas à adição dos mesmos. A determinação da capacidade de suprimento de nutrientes de plantas em quantidades adequadas para a obtenção de bons rendimentos é necessária quando são utilizados os fertilizantes de natureza orgânica (SBCS/NRS, 2004); os adubos orgânicos, em geral, não apresentam os teores de N, P e K nas proporções adequadas para suprir estes nutrientes às plantas, devendo, dessa maneira, serem complementados com adubos minerais (BISSANI *et al.*, 2008).

O estudo foi conduzido com a participação de estudantes de graduação da Faculdade de Agronomia (UFRGS), das disciplinas AGR 03005 - Fertilidade do Solo e AGR 03011 - Descarte de Resíduos no Solo, e também de estudantes do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo (UFRGS), estes em atividade de apoio ao ensino. Desta forma, com o intuito de fomentar a importância do ensino e ampliar as relações entre docentes e discentes, desenvolveu-se este estudo prático-demonstrativo, o qual, além de seu caráter interdisciplinar, é uma atividade com aspectos ambientais como o uso de adubos orgânicos e resíduos industriais.

Aubos orgânicos, como cama de aviário e vermicomposto, e resíduos de atividades industriais, como o lodo gerado por estações de tratamento de efluentes de indústrias, o lodo de estação de tratamento de água e a borra ácida gerada no refino do óleo de soja, entre outros, foram estudados neste trabalho, o qual apresentou como objetivos a determinação e a avaliação de curvas de resposta a adubos minerais (N e P), bem como o estudo dos efeitos imediato e residual da aplicação de adubos orgânicos e resíduos, nas culturas do milho e da aveia.

## A3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos de PVC (com 150 mm de diâmetro) contendo 6,0 L de solo da Unidade de Mapeamento Itapuã (Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico - Streck *et al.*, 2008) (coletado no município de Viamão, RS), em área cercada, a céu aberto, na Faculdade de Agronomia (UFRGS), nos semestres 2010/II e 2011/I. Este solo é ácido (pH em água de 5,1), arenoso (70 g dm<sup>-3</sup> de argila), com baixo teor de matéria orgânica (8,0 g dm<sup>-3</sup>) e baixa acidez potencial (H+Al = 2,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>). Os teores de P, K, Ca e Mg são também muito baixos.

### A3.2.1. Cultivo do milho no semestre 2010/II

Foram utilizados os adubos orgânicos/resíduos caracterizados na Tabela A3.1.

No semestre 2010/II cultivou-se milho e os tratamentos, apresentados na Tabela A3.2, consistiram de:

- a) Curvas de resposta a N e P minerais, com as seguintes quantidades aplicadas (em kg de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, respectivamente): N<sub>0</sub> = 0; N<sub>1</sub> = 45; N<sub>2</sub> = 90 e N<sub>3</sub> = 180 (na forma de sulfato de amônio); P<sub>0</sub> = 0; P<sub>1</sub> = 55; P<sub>2</sub> = 110 e P<sub>3</sub> = 220 (na forma de superfosfato triplo). Tratamentos 1 a 8 (Tabela A3.2). Foram também aplicados calcário (850 kg ha<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub>, na proporção de 3:1, com PRNT 100%), cloreto de potássio (170 kg de K<sub>2</sub>O

ha<sup>-1</sup> na forma de KCl), gesso (2,4 t ha<sup>-1</sup>) e micronutrientes (20 kg de ác. bórico + 8 kg de ZnSO<sub>4</sub> + 8 kg de CuSO<sub>4</sub> + 0,8 kg Na-molibdato ha<sup>-1</sup>).

b) Adubos orgânicos:

b.1) cama de aviário (CA<sub>1</sub>), obtida do aviário do Departamento de Zootecnia (UFRGS), estocada por alguns meses ao tempo. Tratamentos 9 a 11 (Tabela A3.2).

b.2) vermicomposto (VC<sub>1</sub>), preparado por compostagem de esterco bovino com minhocas, no Departamento de Solos (UFRGS), estocado ao tempo. Tratamento 12 (Tabela A3.2).

c) Resíduos industriais:

c.1) Lodo gerado por estação de tratamento de efluentes de indústria de papel, localizada na região da Grande Porto Alegre, RS, após os seguintes tratamentos:

- *In natura* (ETE<sub>1</sub>): tratamento 18 (Tabela A3.2).

- Após adensamento (LA): tratamento 17 (Tabela A3.2).

- Após compostagem a céu aberto (LC): tratamentos 13 a 16 (Tabela A3.2).

c.2) Resíduos gerados por indústria de reaproveitamento de resíduos bovinos (sem cromo), localizada no Vale do Rio dos Sinos, RS, sendo:

- Lodo da estação de tratamento de efluentes (ETE<sub>2</sub>): tratamento 19 (Tabela A3.2).

- Argila de polimento (AP): tratamentos 20 e 21 (Tabela A3.2).

- Sílica de polimento (jateamento) (SP): tratamentos 22 e 23 (Tabela A3.2).

c.3) Lodo de estação de tratamento de água operada pela CORSAN, no município de Guaíba, RS (ETA): tratamentos 24 e 25 (Tabela A3.2). Este resíduo é comumente depositado em aterros, após correção de pH com cal e adição de adubo mineral (NPK). Na análise do mesmo (como solo) foram determinados: pH em água = 6,3; índice SMP = 6,4; P disponível = 63 mg dm<sup>-3</sup>; K trocável = 122 mg dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica = 4,7%; cálcio e magnésio trocáveis = 8,6 e 0,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente.

c.4) Borra ácida gerada no refino do óleo de soja (BS ou B), proveniente de indústria localizada na Grande Porto Alegre, RS: tratamento 26 (Tabela A3.2).

**TABELA A3.1.** Caracterização físico-química de resíduos orgânicos utilizados em 2010/II <sup>1)</sup>

Determinação (unidade)	CA <sub>1</sub>	VC <sub>1</sub>	ETE <sub>1</sub>	LA	LC	ETE <sub>2</sub>	BS
Umidade (g kg <sup>-1</sup> )	114	674	920	822	643	863	20
pH em água	7,6	-	6,6	6,9	6,9	7,1	3,9
C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	280
N total (g kg <sup>-1</sup> )	18,0	19,4	-	-	6,6	-	7,1
P total (g kg <sup>-1</sup> )	11,0	5,5	-	-	3,2	-	2,9
K total (g kg <sup>-1</sup> )	19,0	9,0	-	-	2,7	-	0,4
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	81,0	1,3	-	-	1,3	-	11
Mg total (g kg <sup>-1</sup> )	5,5	1,2	-	-	1,2	-	0,2
Cu total (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	22
Zn total (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	33
S total (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	87
Óleos e graxas (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	121

<sup>1)</sup> Cama de aviário (CA<sub>1</sub>); Vermicomposto (VC<sub>1</sub>); Lodo *in natura* (ETE<sub>1</sub>), após adensamento (LA) e após compostagem (LC) de indústria de papel; Lodo (ETE<sub>2</sub>) de indústria de reaproveitamento de resíduos bovinos; e, Borra ácida do refino do óleo de soja (BS).

Foram utilizadas duas repetições, adicionando-se as quantidades indicadas na Tabela A3.2 (em t ha<sup>-1</sup>), em base seca. Em alguns tratamentos foram adicionados adubos minerais indicados nas curvas de resposta (Base de cálculo: 1 ha = 2 x 10<sup>6</sup> L).

Em 02/10/2010 os adubos e resíduos foram misturados com o solo e semeado o milho, observando-se a emergência das plântulas após 5 dias, sendo mantidas 2 plantas por vaso. A adubação nitrogenada foi feita em três doses, sendo aplicada 1/3 na semeadura, 1/3 a 15 dias após a emergência e 1/3 a 45 após a emergência.

O corte da parte aérea das plantas foi feito em 07/12/2010, sendo quantificado o peso de massa seca, e determinando-se o teor de macronutrientes na mesma, conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

**TABELA A3.2.** Tratamentos utilizados nos semestres 2010/II e 2011/I

		2010/II			2011/I		
Nº	Tratamento	Cal- cário <sup>1)</sup>	Gesso <sup>1)</sup>	Micro- nutrientes <sup>1)</sup>	Nº	Tratamento (Rep. A)	Cal- cário <sup>1)</sup>
1	Testemunha		+	+	1	Testemunha	+
2	N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	+	+	+	2	N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	+
3	N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	+	+	+	3	N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	+
4	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+	+	+	4	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+
5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	+	+	+	5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	+
6	N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	+	+	+	6	N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	+
7	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	+	+	+	7	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	+
8	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	+	+	+	8	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	+
9	CA <sub>1</sub> (6 t) <sup>2)</sup>				9	CA <sub>2</sub> (6 t)	
10	CA <sub>1</sub> (12 t)				10	CA <sub>2</sub> (12 t)	
11	CA <sub>1</sub> (24 t)				11	CA <sub>2</sub> (24 t)	
12	VC <sub>1</sub> (20 t)				12	VC <sub>2</sub> (20 t)	
13	LC (20 t)				13	HA (20 t)	+
14	LC (20 t) + N <sub>2</sub> K	+			14	HA (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+
15	LC (20 t) + P <sub>3</sub> K	+			15	CE (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+
16	LC (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+			16	CE (20 t) + P <sub>3</sub> K	+
17	LA (20 t)				17	CE (20 t) + N <sub>2</sub> K	+
18	ETE <sub>1</sub> (20 t)				18	CE (20 t)	+
19	ETE <sub>2</sub> (20 t)				19	PR (7,5 t)	
20	AP (20 t)				20	PR (15 t)	
21	AP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+			21	PR (30 t)	
22	SP (20 t)				22	ETE <sub>3</sub> (20 t)	+
23	SP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K				23	ETE <sub>3</sub> (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+
24	ETA (20 t)				24	RI (20 t)	
25	ETA (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+			25	RIC (20 t)	
26	BS (23 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+			26	BS (18 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	+

<sup>1)</sup> Sinal + indica a aplicação de corretivo de acidez, enxofre (S) e micronutrientes;

<sup>2)</sup> Quantidades de adubos/resíduos em t ha<sup>-1</sup>.

Amostras compostas do solo, por tratamento, foram coletadas após o corte das plantas do milho.

### A3.2.2. Cultivo de aveia no semestre 2011/I

Após o corte das plantas de milho, os vasos foram deixados a céu aberto até 12/04/2011, sendo o experimento continuado com a cultura da aveia (cv. Guapa, UFRGS). Nos vasos da repetição B não foi aplicado qualquer material orgânico/resíduo, para avaliação do efeito residual dos mesmos.

Na outra repetição (A) foram mantidas as curvas de resposta a N e P, e adicionados outros resíduos (à exceção do tratamento 26, em que foi reaplicada a BS), caracterizados na Tabela A3.3, à exceção da borra ácida de soja, a saber:

- a) Curvas de resposta a N e P minerais, nos mesmos vasos e nas mesmas doses aplicadas na cultura do milho. Foi também reaplicado calcário, na mesma dose utilizada no primeiro cultivo. A adubação nitrogenada foi feita também da mesma forma (1/3 na sementeira e o restante em duas coberturas em quantidades iguais, a 15 e 45 dias após a emergência). Tratamentos 1 a 8 (Tabela A3.2).

Observação: na repetição B foi reaplicado N nos tratamentos com N<sub>1</sub> e N<sub>3</sub>.

- b) Adubos orgânicos:

b.1) Cama de aviário (CA<sub>2</sub>): adquirida em loja de produtos agropecuários, proveniente do município de Lajeado, RS. Tratamentos 9 a 11 (Tabela A3.2).

b.2) Vermicomposto (VC<sub>2</sub>): obtido por compostagem de esterco bovino com minhocas, preparado no Departamento de Solos (UFRGS). Tratamento 12 (Tabela A3.2).

b.3) Adubo orgânico comercial para policultura (PR): adquirido em Porto Alegre. Tratamentos 19 a 21 (Tabela A3.2).

- c) Resíduos industriais:

c.1) Lodo gerado por estação de tratamento de efluentes de indústria de papel, localizada na Grande Porto Alegre, após os seguintes tratamentos:

- *In natura* (ETE<sub>3</sub>): tratamentos 22 e 23 (Tabela A3.2).



- Casca de eucalipto compostada (CE): tratamentos 15 a 18 (Tabela A3.2).

- Lodo compostado (HA): tratamentos 13 e 14 (Tabela A3.2).

c.2) Lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria mecânica, localizada no município de Caxias do Sul, RS, *in natura* (RI, tratamento 24) e compostado (RIC, tratamento 25) (Tabela A3.2).

c.3) Borra ácida gerada no refino do óleo de soja (BS): tratamento 26 (Tabela A3.2) (caracterização físico-química do mesmo na Tabela A3.1).

**TABELA A3.3.** Caracterização físico-química de resíduos orgânicos utilizados em 2011/I <sup>1)</sup>

Determinação (unidade)	CA <sub>2</sub>	VC <sub>2</sub>	PR	CE	ETE <sub>3</sub>	HA	RI	RIC
Umidade (g kg <sup>-1</sup> )	363	604	282	397	837	449	40	110
pH em água	8,7	8,2	4,2	7,3	7,3	6,8	7,8	7,5
C orgânico (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	140	160
N total (g kg <sup>-1</sup> )	37	-	-	-	-	-	14	15
P total (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	11	12
K total (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	1,6	2,0
Ca (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	200	190
Mg total (g kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	9,1	5,9
Cu total (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	296	414
Zn total (mg kg <sup>-1</sup> )	-	-	-	-	-	-	867	985
V. Neutralização (%)	-	-	-	-	-	-	44	-

<sup>1)</sup> Cama de aviário (CA<sub>2</sub>); Vermicomposto (VC<sub>2</sub>); Adubo orgânico comercial para policultura (PR); Lodo *in natura* (ETE<sub>3</sub>), casca de eucalipto compostada (CE) e lodo compostado (HA) de indústria de papel; Lodo *in natura* (RI) e compostado (RIC) de indústria mecânica; e, Borra ácida do refino do óleo de soja (BS).

O corte da parte aérea das plantas foi feito em 28/06/2011, sendo avaliado o peso de massa seca, e determinados os teores de macronutrientes na mesma, conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

Após o corte da aveia foram coletadas amostras de solo da repetição A dos tratamentos 1, 5 e 11, e das repetições A e B do tratamento 26.

### **A3.2.3. Análise estatística**

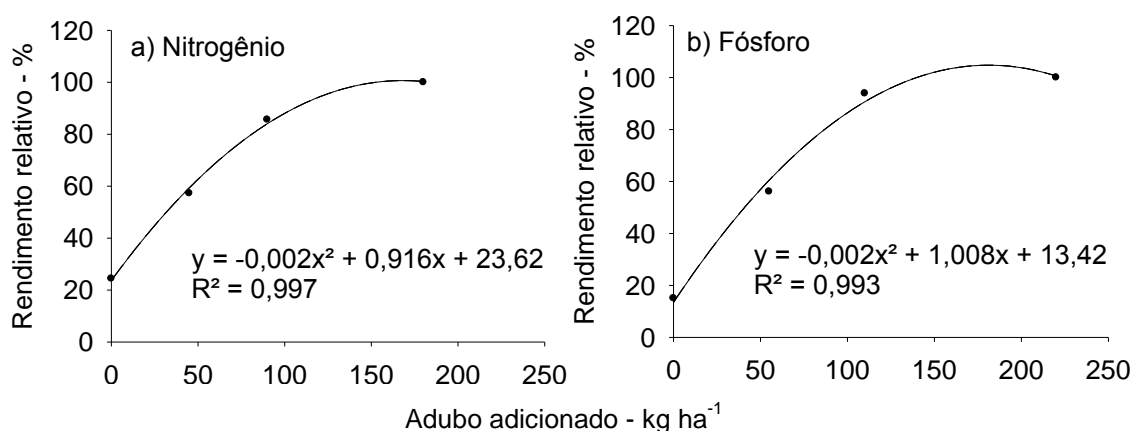
Os dados obtidos de matéria seca da parte aérea das plantas foram comparados utilizando-se a análise de variância e o teste da diferença mínima significativa (Tukey, a 5% de probabilidade) (ZONTA e MACHADO, 1993).

### A3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

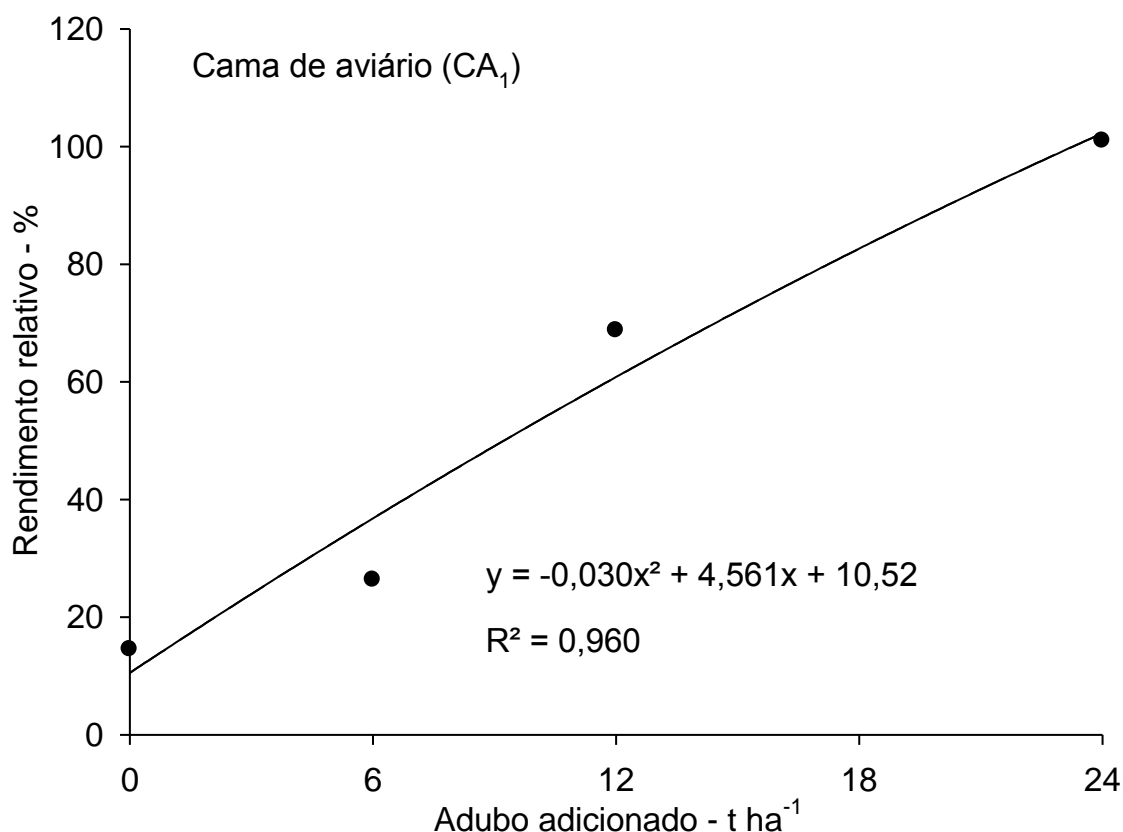
#### A3.3.1. Rendimento de matéria seca do milho

Os rendimentos de matéria seca da parte aérea da cultura do milho são apresentados no Apêndice A3.6.1.

Nas Figuras A3.1 e A3.2 são mostradas as curvas de resposta da cultura do milho às adições de adubos minerais (N e P) e de adubo orgânico (cama de aviário), determinadas pelo rendimento relativo da matéria seca da parte aérea desta cultura. Para a determinação do rendimento relativo dos tratamentos, considerou-se o tratamento 5 (N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K) como 100%. Pode-se observar na Figura A3.1 que, devido à utilização de um solo de baixa fertilidade, a aplicação crescente dos adubos mostrou grande aumento no



**FIGURA A3.1.** Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura do milho às adições de N (sulfato de amônio) (a) e P (superfosfato triplo) (b) minerais (médias de duas repetições).



**FIGURA A3.2.** Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura do milho à adição de cama de aviário (CA<sub>1</sub>) (médias de duas repetições).

rendimento da cultura, atingindo-se valores de aproximadamente 12,5 t de matéria seca ha<sup>-1</sup> da parte aérea das plantas para os tratamentos com a maior taxa de adição de adubo mineral (N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K) (Figura A3.1a e A3.1b) e de adubo orgânico (24 t de cama de aviário ha<sup>-1</sup>) (Figura A3.2).

Na Figura A3.3 são apresentados os rendimentos relativos da parte aérea das plantas do estudo do efeito imediato dos adubos/resíduos aplicados na cultura do milho, cultivado no semestre 2010/II, adotando-se o valor de 100% para o tratamento 5 (N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K). É apresentado também o efeito residual da aplicação dos adubos/resíduos determinado na cultura da aveia (repetição B - Apêndice A3.6.1), calculado em relação ao tratamento 5 (com a aplicação de N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K - Apêndice A3.6.2). Para comparação é apresentado também o rendimento relativo do tratamento 4 (N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K).

Pode-se observar na Figura A3.3 que o rendimento relativo da cultura do milho determinado nos tratamentos com a aplicação de vermicomposto (tratamento 12) ou de resíduos (tratamentos 13, 17, 18, 19, 20, 22 e 24) foi baixo, atingindo, em média, somente 13% do máximo. O

vermicomposto apresentou o rendimento de 24%, valor menor que o esperado, por ter sido estocado sem proteção contra possível lixiviação de nutrientes (N e K) pela água da chuva.

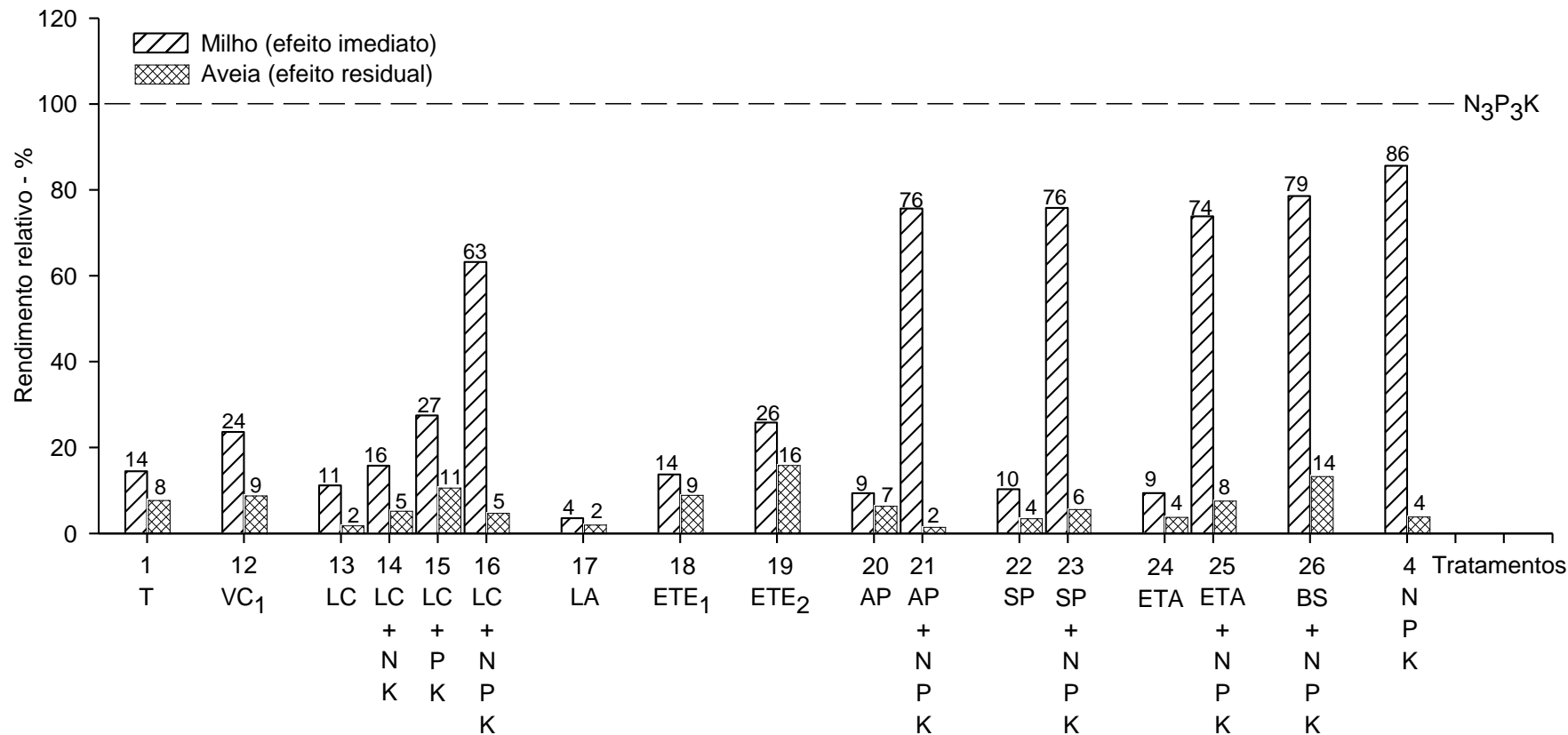
Nos tratamentos em que foi feita a adição de adubo mineral ( $N_2P_3K$ ), entretanto, o rendimento relativo médio foi de 74% (tratamentos 16, 21, 23, 25 e 26). Este valor, entretanto, é 12% menor que o determinado no tratamento com a aplicação do adubo mineral (tratamento 4), indicando uma possível imobilização do N solúvel, pela microbiota do solo, tendo em vista que os adubos/resíduos apresentam alta relação C:N (> 30).

Os resíduos utilizados, entretanto, não apresentaram efeito nocivo ao crescimento das plantas, na dose aplicada ( $20 \text{ t ha}^{-1}$ ) podendo ser utilizados como condicionadores de solo, ou em misturas com adubos orgânicos ou minerais.

A borra ácida (BS) aplicada na dose de  $23 \text{ t ha}^{-1}$  no tratamento 26, com correção do solo e adubação, apresentou rendimento relativo de 79%. Em experimento similar, também com a aplicação de borra de soja em associação com adubo mineral ( $N_2P_3K$ :  $108 \text{ kg de N ha}^{-1}$  e  $135 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ), porém com pequena dose de borra ( $4 \text{ t ha}^{-1}$ ), obteve-se um rendimento relativo semelhante (72%) (ALTHAUS *et al.*, 2011). Isso mostra que este resíduo apresenta baixo efeito nocivo e fertilizante sobre as plantas, porém necessita de complementação com adubo solúvel para o crescimento adequado das plantas. O efeito residual da borra de soja, associado com adubo mineral, também foi semelhante em ambos os trabalhos.

A adição de materiais/resíduos com base orgânica, como lodos de ETE's (tratamentos com adições de VC, LC, LA, ETE's) requerem a adição de nutrientes solúveis, e às vezes correção da acidez do solo, para rendimentos adequados das culturas. Pelo menos os nutrientes N, P e K devem ser aplicados, conforme pode ser observado para o lodo compostado (tratamentos 13 a 16 - Figura A3.3).

O tratamento com adição de lodo de ETA (tratamento 24) não foi prejudicial ao crescimento das plantas, por ter sido previamente tratado com cal e adubo mineral. Este resíduo poderia apresentar grande teor de Al tóxico para as plantas, em valores de pH menores que 5,5 (MEURER, 2010). Para a



**FIGURA A3.3.** Rendimento relativo de matéria seca da parte aérea das culturas do milho (efeito imediato) e da aveia (efeito residual) em relação ao tratamento com adubação  $N_3P_3K$  das mesmas (NPK no eixo x indica adubação  $N_2P_3K$ ).

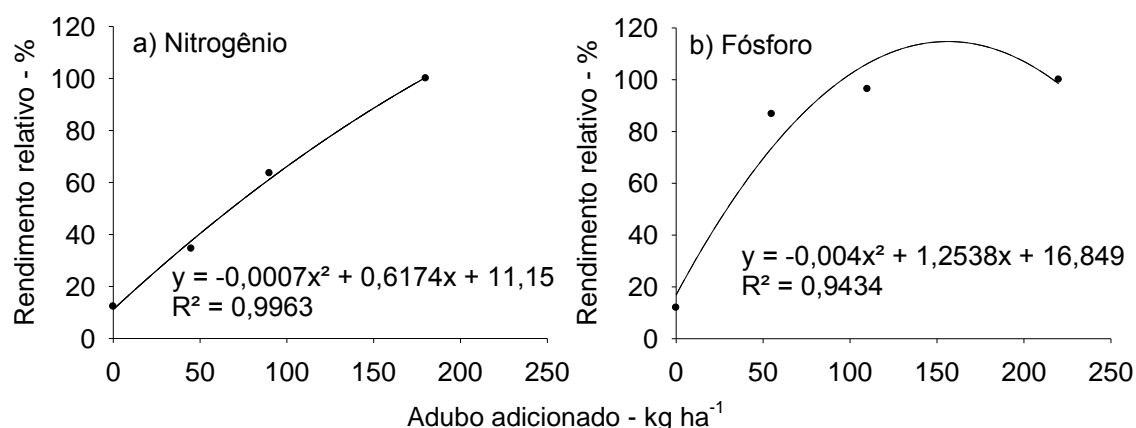
floculação de material orgânico em suspensão na água a ser tratada é utilizado o sulfato de alumínio, que passa para o lodo.

O pequeno efeito residual, observado na cultura da aveia, provavelmente pode ser devido à carência do N solúvel, fator esse limitante ao crescimento das plantas, em todos os tratamentos (Figura A3.3). Os vasos permaneceram a céu aberto, sem cultivo, por aproximadamente quatro meses, podendo o N solúvel ter sido lixiviado.

### A3.3.2. Rendimento de matéria seca da aveia

O rendimento de matéria seca da parte aérea da cultura da aveia, nos vasos com reaplicação de adubos/resíduos é dado no Apêndice A3.6.2.

Na Figura A3.4 observa-se as curvas de resposta da cultura da aveia às adições de adubos minerais (N e P), as quais apresentaram a mesma tendência observada para as curvas de resposta da cultura do milho. O mesmo ocorreu para a cama de aviário (Figura A3.5). O adubo orgânico para policultura, mesmo com as doses crescentes de adubo aplicadas ao solo, não apresentou resposta positiva no rendimento relativo das plantas de aveia (Figura A3.5). Foi considerado o rendimento relativo de 100% ao obtido no tratamento 5 (N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K) (com reaplicação do fertilizante).

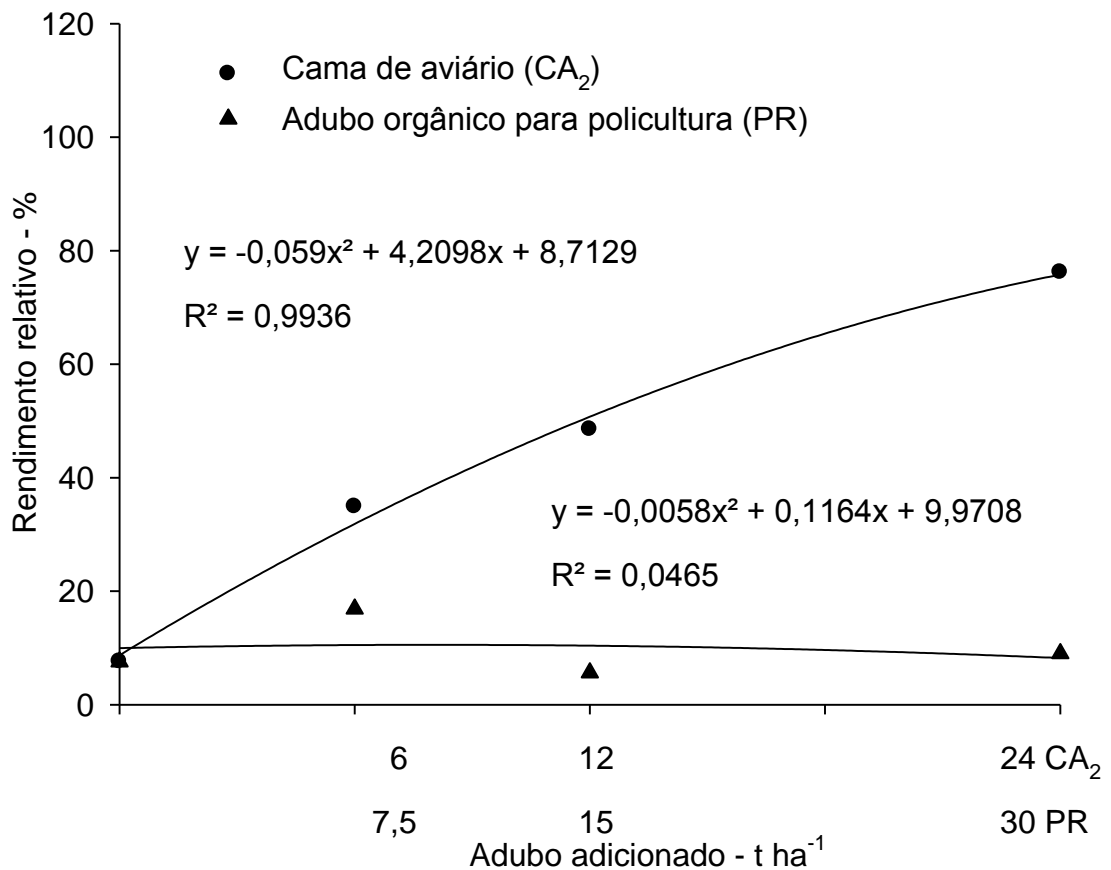


**FIGURA A3.4.** Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura da aveia às adições de N (sulfato de amônio) (a) e P (superfosfato triplo) (b) minerais.

Na Figura A3.6 observa-se que, assim como no caso da cultura do milho, o rendimento relativo em matéria seca aumentou com a complementação com adubo mineral solúvel. Além disso, tratamentos com

adubos/resíduos semelhantes entre as duas culturas, como no caso da aplicação de VC<sub>1</sub> e VC<sub>2</sub> e também no caso de LC e HA (ambos constituídos por lodo compostado de indústria de papel), também apresentaram resultados semelhantes.

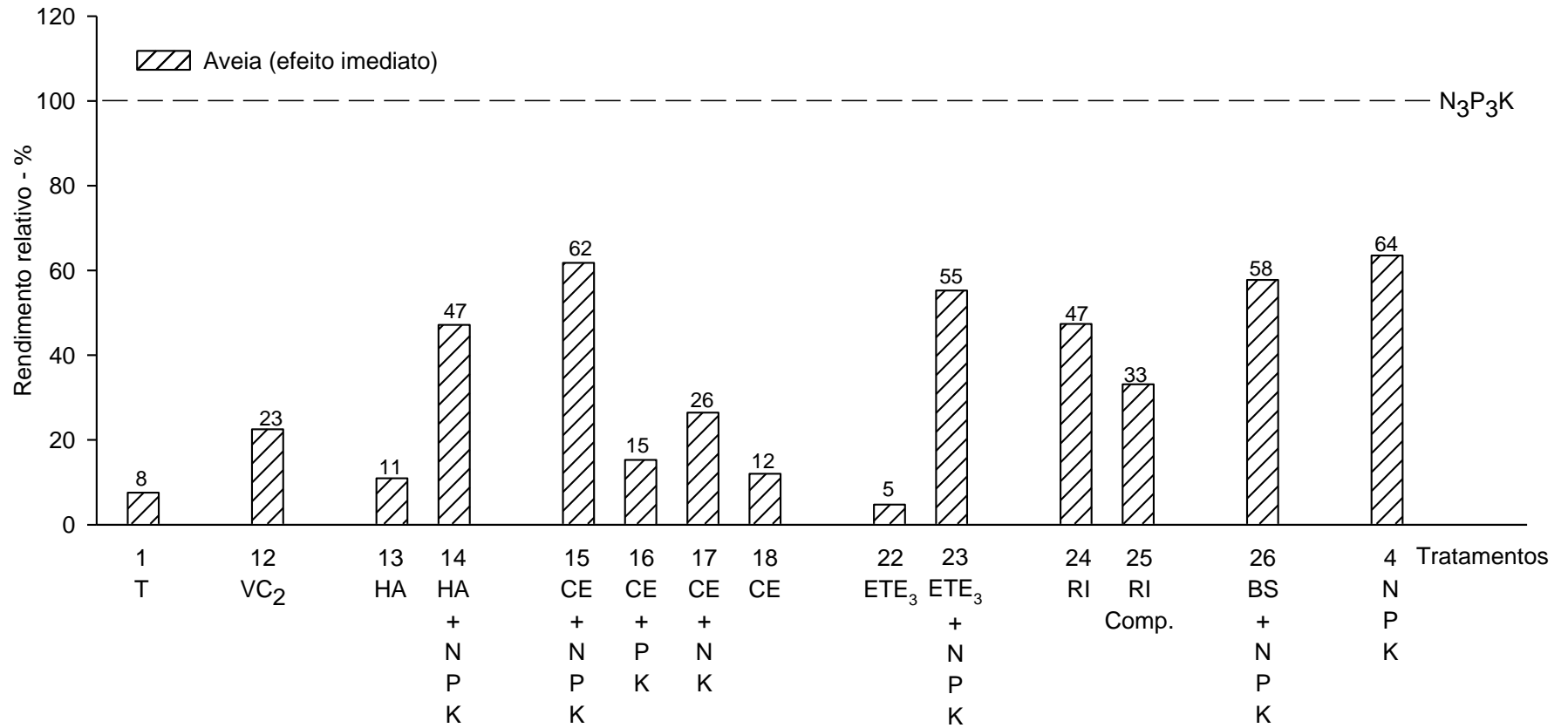
O lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria mecânica, apresentou maior rendimento em matéria seca quando o mesmo foi utilizado na forma *in natura* (RI) do que compostado (RIC). Isso ocorreu, provavelmente, devido a perdas de N no processo de compostagem, que podem ocorrer pela lixiviação de nitrato, se o mesmo é feito ao tempo, ou por volatilização de amônia em pH maior que 7,0 (Tabela A3.3).



**FIGURA A3.5.** Curvas de resposta em matéria seca da parte aérea da cultura do milho às adições de cama de aviário (CA<sub>2</sub>) e adubo orgânico para policultura (PR).

Quanto à utilização de borra ácida de soja (tratamento 26), o rendimento relativo da aveia (58%) foi menor em comparação ao do milho (79%). Em média, foi obtida menor resposta da aveia quando foi aplicado





**FIGURA A3.6.** Rendimento relativo de matéria seca da parte aérea da cultura da aveia (efeito imediato) em relação ao tratamento N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K das mesmas (NPK no eixo x indica utilização de N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K).

$N_2P_3K$  (Figura A3.6) aos resíduos do que foi observado no milho (Figura A3.5). As possíveis causas podem ser: a) crescimento mais lento da aveia, com maior possibilidade de lixiviação de N; b) menor nível de rendimento da aveia, com menor imobilização de N, e conseqüentemente maiores perdas; e, c) provavelmente maior precipitação (e perdas) no período de crescimento da aveia (inverno).

### **A3.3.3. Teores de nutrientes nas culturas**

Os teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea da cultura do milho - efeito imediato, da aveia - efeito residual e da aveia - após readubação e aplicação de resíduos, são apresentados nos Apêndices A3.6.3, A3.6.4 e A3.6.5, respectivamente.

### **A3.3.4. Percentuais de absorção de N e P na cultura do milho**

Pode-se observar no Apêndice A3.6.3 que os teores de N nas plantas de milho foram menores que os considerados adequados, mesmo no tratamento com a maior adição de N mineral (tratamento 5), podendo ter ocorrido suprimento inadequado desse elemento, perdas por lixiviação de nitrato no solo arenoso, ou pequena translocação das raízes para a parte aérea. Entretanto, o aumento de rendimento de matéria seca foi pequeno entre as doses 2 e 3 do adubo nitrogenado (Tabela A3.1a).

Os teores de Cu nas plantas também foram baixos. Este metal é fortemente adsorvido nas argilas e na matéria orgânica do solo, e pouco translocado para a parte aérea das plantas.

Observações semelhantes podem ser feitas para a aveia, mesmo com a readubação (Apêndice A3.6.5).

No estudo do efeito residual na aveia (Apêndice A3.6.4) foram também determinados teores baixos de K. Este íon pode ser facilmente lixiviado com ânions em solos arenosos.

Na Tabela A3.4 são apresentados os percentuais de absorção de N e P na parte aérea das plantas de milho nos diferentes tratamentos. Comparando-se, por exemplo, o tratamento 26 com adição de borra ácida de soja, complementado com adubo mineral  $N_2P_3K$  e o tratamento 4, em que há apenas

o adubo mineral  $N_2P_3K$ , observa-se que a absorção de N foi muito menor no tratamento 26. Isso pode ter ocorrido, provavelmente devido à imobilização do N no resíduo adicionado, com base orgânica, com alta relação C:N (Tabela A3.1).

**TABELA A3.4.** Percentuais de N e P absorvidos na parte aérea das plantas de milho em relação às adicionadas por adubos minerais solúveis ou orgânicos e pelos resíduos industriais

N°	Tratamento	----- % do nutriente adicionado -----	
		N	P
1	Testemunha	0	0
2	$N_0P_3K$	0	12
3	$N_1P_3K$	29	19
4	$N_2P_3K$	40	19
5	$N_3P_3K$	35	18
6	$N_3P_0K$	2	0
7	$N_3P_1K$	12	30
8	$N_3P_2K$	34	36
9	CA <sub>1</sub> (6 t)	6	10
10	CA <sub>1</sub> (12 t)	17	19
11	CA <sub>1</sub> (24 t)	13	22
12	VC <sub>1</sub> (20 t)	1	10
13	LC (20 t)	0	0
14	LC (20 t) + $N_2K$	2	1
15	LC (20 t) + $P_3K$	5	6
16	LC (20 t) + $N_2P_3K$	15	6
17	LA (20 t)	-	-
18	ETE <sub>1</sub> (20 t)	-	-
19	ETE <sub>2</sub> (20 t)	-	-
20	AP (20 t)	-	-
21	AP (20 t) + $N_2P_3K$	-	-
22	SP (20 t)	-	-
23	SP (20 t) + $N_2P_3K$	-	-
24	ETA (20 t)	-	-
25	ETA (20 t) + $N_2P_3K$	-	-
26	BS (23 t) + $N_2P_3K$	14	21

A fração do N absorvido nos tratamentos de adubação com uréia (3, 4 e 5) foi também inferior à esperada (menor que 50%) indicando possível perda deste nutriente.

A fração do P absorvido, nos tratamentos com adubo mineral foi menor que a do N. Nos tratamentos com adição de cama de aviário (9,10 e 11), entretanto, foi maior que a do N, indicando menores perdas, além de maiores quantidade adicionadas.

### **A3.3.5. Resultados das análises de solo**

A caracterização básica do solo após o cultivo do milho é mostrada no Apêndice A3.6.6.

Os valores de pH em água, em geral, foram “médios” (5,5 - 6,0) (SBCS/NRS, 2004). Considerando que o pH inicial do solo era 5,1 (“baixo”), foi observado aumento do pH do solo nos diferentes tratamentos, seja pela adição de calcário ou devido aos adubos/resíduos utilizados. A acidez potencial (H+Al), para a maioria dos tratamentos, foi “muito baixa” ( $\leq 2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) a “baixa” ( $2,1\text{-} 4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) (SBCS/NRS, 2004).

Foi observado grande variação nos teores de P entre os diferentes tratamentos. Nos tratamentos da curva de resposta a P, os teores foram crescentes conforme o aumento da dose aplicada, estando, entretanto, na faixa de “muito baixo” a “baixo” (SBCS/NRS, 2004), semelhantes ao teor de P do solo antes do cultivo. Isso mostra que o adubo mineral solúvel contendo P foi absorvido pelas plantas, ou parcialmente imobilizado. Nos tratamentos da curva de resposta a N, os teores de P, em geral, estão na faixa “médio”, uma vez que nestes foi aplicada a maior dose de P solúvel, sendo em parte absorvido pelas plantas, mas também permanecendo parte no solo. Os maiores teores de P no solo foram determinados no tratamento com a maior dose aplicada de cama de aviário ( $24 \text{ t ha}^{-1}$ ), lodo compostado de indústria de papel (à exceção do tratamento 14), nos tratamentos em que foi adicionado aos resíduos vermicomposto e lodo de ETE de indústria de reaproveitamento de resíduos bovinos (tratamento 19). Os teores de P desses tratamentos estão na faixa “alto”, à exceção dos dois últimos tratamentos (12 e 19) que apresentaram teores “muito altos” (SBCS/NRS, 2004).

Os teores de K trocável foram “muito baixos” a “baixos” para a maioria dos tratamentos à exceção dos com as maiores doses de cama de aviário, que apresentaram teores “médio” e “alto” (SBCS/NRS, 2004) para as doses de 12 e 24 t de cama de aviário ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os teores de Ca foram “baixos” ( $\leq 2$  cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em todos os tratamentos, à exceção do tratamento com adição de borra ácida de soja que apresentou teor “médio” (2,1 - 4,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>). Em geral, observou-se teores “baixos” ( $\leq 0,5$  cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) de Mg em todos os tratamentos (SBCS/NRS, 2004). Considerando que os teores iniciais de Ca e Mg no solo eram “muito baixos” e que os mesmos foram corrigidos, seja pela adição de calcário e/ou gesso ou de adubos/resíduos, os teores, em geral, “baixos”, determinados após o cultivo do milho, provavelmente se devem à lixiviação dos cátions, por ter sido utilizado um solo arenoso, com baixa capacidade de retenção de cátions básicos (Na, K, Ca e Mg).

A caracterização básica do solo, para alguns tratamentos, após o cultivo da aveia é mostrada no Apêndice A3.6.7. Observa-se que, para o tratamento 1A (Testemunha) não foi determinada diferença em relação à amostragem anterior (após o cultivo do milho). O mesmo ocorreu para a caracterização do solo do tratamento 5A, à exceção do teor de P, que apresentou considerável aumento, alcançando o nível adequado conforme a SBCS/NRS (2004). Este aumento pode ter sido devido à reaplicação de P na forma de adubo mineral, além deste ser pouco móvel no solo.

No tratamento 11A, onde foi feita a reaplicação da cama de aviário (24 t ha<sup>-1</sup>), foi observado aumento nos teores de P, Mg e Ca, adicionados pelo adubo orgânico.

No tratamento com a reaplicação do resíduo borra ácida de soja (26A), foi observado aumento nos teores de P, Ca e Mg. Para o efeito residual, observado em 26B, foi determinado pequeno decréscimo para P e Ca e um maior decréscimo de S, embora no solo tenha ainda permanecido uma quantidade muito superior ao nível adequado, conforme a SBCS/NRS (2004). Este resíduo apresenta grande quantidade de S, proveniente do ácido sulfúrico utilizado na acidificação da borra, sem ser entretanto tóxico para as plantas, caso pH do solo seja corrigido para valores  $\geq 5,5$ . O íon sulfato no solo é lixiviado com cátions.

O teor de M.O., com relação ao teor inicial (0,8%) ou até mesmo à testemunha (0,9%) após o cultivo de aveia, apresentou aumento nos tratamentos com a adição de cama de aviário ou borra ácida de soja, mostrando que a adição continuada destes materiais, com base orgânica, pode propiciar uma elevação gradual dos teores de matéria orgânica no solo.

### **A3.4. CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos possibilitaram concluir que:

- a) A utilização de adubos orgânicos/resíduos, desde que convenientemente complementados com adubos minerais solúveis, possibilitou o adequado desenvolvimento das plantas;
- b) O efeito residual dos adubos orgânicos/resíduos foi baixo, não suprimindo adequadamente as necessidades de nutrientes da cultura subsequente;
- c) A adição de adubo orgânico/resíduos propiciou aumento dos teores de matéria orgânica do solo, nas maiores doses aplicadas; e,
- d) De maneira geral, observou-se resultados positivos, seja pela adição de nutrientes para as plantas ou pelo efeito não poluente ao ambiente, mostrando-se a aplicação no solo um importante meio de descarte de resíduos.

### A3.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTHAUS, D.; TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; TEIXEIRA, E.C. Utilização no solo de resíduos do processamento de óleo combustível (biodiesel). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33, 2011, Uberlândia. **Anais**. Uberlândia, MG, 2011. 1 CD-ROM.

BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F.A.O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2 ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 344p.

MEURER, E.J. **Fundamentos de química do solo**. 4 ed. Porto Alegre, EVANGRAF, 2010. Cap.5, p.107-148

SBCS/NRS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo / Núcleo Regional Sul. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2004. 394p.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/EMATER, 2008. 222p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Depto. de Solos, UFRGS, 1995. 174p.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST**: sistema de análise estatística para microcomputadores. Piracicaba: CIAGRI/ESALQ/USP, 1993. 138p.



### **A3.6. APÊNDICES**

**APÊNDICE A3.6.1.** Matéria seca da parte aérea da cultura do milho (efeito imediato) e da aveia (efeito residual) (g vaso<sup>-1</sup>)

Nº	Tratamento	Milho <sup>1)</sup>	Aveia
1	Testemunha	5,29 def <sup>2)</sup>	1,39
2	N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	8,96 cdef	-
3	N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	21,41 abcde	-
4	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	31,05 a	0,72
5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	37,52 a	-
6	N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	5,42 def	0,67
7	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	20,68 abcde	1,12
8	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	35,62 a	0,95
9	CA <sub>1</sub> (6 t)	9,42 bcdef	0,91
10	CA <sub>1</sub> (12 t)	25,45 abc	1,42
11	CA <sub>1</sub> (24 t)	38,34 a	1,79
12	VC <sub>1</sub> (20 t)	8,75 cdef	1,57
13	LC (20 t)	4,17 def	0,36
14	LC (20 t) + N <sub>2</sub> K	5,88 def	0,95
15	LC (20 t) + P <sub>3</sub> K	9,89 bcdef	1,89
16	LC (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	22,70 abcd	0,87
17	LA (20 t)	1,34 f	0,39
18	ETE <sub>1</sub> (20 t)	5,18 def	1,60
19	ETE <sub>2</sub> (20 t)	9,96 bcdef	2,81
20	AP (20 t)	3,36 ef	1,15
21	AP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	27,87 abc	0,30
22	SP (20 t)	3,84 def	0,65
23	SP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	28,68 ab	1,02
24	ETA (20 t)	3,51 def	0,70
25	ETA (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	26,56 abc	1,36
26	BS (23 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	29,54 a	2,36
CV (%)		28	-

<sup>1)</sup> Médias de duas repetições;

<sup>2)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (Teste de Tukey, p < 0,05).

**APÊNDICE A3.6.2.** Matéria seca da parte aérea da cultura da aveia com a aplicação de outros resíduos (sem repetição) (g vaso<sup>-1</sup>)

Nº	Tratamento	Adubado
1	Testemunha	1,32 <sup>1)</sup>
2	N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	2,14 <sup>1)</sup>
3	N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	6,01 <sup>1)</sup>
4	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	11,06
5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	17,41 <sup>1)</sup>
6	N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	2,08
7	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	15,10
8	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	16,78
9	CA <sub>2</sub> (6 t)	6,07
10	CA <sub>2</sub> (12 t)	8,44
11	CA <sub>2</sub> (24 t)	13,26
12	VC <sub>2</sub> (20 t)	3,92
13	HA (20 t)	1,91
14	HA (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	8,21
15	CE (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	10,76
16	CE (20 t) + P <sub>3</sub> K	2,66
17	CE (20 t) + N <sub>2</sub> K	4,60
18	CE (20 t)	2,09
19	PR (7,5 t)	2,94
20	PR (15 t)	0,98
21	PR (30 t)	1,57
22	ETE <sub>3</sub> (20 t)	0,83
23	ETE <sub>3</sub> (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	9,62
24	RI (20 t)	8,25
25	RIC (20 t)	5,77
26	BS (18 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	10,06

<sup>1)</sup> Médias de duas repetições.

**APÊNDICE A3.6.3.** Teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea da cultura do milho (efeito imediato) <sup>1)</sup>

Nº	Tratamento	----- g kg <sup>-1</sup> -----						----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn
1	Testemunha	7,1	1,0	14,3	4,6	5,4	1,1	2,8	34	199	52
2	N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	5,8	4,3	20,7	4,9	4,3	1,0	2,0	28	246	30
3	N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	4,3	2,8	13,6	4,2	4,1	0,9	1,4	32	129	36
4	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,2	1,9	9,4	4,0	4,0	1,0	1,3	24	124	37
5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	6,5	1,5	7,2	5,0	4,3	1,6	2,5	38	159	64
6	N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	11,3	0,9	23,5	4,1	3,1	1,5	5,1	36	352	115
7	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	5,7	1,3	11,6	4,3	3,2	1,0	2,4	25	313	100
8	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	6,6	1,6	9,2	4,9	4,0	1,2	1,9	30	145	61
9	CA <sub>1</sub> (6 t)	5,9	2,6	22,0	3,0	2,2	0,8	1,3	21	151	175
10	CA <sub>1</sub> (12 t)	5,8	3,1	18,1	2,4	2,2	0,8	1,4	25	235	152
11	CA <sub>1</sub> (24 t)	5,5	4,7	20,7	2,8	2,7	0,9	1,7	26	137	102
12	VC <sub>1</sub> (20 t)	5,8	4,5	17,6	3,9	2,8	0,8	2,4	25	311	139
13	LC (20 t)	8,1	1,2	12,0	6,9	4,7	1,1	4,4	33	194	75
14	LC (20 t) + N <sub>2</sub> K	8,9	1,1	22,1	4,3	3,4	1,1	4,1	38	156	41
15	LC (20 t) + P <sub>3</sub> K	5,7	3,3	24,0	3,3	3,4	0,9	1,9	30	216	37
16	LC (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	6,2	1,6	13,3	3,2	2,8	1,0	2,5	21	177	74
17	LA (20 t)	6,0	0,8	17,9	2,7	2,0	0,9	2,1	24	374	158
18	ETE <sub>1</sub> (20 t)	8,1	1,8	16,0	6,1	3,7	1,2	3,5	34	103	58
19	ETE <sub>2</sub> (20 t)	14,3	2,6	4,6	10,1	6,0	1,7	5,1	42	133	378
20	AP (20 t)	8,2	0,8	12,3	5,0	4,2	1,1	6,0	42	359	223
21	AP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,2	2,0	9,8	2,7	2,9	1,1	2,1	24	175	68
22	SP (20 t)	7,9	0,7	13,3	4,4	3,8	1,1	4,0	39	334	237
23	SP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,7	2,2	11,0	3,1	3,7	1,0	2,1	26	196	65
24	ETA (20 t)	6,4	1,1	13,0	5,0	4,0	1,0	4,4	31	354	119
25	ETA (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,3	1,7	11,5	2,5	2,8	0,9	1,7	19	131	52
26	BS (23 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,0	3,7	11,7	5,4	3,2	2,3	2,2	31	108	58
Teores considerados adequados <sup>2)</sup>		27	2	17	2	2	1	6	15	30	20
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		35	4	35	8	5	3	20	100	250	200

<sup>1)</sup> Médias de duas repetições;

<sup>2)</sup> Conforme SBCS/NRS (2004), para a cultura do milho.

**APÊNDICE A3.6.4.** Teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea da cultura da aveia (efeito residual)

Nº	Tratamento	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn
1	Testemunha	9,5	0,6	12,9	3,7	2,1	1,2	3,4	17	146	124
2	N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	15,1	4,0	17,5	6,1	3,1	1,5	4,8	27	179	294
5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	13,1	0,8	19,2	3,9	1,9	1,6	5,4	24	102	133
7	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	10,7	1,8	18,9	3,0	2,3	1,3	4,7	12	60	136
8	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	14,7	3,3	16,6	4,0	2,1	1,1	4,6	18	73	193
9	CA <sub>1</sub> (6 t)	14,0	1,6	16,1	3,8	1,9	1,1	4,5	19	111	214
10	CA <sub>1</sub> (12 t)	10,8	4,2	27,9	4,0	2,5	1,7	4,3	22	95	239
11	CA <sub>1</sub> (24 t)	10,9	3,6	16,9	3,3	2,1	1,2	2,5	16	59	135
12	VC <sub>1</sub> (20 t)	9,0	4,8	16,4	3,2	2,2	1,3	3,0	18	78	182
13	LC (20 t)	17,5	1,0	21,1	4,9	2,2	2,0	4,7	17	119	103
14	LC (20 t) + N <sub>2</sub> K	12,5	1,1	20,3	4,3	2,7	1,9	3,9	18	72	100
15	LC (20 t) + P <sub>3</sub> K	8,3	2,1	13,9	2,5	2,1	1,0	2,1	12	18	29
16	LC (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	12,1	0,8	12,0	2,7	1,7	0,9	2,2	9	16	78
17	LA (20 t)	18,0	0,6	10,8	2,6	1,3	1,5	3,1	21	0	131
18	ETE <sub>1</sub> (20 t)	11,0	1,4	13,5	5,2	2,6	1,8	3,6	14	30	74
19	ETE <sub>2</sub> (20 t)	10,9	1,6	8,3	4,6	1,0	2,1	1,3	18	23	137
20	AP (20 t)	12,2	0,8	20,5	2,9	1,5	1,4	3,9	22	111	191
21	AP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	18,6	3,8	25,4	4,3	2,6	1,5	4,2	22	268	206
22	SP (20 t)	14,0	0,8	25,5	2,6	1,8	1,6	6,6	29	151	174
23	SP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	9,7	2,0	20,3	2,9	1,9	0,9	2,7	12	146	181
24	ETA (20 t)	14,2	0,6	19,2	2,2	1,5	1,1	3,7	18	11	139
25	ETA (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	9,3	2,9	21,7	3,6	2,7	1,5	3,6	14	56	171
26	BS (23 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	10,7	6,1	16,3	6,0	2,3	6,4	4,5	18	54	117
Teores considerados adequados <sup>1)</sup>		20	2	15	2	1,5	1,5	5	15	40	25
		a	a	a	a	a	A	a	a	a	a
		30	5	30	5	5	5	25	70	150	100

<sup>1)</sup> Conforme SBCS/NRS (2004), para a cultura da aveia.

**APÊNDICE A3.6.5.** Teores de alguns nutrientes na matéria seca da parte aérea da cultura da aveia (após readubação e aplicação de resíduos)

N°	Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn
		----- g kg <sup>-1</sup> -----						----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
1	Testemunha <sup>1)</sup>	11,9	0,7	14,2	4,1	2,4	1,3	4,3	20	145	127
2	N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K <sup>1)</sup>	9,1	6,9	20,8	3,8	2,8	1,2	3,9	17	93	77
3	N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K <sup>1)</sup>	10,1	4,0	21,0	2,7	2,1	2,1	3,4	16	44	71
4	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	10,9	2,7	12,3	2,2	1,8	2,3	37,1	16	35	42
5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K <sup>1)</sup>	12,6	2,9	14,9	2,6	2,3	3,4	3,3	20	55	82
6	N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	22,3	0,9	22,0	2,3	1,5	3,7	7,2	33	88	131
7	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	11,2	1,0	9,6	2,1	2,2	3,7	3,6	16	37	87
8	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	11,0	1,8	12,2	2,4	2,2	3,7	4,2	18	39	73
9	CA <sub>2</sub> (6 t)	11,1	3,6	9,3	2,2	1,6	1,2	4,2	19	40	92
10	CA <sub>2</sub> (12 t)	11,1	4,5	10,3	2,1	2,1	1,2	3,5	18	38	79
11	CA <sub>2</sub> (24 t)	13,2	7,8	21,4	2,5	2,1	2,0	5,6	29	48	48
12	VC <sub>2</sub> (20 t)	9,7	10,2	20,7	2,9	2,5	1,9	4,6	20	58	40
13	HA (20 t)	13,5	1,8	17,5	3,7	2,9	3,3	4,5	20	49	38
14	HA (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	8,5	2,6	17,9	2,5	2,0	3,0	3,4	15	46	38
15	CE (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	7,9	3,1	14,6	2,7	2,3	3,1	3,6	16	53	26
16	CE (20 t) + P <sub>3</sub> K	11,4	5,2	14,1	2,9	2,4	2,5	3,4	17	50	57
17	CE (20 t) + N <sub>2</sub> K	11,4	1,0	13,1	1,9	1,4	1,7	3,6	12	41	63
18	CE (20 t)	12,5	2,1	13,7	4,8	2,3	2,0	3,3	15	47	68
19	PR (7,5 t)	10,0	1,8	8,1	4,0	1,7	1,9	1,8	14	37	114
20	PR (15 t)	11,0	1,8	21,5	3,5	2,1	1,8	4,2	25	74	252
21	PR (30 t)	11,8	5,3	22,9	3,8	2,7	1,5	4,9	21	70	217
22	ETE <sub>3</sub> (20 t)	24,9	0,9	23,5	3,8	1,6	2,9	7,8	18	80	83
23	ETE <sub>3</sub> (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	8,9	3,2	12,8	3,1	2,6	3,2	3,1	13	47	26
24	RI (20 t)	10,3	2,3	8,0	5,6	2,5	2,6	2,8	12	50	55
25	RIC (20 t)	9,9	4,8	13,6	5,5	2,6	2,9	3,9	20	63	103
26	BS (18 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	11,3	5,4	10,9	4,8	2,7	6,1	4,2	24	57	66
Teores considerados adequados <sup>2)</sup>		20	2	15	2	1,5	1,5	5	15	40	25
		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		30	5	30	5	5	3	25	70	150	100

<sup>1)</sup> Médias de duas repetições;

<sup>2)</sup> Conforme SBCS/NRS (2004), para a cultura da aveia.

**APÊNDICE A3.6.6. Análise do solo após o cultivo do milho**

N°	Tratamento	pH	- mg dm <sup>-3</sup> -			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		
			P	K	Ca	Mg	H	CTC
1	Test.	6,4	3	20	1,4	0,6	1,4	3,4
2	N <sub>0</sub> P <sub>3</sub> K	6,4	16	25	1,7	0,8	1,6	4,1
3	N <sub>1</sub> P <sub>3</sub> K	6,3	15	18	1,4	0,5	1,6	3,5
4	N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	6,1	13	21	1,4	0,5	1,4	3,3
5	N <sub>3</sub> P <sub>3</sub> K	5,6	15	18	1,2	0,4	4,4	6,0
6	N <sub>3</sub> P <sub>0</sub> K	5,5	3	19	1,0	0,3	1,6	2,9
7	N <sub>3</sub> P <sub>1</sub> K	5,6	8	19	1,0	0,3	1,4	2,7
8	N <sub>3</sub> P <sub>2</sub> K	5,5	10	23	1,1	0,4	1,7	3,3
9	CA <sub>1</sub> (6 t)	5,8	8	26	1,0	0,3	1,4	2,7
10	CA <sub>1</sub> (12 t)	5,8	14	39	1,0	0,3	1,6	3,0
11	CA <sub>1</sub> (24 t)	6,0	35	64	1,2	0,5	1,7	3,6
12	VC <sub>1</sub> (20 t)	6,0	46	25	1,6	0,4	1,7	3,8
13	LC (20 t)	5,9	37	14	1,1	0,3	1,7	3,2
14	LC (20 t) + N <sub>2</sub> K	6,0	20	26	1,4	0,4	2,2	4,1
15	LC (20 t) + P <sub>3</sub> K	6,3	25	30	1,3	0,5	1,7	3,6
16	LC (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,9	27	17	1,2	0,3	1,7	3,3
17	LA (20 t)	5,7	7	15	0,8	0,3	2,0	3,1
18	ETE <sub>1</sub> (20 t)	5,9	7	15	1,8	0,3	1,6	3,7
19	ETE <sub>2</sub> (20 t)	5,4	87	12	1,0	0,2	2,0	3,2
20	AP (20 t)	5,4	8	13	0,9	0,3	2,8	4,0
21	AP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,5	20	23	1,0	0,4	1,6	3,0
22	SP (20 t)	5,6	4	15	0,7	0,3	2,5	3,5
23	SP (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,6	12	26	0,9	0,4	2,2	3,6
24	ETA (20 t)	5,3	8	19	0,9	0,4	2,5	3,8
25	ETA (20 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,6	17	21	1,0	0,4	1,7	3,2
26	BS (23 t) + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K	5,5	27	21	2,7	0,1	1,4	4,2
Nível adequado <sup>1)</sup>		> 5,5	> 21	> 45	> 2,0	> 0,5	-	-

<sup>1)</sup> Conforme SBSC/NRS (2004); teores altos para P e K disponíveis.

**APÊNDICE A3.6.7.** Análise do solo de alguns tratamentos coletado após o cultivo da aveia

Determinação (unidade)	Amostra (Tratamentos) <sup>1)</sup>				
	1A	5A	11A	26A	26B
pH em água	6,1	5,4	6,1	5,5	5,5
P disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	3	22	84	38	20
K disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	18	20	47	21	25
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,5	4,5	4,5	7,7	4,8
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,2	2,8	1,6	1,6	1,6
Ca trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,7	1,3	2,4	5,9	3,1
Mg trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,4	0,7	0,2	0,1
S extraível (mg dm <sup>-3</sup> )	4	6	5	458	97
Zn extraível (mg kg <sup>-1</sup> )	2	2	11	2	2
Cu extraível (mg kg <sup>-1</sup> )	1	1	3	1	1
B extraível (mg kg <sup>-1</sup> )	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2
M.O. (%)	0,9	1,0	1,4	1,2	1,2

<sup>1)</sup> Tratamentos (A = efeito imediato da readubação e aplicação de resíduos e B = efeito residual da cultura anterior): 1 = Testemunha; 5 = N<sub>3</sub>P<sub>3</sub>K; 11 = CA<sub>2</sub> (24 t); 26 = BS (18 t) + N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K.