

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**CIÊNCIA DO SOLO**

**DISSERTAÇÃO**

**Aplicação Foliar de Nitrato e de Microorganismos  
Eficazes (EM) e Seus Efeitos Sobre a Partição de  
Nutrientes em Variedades de Milho (*Zea mays* L.)  
Cultivadas com Resíduo Industrial**

**Sérgio André de Souza Oliveira**

**2006**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
CIÊNCIA DO SOLO**

**APLICAÇÃO FOLIAR DE NITRATO E DE MICROORGANISMOS  
EFICAZES (EM) E SEUS EFEITOS SOBRE A PARTIÇÃO DE  
NUTRIENTES EM VARIEDADES DE MILHO (*Zea mays* L.)  
CULTIVADAS COM RESÍDUO INDUSTRIAL**

**SÉRGIO ANDRÉ DE SOUZA OLIVEIRA**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Sonia Regina de Souza**

*e Co-orientação do Professor*  
**Ricardo Luis Louro Berbara**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ  
Abril de 2006

633.15

O48a

T

Oliveira, Sérgio André de Souza, 1975-

Aplicação foliar de nitrato e de microorganismos eficazes (EM) e seus efeitos sobre a partição de nutrientes em variedades de milho (*Zea mays* L.) cultivadas com resíduo industrial / Sérgio André de Souza Oliveira. – 2006.

70 f.: il.

Orientador: Sonia Regina de Souza.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 63-67.

1. Milho – Adubos e fertilizantes – Teses. 2. Adubação foliar - Teses. 3. Fertilizantes nitrogenados – Teses. 4. Fertilizantes orgânicos – Teses. 5. Resíduos como fertilizantes – Teses. 6. Milho – Fisiologia. I. Souza, Sonia Regina, 1962-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO**

**SÉRGIO ANDRÉ DE SOUZA OLIVEIRA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19/04/2006.

---

Sonia Regina de Souza. Dr. UFRRJ

---

Manlio Silvestre Fernandes. Ph.D. UFRRJ

---

José Ronaldo Magalhães. Ph.D. Embrapa Gado de Leite

## DEDICATÓRIA

Ao “Eu Sou”, criador dos céus e da terra, em quem acredito e que nunca me abandonou em toda esta trajetória, ainda que em determinados momentos pudesse parecer.

Ao Serjão, meu paizão (*in memoriam*), pois estaria aqui comemorando orgulhoso este momento;

À Maria Lúcia, minha mamãe, que acredito estar com muito orgulho;

A meu bebê, minha obra-prima, Marianinha;

Às minhas famílias (Carol, Patrícia, Gustavo, Ana Rafaela e Serginho) e (Grazielle, Artur, Soninha e Felipe), pela minha ausência por diversas vezes para produzir este trabalho;

Aos meus familiares por tantas festas e encontros dos quais não participei em dedicação a esta obra;

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de agradecer a Deus, pelo milagre da vida, pois tudo começou pela Sua permissão.

A CAPES pela bolsa concedida, tornando possível este trabalho. A Fundação Mokiti Okada pelo material para estudo e pelas bolsas concedidas a diversos estudantes desta Universidade.

Minha Orientadora prof.<sup>a</sup> Sonia Regina, que foi incansável na minha orientação desde a graduação, acreditando em mim, moldando meu perfil profissional. Grande é minha admiração e o meu respeito pelo seu trabalho. E quanto trabalho eu te dei, hein professora? Tudo o que aprendi e conquistei aqui nesta Universidade tem um toque seu professora. Desde 1997 vem me orientando e com certeza devo tudo que aprendi. Um simples “muito obrigado” não seria nada para agradecer o que fizestes por mim, porém, é o mínimo que devo deixar relatado aqui. Obrigado também pela amizade construída nestes anos.

Prof. Ricardo Berbara, seu apoio foi fundamental. Sem ele, este trabalho não seguiria, pode acreditar. Seus conselhos também foram de grande importância, além das palavras de incentivo. Obrigado também por ter me aceitado como estudante de mestrado.

Mariam Lis, me sinto privilegiado em poder dizer que tive duas orientadoras... Este adjetivo também lhe serve... “puxões de orelha” bem dados na hora certa, palavras de apoio, além da ajuda no trabalho, que foi fundamental. Não tenho palavras para lhe agradecer tudo, mas muito obrigado.

Prof. Manlio, não poderia deixar de expressar meu agradecimento a esta pessoa de suma importância na Nutrição de Plantas em nosso país e pela qual tenho muita admiração e respeito. Obrigado pelos ensinamentos, amizade e pelos “puxões de orelha” também... e bem dados por sinal.

Prof.<sup>a</sup> Lúcia Helena, incansável em ajudar a resolver os problemas gerados por mim na pós... e que paciência! Obrigado por tudo professora...

Prof. Marcos Gervásio, pela eterna paciência comigo... teve papel fundamental no despertar para a implantação do experimento. Não esqueci, viu? Obrigado por suas sugestões e pelo incentivo.

Prof. Everaldo Zonta, ajudou muito elucidando com paciência várias dúvidas minhas. Obrigado pela ajuda ímpar.

Ao amigo Alexandre Bruno, meu vizinho, que por várias vezes consertou muito equipamento urgente, além de torcer por mim...

Carol, minha irmã caçula, trabalhou muito, moendo minhas amostras na casa do moinho, no solos, naquele calor seropedicense típico que todos conhecem que só perde para o “inferno”... Valeu Carol!

Mamãe, até tu ajudou, hein? Debulhou o milho comigo... Obrigado mãe!

Ao CPGA-CS e os secretários Lú, Marquinhos e Roberto que sempre estiveram me apoiando e ajudando.

E também não poderiam faltar a Prof.<sup>a</sup> Eliane de A. Borges, Rodrigo Lins de Oliveira (Digão), Anselmo, Carlos Bucher, Gláucio Genúncio, Marco André, Leandro Azevedo, Wallace Lima, Osmário, Victor, Bruno Aguiar, Marconi, Diego Brito, Érica Flávia, Bacis, Dionísio (ou Luciano), Fábio, Adriano, Irani e todos que ajudaram de alguma forma, quer seja nas análises, ou na estatística, nas interpretações dos artigos, nos apertos, na alegria, enfim, valeu pessoal... aos companheiros do alojamento da pós-graduação, na “ecologia”, pelo convívio e sofrimentos vividos neste período do trabalho.

*“O temor do Senhor é o princípio do saber,  
mas os insensatos desprezam a sabedoria e o ensino.”  
Salomão  
(Provérbios 1, 7)*

## **BIOGRAFIA**

Sérgio André de Souza Oliveira, nascido em 3 de junho de 1975 na cidade do Rio de Janeiro – RJ, concluiu o ensino fundamental e cursou parte do nível médio na cidade de Itaguaí (RJ) onde reside desde fevereiro de 1981, terminando o nível médio na cidade do Rio de Janeiro – RJ. Estudou, por três períodos, na antiga ETFQ-RJ (hoje CEFET-RJ) saindo para iniciar os estudos na universidade. Ingressou no curso de Agronomia na UFRRJ em 1995, e em 1997 iniciou na pesquisa científica como estagiário no Laboratório de Bioquímica de Plantas do Departamento de Química. Foi monitor da disciplina de Bioquímica e concluiu o curso em novembro de 2000, recebendo o título de engenheiro agrônomo. Foi professor substituto de Bioquímica entre novembro de 2003 e abril de 2005 do Departamento de Química da UFRRJ. Ingressou em março de 2004 no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do Solo da UFRRJ, sendo bolsista da CAPES.

## RESUMO

OLIVEIRA, Sérgio André de Souza. **Aplicação foliar de nitrato e de microorganismos eficazes (EM) e seus efeitos sobre a partição de nutrientes em variedades de milho (*Zea mays* L.) cultivadas com resíduo industrial.** 2006. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006.

Diferentes tratamentos com aplicações foliares de nitrato e de solução de microorganismos (EM) foram feitos em plantas de milho das variedades "Sol da manhã" e BRS 1010, visando avaliar o teor de nutrientes nas diferentes partes das plantas (vegetativa e reprodutiva). Foi avaliada também a possibilidade de utilização como corretivo agrícola de um resíduo industrial (RI), gerado a partir da produção de ácido lático. O resíduo apresenta elevado teor de cálcio em sua composição e foi comparado ao carbonato de cálcio usado como corretivo padrão. Foram feitas aplicações foliares de  $\text{N-NO}_3^-$  aos 56 e 80 dias após a germinação em doses equivalentes a  $40 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Aos 60 e 85 dias após a germinação foram feitas aplicações foliares de solução de EM ( $1 \text{ mL L}^{-1}$ ). A massa fresca das plantas e das espigas foi medida e realizadas as análises para quantificação do teor dos nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) nas partes vegetativa (colmo e folhas) e reprodutiva (pendão, palhada, sabugo e grãos). Realizou-se ainda a caracterização química do material de solo utilizado no experimento antes e após o plantio e a avaliação do teor de proteína bruta nos grãos maduros. Houve aumento do pH nas amostras de solo com a calagem e aplicação de RI. A variedade "Sol da manhã" se mostrou mais eficiente em remobilizar o N e o P para os grãos. A BRS 1010 teve maior teor de K, Ca e Mg nos grãos quando recebeu EM e carbonato de cálcio. As plantas tratadas com o resíduo industrial produziram mais massa fresca, não ocorrendo o mesmo para as espigas. A variedade "Sol da manhã" quando recebeu EM via foliar apresentou um aumento no teor de proteína bruta dos grãos superior à adubação níttrica, quando cultivada com o resíduo industrial. A aplicação foliar de EM se mostrou promissora como alternativa à adubação níttrica visando ao aumento da proteína dos grãos de milho, como nas condições desse experimento.

**Palavras chave:** Adubação níttrica e biológica, proteína dos grãos, Ferkal<sup>®</sup>.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Sérgio André de Souza. **Nitrate and effective microorganisms (EM) foliate application and the effects on the nutrient partition in corn varieties (*Zea mays* L.) cultivated with industrial residue.** 2006. 70f. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science) Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006.

Nitrate and the microorganism solution (EM), in different treatments, were applied to the foliage of the “Sol da manhã” and BRS 1010 corn varieties, in order to evaluate nutrients level in different parts of the plants (vegetative and reproductive). It was also evaluated the possibility of the usage of an industrial residue, generated from the production of lactic acid, as an agricultural corrective. The residue has a high content of calcium in its composition and it was compared to calcium carbonate generally used as liming. Foliar applications of  $\text{N-NO}_3^-$  were made in the 56<sup>th</sup> and 80<sup>th</sup> days after the plants germination, in equivalent doses to  $40 \text{ kg N ha}^{-1}$ . At 60 and 85 days after the germination, foliar EM solutions ( $1 \text{ mL L}^{-1}$ ) were applied. Fresh corn plant mass and corncobs were measured and accomplished their analysis for quantification of nutrients content (N, P, K, Ca, and Mg) in the vegetative parts (stem and leaves) and reproductive (corn tassel, fodder, horn and grains). The soil material used in the experiment was chemically characterized before and after the planting. The corn grains crude protein content was also evaluated. There was an increase of soil pH with liming and with application of the industrial residue. “Sol da manhã” variety was more efficient to remobilize N and P to the grains. BRS 1010 had a higher level of K, Ca, and Mg in the grain, when it was fertilized with EM and calcium carbonate. Plants treated with the industrial residue had higher production of fresh biomass, which did not happen for the corncob. “Sol da manhã” variety, when receiving EM by the foliage, showed a higher increase in grains crude protein than for nitric fertilization, when cultivated with the industrial residue. The EM foliar application is a promising alternative to the nitric fertilization, aiming the increase of corn grains protein, as in the conditions of this experiment.

**Key words:** Chemical and biological fertilization, grains protein, Ferkal<sup>®</sup>.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
2.1 O Milho.....	4
2.2. Absorção e Partição de Nitrogênio com a Aplicação Foliar e no Solo de Nitrato	5
2.3. Solução de Microorganismos Eficazes (EM) .....	10
2.4. Calagem em Milho .....	11
2.5. Resíduos Industriais.....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
3.1. Montagem e Condução do Experimento .....	14
3.2. Coleta e Preparo das Amostras.....	16
3.3. Análises no Material Vegetal .....	16
3.3.1. Determinação do teor de nitrogênio e proteína bruta dos grãos .....	16
3.3.2. Determinação do teor de fósforo .....	16
3.3.3. Determinação do teor de potássio.....	17
3.3.4. Determinação do teor de cálcio e magnésio .....	17
3.4. Delineamento Experimental .....	17
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	18
4.1. Análise do Solo.....	18
4.2. Massa Fresca e Seca das Plantas .....	20
4.3. Teores de Nitrogênio .....	22
4.4. Teores de Fósforo .....	30
4.5. Teores de Potássio .....	37
4.6. Teores de Cálcio.....	44
4.7. Teores de Magnésio.....	52
4.8. Proteína Bruta dos Grãos.....	59
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	61
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	62
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	63
<b>8. ANEXOS</b> .....	68

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características das variedades de milho “Sol da manhã” e BRS 1010.....	5
<b>Tabela 2.</b> Massa fresca da parte aérea sem a espiga ( $\text{g.vaso}^{-1}$ ) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	20
<b>Tabela 3.</b> Massa seca da parte aérea sem a espiga ( $\text{g.vaso}^{-1}$ ) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	21
<b>Tabela 4.</b> Massa seca dos grãos ( $\text{g vaso}^{-1}$ ) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	22
<b>Tabela 5.</b> Teor de nitrogênio ( $\text{mg N g}^{-1}$ de massa seca) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	23
<b>Tabela 6.</b> Teor de nitrogênio ( $\text{mg N g}^{-1}$ de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	24
<b>Tabela 7.</b> Teor de nitrogênio ( $\text{mg N g}^{-1}$ de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	25
<b>Tabela 8.</b> Acúmulo de nitrogênio ( $\text{mg N vaso}^{-1}$ ) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	28
<b>Tabela 9.</b> Teor de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	31
<b>Tabela 10.</b> Teor de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	32
<b>Tabela 11.</b> Teor de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) na parte reprodutiva masculina (pendão) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	33

<b>Tabela 12.</b> Teor de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	34
<b>Tabela 13.</b> Acúmulo de fósforo ( $\text{mg vaso}^{-1}$ ) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	35
<b>Tabela 14.</b> Teor de potássio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	38
<b>Tabela 15.</b> Teor de potássio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	39
<b>Tabela 16.</b> Teor de potássio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) na parte reprodutiva masculina (pendão) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	40
<b>Tabela 17.</b> Teor de potássio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	41
<b>Tabela 18.</b> Acúmulo de potássio ( $\text{mg vaso}^{-1}$ ) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	42
<b>Tabela 19.</b> Teor de cálcio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	45
<b>Tabela 20.</b> Teor de cálcio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	46
<b>Tabela 21.</b> Teor de cálcio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) na parte reprodutiva masculina (pendão) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	47
<b>Tabela 22.</b> Teor de cálcio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	48

<b>Tabela 23.</b> Acúmulo de cálcio ( $\text{mg vaso}^{-1}$ ) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	50
<b>Tabela 24.</b> Teor de magnésio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM). .....	53
<b>Tabela 25.</b> Teor de magnésio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	54
<b>Tabela 26.</b> Teor de magnésio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) na parte reprodutiva masculina (pendão) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	55
<b>Tabela 27.</b> Teor de magnésio ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	56
<b>Tabela 28.</b> Acúmulo de magnésio ( $\text{mg vaso}^{-1}$ ) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema da absorção e assimilação de nitrogênio em plantas. ....	8
<b>Figura 2.</b> Cronograma do cultivo das variedades de milho (BRS 1010 e "Sol da manhã")....	15
<b>Figura 3.</b> Temperaturas máximas e mínimas (°C) e intensidade luminosa (Horas dia <sup>-1</sup> ) durante o período de cultivo das variedades de milho “Sol da manhã” e BRS 1010.....	19
<b>Figura 4.</b> Teor de proteína bruta dos grãos de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO <sub>3</sub> ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) e microorganismos eficazes (EM). ....	59

## 1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal importante na estratégia alimentar humana, pois além de servir como alimento diretamente ao homem, é a fonte de proteína mais utilizada nas rações de animais.

No Brasil, a safra de milho alcançou em 2003/2004 a marca de 42 milhões de toneladas, colocando o país em terceiro lugar na produção mundial de milho (Brum, 2005).

O aumento da produtividade do milho e das culturas em geral tem sido buscado de forma intensa, devido tanto ao crescimento da população mundial como pela diminuição das terras agricultáveis, pela ocupação desordenada, poluição ocasionada pelo homem como também pelo de práticas agrícolas inapropriadas.

O uso inadequado da terra, ao longo de toda a história da agricultura no Brasil, associado às restrições ambientais, tem afetado a produção agrícola, limitando o uso de culturas menos adaptadas e conseqüentemente estimulando a seleção de espécies e variedades mais eficientes no uso de nutrientes.

Dentre as alternativas conhecidas visando ao aumento da produtividade agrícola, o melhoramento genético tem sido um dos mais utilizados. A variabilidade genética é um dos principais recursos que a ciência dispõe para enfrentar o desafio imposto pela modernização da agricultura, com seus pacotes tecnológicos e o sistema de monocultivo. O milho é, provavelmente, a espécie vegetal que conta com uma das maiores variabilidades genéticas dentre as plantas cultivadas (Paterniani, 2000), o que possibilita a seleção e melhoramento de genótipos para as diferentes condições ambientais brasileiras.

Aumentar a produtividade nem sempre é possível, porém pode ocorrer o aumento da proteína do grão, e esse já é um resultado de grande importância para a alimentação, uma vez que, os cereais são importantes fontes de proteína na alimentação. A principal forma para promover esse aumento do teor de proteína dos cereais está vinculada principalmente à adubação nitrogenada em época adequada. Segundo Souza et al. (1993; 1998) a suplementação nitrogenada via foliar em arroz, se constitui numa prática conveniente e rápida para melhorar o crescimento da planta, para modificar a quantidade e qualidade das proteínas das sementes, além de corrigir deficiências nutricionais em fase da cultura onde a aplicação no solo não seria viável.

A adubação nitrogenada via foliar, é uma prática de uso racional de fertilizantes, já que estes são os grandes vilões dos processos de salinização dos solos. O uso indiscriminado de fertilizantes minerais vem ocasionando sérios problemas no ambiente, principalmente ocasionando a contaminação das águas dos lençóis freáticos.

Não somente os adubos minerais, mas outros resíduos produzidos pelo homem através de processos industriais, vêm sendo lançados no ambiente de forma inadequada e promovendo a diminuição das terras agricultáveis e a contaminação de cursos de água. Sendo assim, existe a necessidade de se direcionar o correto uso dos resíduos industriais, uma vez que estes produtos poluem o meio ambiente.

Estudos vêm mostrando que muitos destes resíduos podem ser beneficiados através de procedimentos simples e de baixo custo, permitindo que possam ser utilizados para fins agrícolas (Malheiros et al., 2004; Freitas et al., 2004). O lodo de esgoto proveniente das ETES (Estação de Tratamento de Esgoto) tem sido o resíduo mais estudado, face à concentração do grande número de pessoas que vivem nos grandes centros urbanos, e que geram um grande volume desse material. Sendo assim, é preciso encontrar formas de se aproveitar resíduos de diversas origens, ainda que necessário um processo de beneficiamento, de um tratamento,

para um destino que não venha a causar impactos ambientais como o ocasionado no Tietê, em São Paulo, na baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, dentre outros.

Em vista de uma melhor qualidade do ambiente e menor custo de produção, estudos têm buscado na natureza, alternativas para o uso dos adubos minerais, cuja produção demanda elevado consumo de energia e, em consequência, elevado custo de fabricação. Há a necessidade urgente de se produzir alimentos com menor gasto de energia. O uso de fertilizantes naturais que tenham efeito similar aos adubos minerais é um desafio ao modelo agrícola das décadas passadas conhecido como “revolução verde”, onde a proposta era o aumento da produtividade gerado pelo uso de fertilizantes.

Produtos como o “biofertilizante”, que é produzido a partir de esterco bovino, vêm sendo utilizados em grande escala nas culturas em geral, como um insumo alternativo para adubação, controle de pragas dentre outros. Um “inoculante microbiano” produzido a partir de microorganismos de solo pela Fundação Mokiti Okada tem sido utilizado como adubo e até para controlar pragas e o mau cheiro de instalações em criações de animais. Diversos países como Japão, Vietnã, China estudam diversas formas de utilização deste “inoculante” conhecido como EM (Effective microorganisms) na agricultura.

O uso de EM promoveria a maior eficiência das plantas na utilização dos adubos disponibilizados a elas, uma vez que estes aumentam a atividade dos organismos do solo, e contribuem para modificar a estrutura do solo de forma a melhorar as condições de desenvolvimento das plantas.

Nesta última década, a sociedade, de forma geral, tem se preocupado com uma melhor qualidade de vida, na busca de uma alimentação mais saudável, promovendo um aumento no consumo de produtos orgânicos e a estabilidade destes produtos no mercado, principalmente nos grandes centros.

A agricultura natural tem evoluído muito quanto às técnicas utilizadas para o cultivo de seus produtos, principalmente pela visão de buscar o equilíbrio do sistema de cultivo. O uso de produtos naturais além de proporcionar um mínimo de impacto ambiental, promove condições de produtividade regular ao longo do tempo. O solo, que é a base de sustentação da produtividade, se beneficia com esse tipo de técnica, uma vez que esse manejo beneficia a atividade microbiana do solo. A atividade microbiana é importante principalmente pelo fato de ser fundamental no processo de ciclagem de nutrientes do solo. Um dos fatores que regulam essa atividade é o pH. Os microorganismos necessitam de uma faixa ideal de pH para o seu melhor desenvolvimento.

Assim como os microorganismos, a disponibilidade da maioria dos nutrientes das plantas é maior quando o pH do solo encontra-se na faixa entre 5,5 - 6,5. Na maior parte do Brasil, o pH do solo tende a ser ácido, o que dificulta a disponibilidade dos nutrientes às plantas. Logo, é necessária a correção da acidez do solo, a fim de aumentar a disponibilidade dos nutrientes. Essa correção é uma prática comum e necessária na maioria dos solos do Brasil, e é conhecida como calagem. A realização da calagem é feita com produtos que contenham em sua composição química óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e/ou magnésio (De-Polli et al. 1988).

O milho, em função da sua domesticação, tornou-se uma cultura exigente, tendo uma faixa de pH ideal para o seu desenvolvimento, sendo bastante responsiva à prática da calagem como também à adubação, principalmente a nitrogenada.

O processo de seleção e melhoramento de variedades permitiu que as espécies domesticadas se adaptassem a condições diversificadas. O milho é um exemplo de espécie que apresenta variabilidade genética tanto intra como intervariedades. Essa variabilidade permite que ele possa ser cultivado em diferentes condições. Há plantas de milho com diferentes características, com variação, por exemplo, de altura, número de folhas, cor e sabor dos grãos, resistentes ou não à falta ou ao excesso de água, sensíveis ou tolerantes às diversas

pragas e doenças ou à carência de determinados nutrientes no solo e, finalmente, com maior ou menor produção de grãos (Weid & Soares, 1998).

O desejável são plantas eficientes, que consigam produzir melhor com o mínimo possível de insumos e água, uma vez que esses recursos estão cada vez mais escassos no planeta.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a distribuição de nutrientes em duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), submetidas a aplicações foliares de nitrato em comparação com aplicações foliares de EM. Avaliou-se também a possibilidade do uso de um resíduo industrial, como insumo agrícola, dando um destino nobre a esse material e contribuindo assim para a produção eficiente de alimentos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O Milho

Dentre os cereais cultivados no mundo, o milho encontra-se em terceiro lugar, vindo após o trigo e o arroz. Sua importância não é somente pelo fato de ser produzido em grande volume e extensas áreas de cultivo, mas se deve também ao papel sócio-econômico que esta cultura representa. Diversos estudos realizados têm indicado que o milho tem sua origem e domesticação nas Américas, não havendo evidências arqueológicas ou outra qualquer da presença do milho no Velho Mundo, antes do descobrimento da América (Machado & Paterniani, 1998).

Quando Cristóvão Colombo chegou a América, o milho, dentre os diversos vegetais, era utilizado como base alimentar dos indígenas que aqui viviam e era cultivado desde a Argentina até o Canadá (Canecchio Filho & Almeida, 1973).

A família das gramíneas, à qual pertence o milho, compreende várias espécies agrupadas em cerca de vinte tribos. O milho pertence à tribo *Maydeae*, cuja principal característica é apresentar plantas monóicas, isto é, plantas que possuem inflorescências masculinas e femininas separadas na mesma planta. A tribo *Maydeae* compreende cinco gêneros asiáticos e dois americanos, sendo estes *Zea* e *Tripsacum*. Pertencentes ao gênero *Zea*, encontra-se o milho (*Zea mays*) e espécies de teosinte (*Zea mexicana*, *Zea perennis*, *Zea diploperennis*) gramíneas selvagens nativas do México, que, acredita-se já ter sido utilizada como alimento pelos povos primitivos (Machado & Paterniani, 1998).

O milho foi cultivado em praticamente todo o continente americano, sendo que as técnicas de cultivo, os processos, os tipos de alimentos preparados e o destino e a utilização das diversas partes da planta variavam entre os povos.

No Brasil o milho é considerado uma cultura de integração nacional, pelo fato de ser uma planta cultivada em todo o país. Com a colonização, o milho Cateto, utilizado na agricultura das tribos Tupis, e o milho Cristal, cultivado pelos índios Guaranis, passaram a ser plantados pelo homem branco. Os Guaranis ainda cultivavam os milhos Pipoca, de grãos redondos e pontudos, que também foram adotados pelos colonizadores (Paterniani, 2000).

Em função da importância do milho na estratégia alimentar neste experimento foram escolhidas duas variedades com características distintas, a "Sol da manhã" – *NitroFlint* (BRS 4157) e a BRS 1010.

A variedade "Sol da Manhã" foi melhorada para a agricultura familiar, sendo desenvolvida dentro de um enfoque participativo e integrado, dos centros de pesquisa da Embrapa Agrobiologia e Embrapa Milho e Sorgo. Caracteriza-se como uma variedade de ciclo precoce, de grãos duros e semi-duros, de endosperma alaranjado com segregação para branco e predomínio dos germoplasmas Cateto, Eto e Duros do Caribe. A variedade "Sol da Manhã" foi formada a partir de 36 populações das Américas Central e Sul, adaptada a solos de baixa fertilidade natural e eficiente no uso de nitrogênio (Machado, 1997). Esta variedade foi selecionada com o objetivo de atender aos agricultores que têm problemas de estresse no solo relacionados à deficiência de nitrogênio. Os vários ciclos de seleção dessa variedade foram realizados em ambientes com baixa fertilidade natural e com baixos níveis de nitrogênio.

Trabalhos de pesquisa realizados com a variedade Sol da Manhã demonstram um alto potencial produtivo e eficiência no uso de nitrogênio (Majerowicz et al., 2002; Machado et al., 2001). A Tabela 1 descreve algumas características das variedades de milho "Sol da manhã" e BRS 1010.

**Tabela 1** Características das variedades de milho “Sol da manhã” e BRS 1010.

Características	Variedades	
	Sol da manhã	BRS 1010
Florescimento	65 dias	61 dias
Maturação	130 dias	126 dias
Altura da planta	220 cm	198 a 207 cm
Altura da espiga	120 cm	101 a 108 cm
Tipo de grão	duro e semi-duro	semi-duro
Cor do endosperma	Alaranjado segregando para o branco	Laranja

Fonte: <http://www.cnpms.embrapa.br/produtos/produtos/sol.html> e <http://www.cnpms.embrapa.br/produtos/produtos/brs1010.html>.

A BRS 1010 é um híbrido simples de milho que apresenta adaptação ampla às regiões Sudeste, Centro-Oeste, norte do Paraná, sudoeste da Bahia e sul dos estados do Maranhão e do Piauí. A planta apresenta boa sanidade, boa resistência ao acamamento e ao quebramento, grãos laranja-avermelhados (coloração única no mercado) e espigas bem empalhadas.

Além das características apresentadas na Tabela 1, o BRS 1010 é resistente à *Phaeosphaeria* e moderadamente resistente à mancha de *Cercospora*, (duas das principais doenças da cultura do milho), sendo ainda de ciclo precoce, características que vêm sendo preferidas pelo mercado.

O híbrido BRS 1010 tem mostrado alta eficiência na utilização de fósforo (Machado et al., 2001b) reduzindo os riscos causados pelos veranicos e contribuindo para maior estabilidade de produção. A população de plantas recomendada varia de 55 a 60 mil por hectare. Tem como ponto forte a alta produtividade aliada à sanidade de plantas.

## 2.2. Absorção e Partição de Nitrogênio com a Aplicação Foliar e no Solo de Nitrato

O nitrogênio (N) é um dos elementos cuja deficiência mais afeta o crescimento dos vegetais, por isso, é um dos nutrientes mais requeridos pelas plantas.

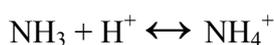
Junto ao N, o carbono (C), o oxigênio (O) e o hidrogênio (H) são os principais constituintes das biomoléculas. O nitrogênio, em relação aos adubos, tende a ser o de preço mais elevado, pois sua industrialização requer diversas etapas que tornam seu custo de fabricação alto quando comparado aos demais nutrientes. A quantidade de N colocado à disposição das plantas, além de estar diretamente relacionado aos custos da produção, afeta o desenvolvimento vegetal e, em consequência, a qualidade e a quantidade da produção (McCullough et al., 1994; Uhart & Andrade, 1995).

Redinbaugh & Campbell (1991) caracterizaram o íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) como responsável em acelerar as mudanças no metabolismo e o desenvolvimento da planta em resposta à disponibilidade flutuante dessa fonte de N.

Em função da importância do N em seu desenvolvimento, as plantas desenvolveram complexos sistemas de absorção, transporte e assimilação de N para, além de otimizar o gasto de energia, evitar também a perda do nutriente.

No solo, o N pode existir tanto em forma orgânica como mineral. As formas minerais mais comuns de N nos solos são a nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) e a amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ).

Quase todo o N mineral existente nos solos se encontra disponibilizado para as plantas, e é oriundo da mineralização da matéria orgânica. A matéria orgânica do solo ao se decompor, promove a liberação de aminoácidos, moléculas constituintes de proteínas, que são rapidamente desaminados liberando amônia ( $\text{NH}_3$ ) para a solução do solo. Uma vez no solo a amônia é acidificada e transformada em amônio ( $\text{NH}_4^+$ ):



Em condições de solo fértil, a maior parte do N absorvido pelas plantas está na forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ), face à conversão do amônio a nitrato ( $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$ ) por bactérias nitrificadoras. Esses organismos são mais ativos quando o pH do solo encontra-se na faixa de 6,0 - 7,0, enquanto que, em solos ácidos com pH abaixo de 5,0, solos alagados ou secos e sob baixa temperatura, as bactérias nitrificadoras são pouco ativas (Marin et al., 1999). Além desses fatores, existem ainda produtos que regulam este processo de conversão do  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NO}_3^-$ , sendo conhecidos como inibidores de nitrificação (Victoria et al., 1988).

Apesar do  $\text{NO}_3^-$  ser mais móvel do que o  $\text{NH}_4^+$  no solo, ele está mais disponível para as plantas e sua disponibilidade pode ser reduzida pelos processos de desnitrificação e lixiviação. Paralelamente os íons  $\text{NH}_4^+$ , embora sejam relativamente imóveis devido a sua atração por sítios de troca catiônica de partículas do solo, podem ser os mais disponíveis em solos com baixo pH e maior precipitação (Stevenson & Cole, 1999).

As plantas podem absorver N tanto da solução do solo como de aplicações foliares. A adubação via foliar de N é mais eficiente do que a aplicação no solo, em termos de porcentagem de absorção de N aplicado (recuperação superior a 80%) (Alexander & Schroeder, 1987), mas a necessidade de múltiplas aplicações de soluções bastante diluídas para fornecer o N necessário à planta, torna-o anti-econômico como método primário de fertilização.

O nutriente aplicado foliarmente deve passar pela cutícula, formada pela deposição de cutina, que recobre a superfície foliar impermeabilizando parcialmente a folha e impedindo a livre movimentação de água e solutos. Os estômatos também podem permitir a passagem de soluções, desde que seja utilizado um surfatante ou espalhante adesivo que diminua a tensão superficial da solução, além de favorecer uma distribuição mais uniforme sobre a superfície foliar. A participação dos estômatos na penetração de soluções, no entanto, é irrelevante em comparação com a superfície cuticular. Outros íons penetram as células foliares mais rapidamente quando aplicados com uréia do que se aplicados sozinhos, pois, segundo Harper (1984) a uréia altera a permeabilidade da cutícula.

Uma vez vencida a barreira cuticular, o N aplicado foliarmente na forma de  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{N-NO}_3^-$  ou uréia, encontra-se no apoplasto do mesófilo foliar que inclui o espaço livre, inclusive o da parede celular. A solução nitrogenada proveniente da aplicação foliar entra em contato com a solução iônica fornecida continuamente através do fluxo respiratório e distribuída pelas delicadas ramificações dos vasos. Na membrana plasmática ocorre então a absorção de íons e moléculas provenientes do apoplasto (Fernandes & Souza, 1990).

Como na absorção radicular, a penetração foliar de uréia pode ser seguida pela subsequente hidrólise via Urease, provavelmente o mecanismo predominante de incorporação, ou ser incorporada diretamente no metabolismo, como molécula intacta. Uma possível via metabólica para a uréia é a reversão do clássico ciclo da uréia - ornitina, que permitiria a assimilação de uréia sem prévia hidrólise a  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{CO}_2$  (Harper, 1984).

A absorção de N pelas plantas em ambas as formas ( $\text{NO}_3^-$  ou  $\text{NH}_4^+$ ) é realizada por processos dependentes de energia. No caso do  $\text{NH}_4^+$  a absorção é passiva e a do  $\text{NO}_3^-$  é um processo ativo. Absorção ativa e passiva são definições utilizadas para designar se a absorção dos íons é contra o gradiente de potencial eletroquímico (ativa) ou a favor do gradiente (passiva). No transporte passivo, como no caso de muitos cátions, o uso de energia metabólica no processo de transporte não é direto (energia aplicada no transportador), mas indireto, quando a energia é usada (via hidrólise de ATP pelas bombas de prótons) para gerar eletrogenicidade nas células, e formar gradientes de  $\text{H}^+$  ( $\Delta\mu \text{H}^+$ ) através da plasmalema.

Para absorver o  $\text{NO}_3^-$  existem dois sistemas de transporte na membrana celular: o de alta afinidade (HATS - high affinity transport system) e o de baixa afinidade (LATS - low affinity transport system) (Glass et al., 2001; Forde, 2000). O transporte através destes sistemas é regulado pela quantidade de nutriente disponível à planta. Os HATS funcionam

quando a concentração de  $\text{NO}_3^-$  na solução (do solo ou nutritiva) é baixa, e os LATS, quando a concentração é alta.

O N que foi transportado para o citossol está absorvido, porém ainda não foi assimilado. O N na planta pode ser distribuído por todas as partes, pois este nutriente é móvel nos vegetais. Esse fato confere a planta clorose nas folhas mais velhas, em condições de deficiência de N.

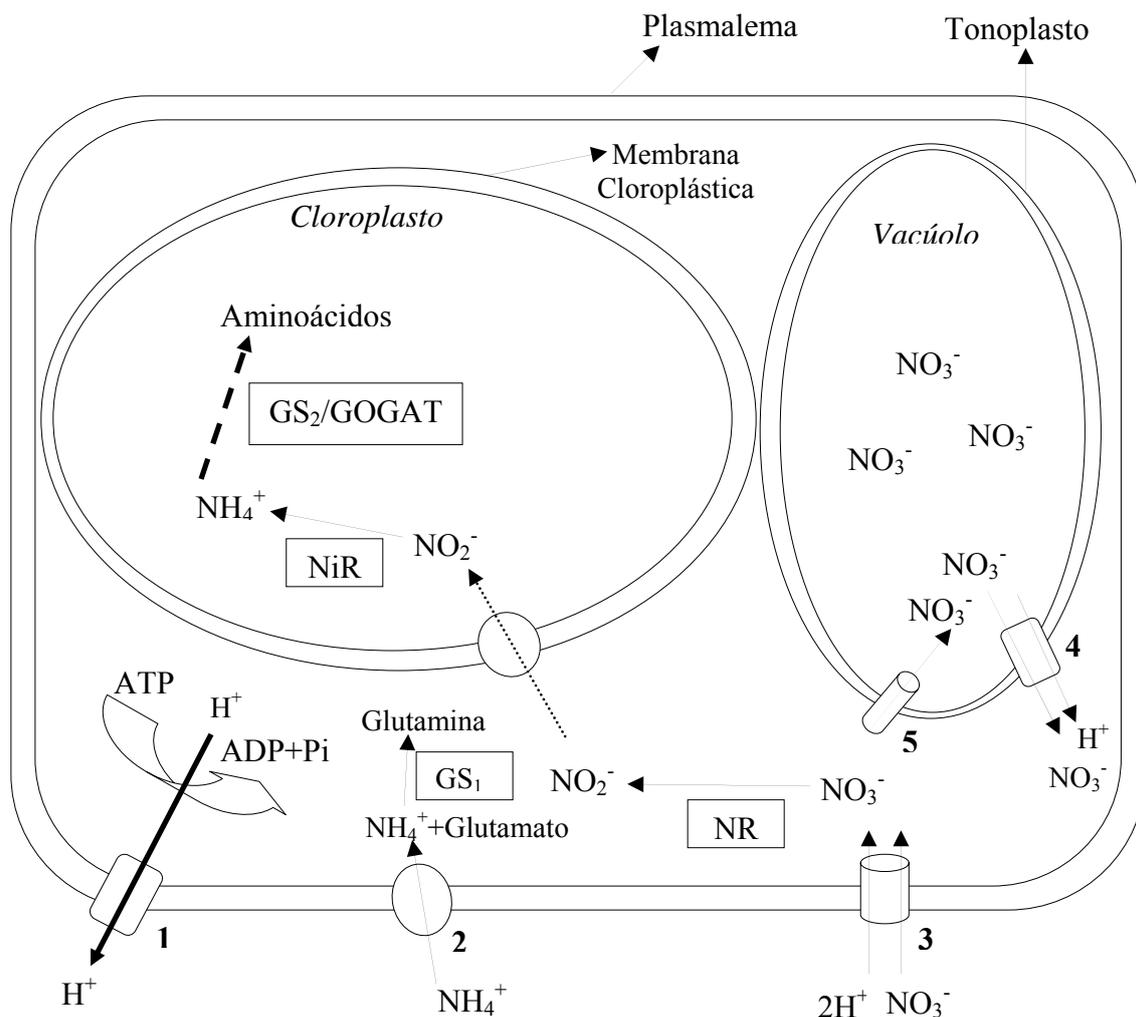
O  $\text{NO}_3^-$  que foi absorvido pode ser armazenado no vacúolo, porém, para ser assimilado, deve ser reduzido a  $\text{NH}_4^+$ . Enquanto o  $\text{NH}_4^+$  absorvido já está na forma apta a ser incorporada a esqueletos de carbono e, uma vez absorvido, deve ser rapidamente assimilado. Para ser assimilado, o íon deve ser incorporado a uma molécula (esqueleto de carbono).

O processo de redução do  $\text{NO}_3^-$  ocorre no citossol, enquanto a incorporação em esqueletos de carbono do  $\text{NH}_4^+$  pode ocorrer no citossol ou nos cloroplastos e plastídios. Estes processos se dão em locais diferentes em função da localização das enzimas responsáveis. A redução do  $\text{NO}_3^-$  a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) inicia no citossol pela enzima Nitrato redutase (NR). A elevada atividade da NR implica em grande demanda de poder redutor e na mobilização de esqueletos de carbono (Souza et al., 1999).

A NR é uma enzima de importância fundamental no processo de assimilação de N pelas plantas e tem uma atividade mais forte nas folhas durante o período luminoso. O estado típico de ativação na luz é de aproximadamente 70-90%, enquanto que no escuro de 10-30%. No entanto, a luz não pode ser considerada um sinal direto para a ativação da enzima, pois sob contínua luz forte e baixa concentração de  $\text{CO}_2$ , a NR fica inativa, ou seja, a fotossíntese é necessária para a ativação da enzima NR e, provavelmente, os assimilados exportados do cloroplasto atuam como sinais (Taiz & Zeiger, 2004). Em plantas de milho supridas com  $\text{NO}_3^-$ , apenas 30% do total é absorvido, reduzido nas raízes e o restante, na parte aérea (Wirén et al., 2000).

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) produzido pela NR, é direcionado para o cloroplasto (plastídio) sendo reduzido a  $\text{NH}_4^+$  pela Nitrito redutase (NiR). Em plantas  $\text{C}_4$  a NR e a NiR estão localizadas nas células do mesófilo e ausentes na bainha vegetal (Vaughn & Campbell, 1988).

O  $\text{NH}_4^+$  absorvido pela planta ou proveniente da redução do nitrato é incorporado em uma molécula de glutamato pela enzima Glutamina sintetase ( $\text{GS}_1$  no citossol e  $\text{GS}_2$  nos cloroplastos e plastídios) que transforma o glutamato (5C:1N) em uma glutamina (5C:2N). Em seguida, a enzima Glutamato sintase (GOGAT) retira uma amina da glutamina e a transfere a uma molécula de  $\alpha$ -cetoglutarato (também conhecido como 2-oxoglutarato) (5C:0N), proveniente do ciclo de Krebs, sendo então produzidas duas moléculas de glutamato (5C:1N). Uma dessas moléculas pode voltar e ser utilizada na assimilação de outro  $\text{NH}_4^+$  e a outra pode ser utilizada em outras vias metabólicas. A Figura 1 ilustra a absorção e assimilação do N.



**Figura 1.** Esquema da absorção e assimilação de nitrogênio em plantas.

1 –  $H^+$ -ATPase; 2 – Transportador de  $NH_4^+$ ; 3 e 4 – Transportador de  $NO_3^-$ ; 5 – Canal de  $NO_3^-$ ; NR – Nitrato Redutase; NiR – Nitrito Redutase;  $GS_1$  – Glutamina Sintetase Citossólica;  $GS_2$  – Glutamina Sintetase Cloroplástica; GOGAT – Glutamato Sintase.

O processo de absorção e assimilação de N é dependente da fotossíntese tanto pela energia e poder redutor, como também pelos esqueletos de carbono ( $\alpha$ -cetoglutarato) gerados a partir da degradação de carboidratos.

Uma adubação excessiva de N, na forma amoniacal, diminui o desenvolvimento da planta, pois N na forma  $NH_4^+$  não pode ser armazenado de maneira expressiva (Taiz & Zeiger, 2004). Sob esta condição, de adubação excessiva de N-amoniacal, a planta desvia toda sua energia e esqueletos de carbono para o processo de assimilação de  $NH_4^+$ , reduzindo seu desenvolvimento.

A divisão de trabalho em plantas  $C_4$ , onde as células do mesófilo utilizam a energia da luz para reduzir e assimilar o N e as células da bainha vegetal para a redução do  $CO_2$ , provavelmente é a causa da maior eficiência no uso do N (EUN) em plantas  $C_4$  do que nas  $C_3$  (Moore & Black, 1979). Um dos fatores desta maior eficiência está na menor mobilização do N em enzimas. Segundo Marshner (1995) as plantas  $C_3$  mobilizam cerca de 30% do N total da parte aérea para a Ribulose 1,5 bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), enzima que reduz o  $CO_2$  atmosférico à carboidrato nas plantas, enquanto as plantas  $C_4$  utilizam menos de 10% para a Rubisco e 2 a 5% para a Fosfoenol Piruvato Carboxilase (PEP-case), enzima que

realiza o seqüestro de carbono atmosférico em plantas C<sub>4</sub>, permitindo sua concentração na bainha vascular, minimizando a ação oxigenase da Rubisco.

A eficiência na absorção e utilização de N pelas plantas vem sendo pesquisada, face à necessidade de menores custos de produção para a agricultura, diminuição de energia consumida para a fabricação de adubos nitrogenados, diminuindo o impacto ambiental gerado pela aplicação excessiva de adubos nos solos que promove a contaminação dos lençóis freáticos, dentre outros.

Aplicações suplementares de N em épocas adequadas são alternativas promissoras. O N-adicional, aplicado durante o período reprodutivo, além de poder retardar a produção de enzimas proteolíticas (promovendo a manutenção da taxa fotossintética por um maior período), é direcionado em maior intensidade para os grãos, aumentando o teor de proteína dos mesmos, podendo ser comprovado pelos resultados obtidos em diversos trabalhos, onde houve uma correlação positiva entre o teor de proteína do grão e a adubação nitrogenada no período reprodutivo em arroz (Souza et al., 1993; 1998) e no período vegetativo em milho (Amaral Filho et al., 2005).

O milho, por ser uma planta cultivada há muitos anos pelo homem, sofrendo diversos processos de melhoramento, se tornou extremamente sensível às variações ambientais e, principalmente à adubação.

Segundo Mc Cullough et al. (1994) e Uhart & Andrade (1995), a variação na disponibilidade de N afeta o desenvolvimento das plantas e a produção dos grãos de milho, já que o N dos grãos é derivado da remobilização do N das folhas, do colmo e da raiz. O suprimento de N afeta a quantidade de grãos de milho, principalmente no que se refere ao processo de aborto dos mesmos. Isso porque a deficiência de N afeta o suprimento de assimilados para a espiga principalmente em virtude da diminuição da área foliar, promovendo uma reação em cadeia na qual a menor absorção de radiação solar produz uma redução da taxa fotossintética e, conseqüentemente, um decréscimo em todo o metabolismo de remobilização do N para a produção de grãos (Uhart & Andrade, 1995).

Em trigo e cevada, a adubação nitrogenada promove maior aumento da parte vegetativa do que do peso dos grãos na relação grãos/parte aérea x colmo, enquanto que no milho, por não aumentar os perfilhos como trigo e cevada, responde com maior produção de grãos (Malavolta & Dantas, 1987).

A eficiência na absorção de N refere-se à quantidade de N absorvido pela planta em relação ao N disponível no solo. Essa eficiência é dependente das características morfológicas e fisiológicas das plantas (Presterl, 2002). Além da eficiência em absorver o N, as plantas ideais para produção devem ser também eficientes em utilizar o N absorvido.

Genótipos de milho podem ser diferenciados na eficiência do uso de nitrogênio (EUN) (Balko & Russell, 1980). A eficiência na utilização de N avalia a produção de grãos por unidade de N absorvido e é influenciada pelo transporte, pela partição e pela remobilização de N na planta ou na célula, bem como pelos processos metabólicos específicos (Engels & Marschner, 1995; Masclaux, 2001). Essa eficiência pode ser definida como a habilidade do genótipo para a produção superior de grãos em solos com baixa disponibilidade de N, em comparação com outros genótipos. Os dois componentes primários da EUN são a eficiência na absorção de N e a eficiência na utilização do N absorvido (Moll, 1982; Presterl, 2002). Souza et al. (1998) e Ferraz Junior et al. (1997) em experimentos realizando aplicações suplementares de N via foliar, apresentam resultados de cultivares tradicionais e melhoradas de arroz que foram eficientes na produção de grãos e proteína, demonstrando ainda que as plantas melhoradas foram eficientes no uso do N em função da grande capacidade de absorver N, enquanto cultivares tradicionais de arroz apesar de não possuírem a capacidade das variedades melhoradas em absorver o N do solo, foram eficientes em utilizar o N que absorveram.

### 2.3. Solução de Microorganismos Eficazes (EM)

O EM (“microorganismos eficazes” - EM: Effective microorganisms) é formado por um conjunto de microorganismos que são naturalmente encontrados em plantas e solos férteis e que auxiliam a produção agrícola. Não são fertilizantes químicos nem hormônios “per se”, no entanto, agem no solo fazendo com que sua capacidade natural de produção se manifeste plenamente.

Segundo Pegorer et al. (1995) basicamente quatro grupos de microorganismos constituem o EM:

- **Leveduras:** utilizam substâncias expelidas pelas raízes das plantas e, junto com outros materiais orgânicos, sintetizam vitaminas e ativam outros microorganismos eficazes naturalmente existentes no solo.
- **Actinomicetos:** controlam fungos e bactérias patogênicas e também conferem às plantas maior resistência aos mesmos através do contato com patógenos enfraquecidos.
- **Bactérias Produtoras de Ácido Lático:** produzem ácido lático, o qual possui a propriedade de controlar a população de alguns microorganismos. Através da fermentação da matéria orgânica não curtida, transformam-na em nutrientes para as plantas.
- **Bactérias Fotossintéticas:** utilizam a energia solar em forma de luz e calor. Também utilizam substâncias expelidas pelas raízes das plantas para sintetizar vitaminas e nutrientes. Junto com o seu estabelecimento no solo ocorre também o aumento nas populações de outros microorganismos eficazes, como os fixadores de nitrogênio, os actinomicetos e fungos micorrízicos.

Como os microrganismos constituintes do EM trabalham sobre a matéria orgânica, a solução acaba tendo um espectro de atuação amplo. A Fundação Mokiti Okada, sugere, por exemplo, o uso do EM na suinocultura com propósito de controlar o cheiro das instalações. Recomenda também a sua utilização na instalação de outros animais, na minhocultura e no tratamento de sementes, entre outros (Pegorer et al., 1995).

Os microorganismos eficazes foram utilizados inicialmente pelos praticantes da Agricultura Natural Messiânica. Esse método agrícola, criado por Mokiti Okada em 1935, no Japão, baseia-se no fato de trabalhar o solo seguindo os princípios da natureza, ou, como se pode dizer atualmente, conceitos ecológicos, para obtenção de produção agrícola. Segundo Pegorer et al. (1995) essa prática agrícola visa:

- Produzir melhores alimentos para manter e incrementar a saúde do homem;
- Proporcionar, tanto econômica como espiritualmente vantagens para ambos os lados: produtor e consumidor;
- Ser praticável por qualquer pessoa e ter caráter permanente;
- Responsabilizar-se pela conservação do meio ambiente;
- Responsabilizar-se pela produção de alimentos em quantidades correspondentes ao aumento populacional.

Desde a década de 1980, o Dr. Teruo Higa, professor da Universidade de Ryukyus, Japão, vinha desenvolvendo o EM com a finalidade de melhorar a utilização da matéria orgânica na produção agrícola e realizou experiências com EM, em várias regiões daquele país, obtendo resultados satisfatórios (Pegorer et al., 1995). A utilização do EM, resultando em uma prática agrícola menos impactante para o meio ambiente e a saúde humana, se aproximou muito da Agricultura Natural criada por Mokiti Okada, sendo assim introduzida entre seus praticantes que divulgaram a nova tecnologia pelo mundo.

O EM também vem sendo testado em diversos países de todos os continentes. No Brasil, a utilização do EM iniciou-se, em caráter experimental na Fundação Mokiti Okada sediada em Atibaia – SP (Pegorer et al., 1995).

Estudos com EM no mundo têm mostrado que o produto tem sido utilizado no manejo de pragas em algumas culturas. Tuat e Trinh (2002) indicam que o EM pode ser utilizado em um programa de manejo integrado de pragas como uma alternativa de minimizar o uso de pulverizações químicas.

Segundo Corales e Higa (2002), o EM é aplicado no solo e inoculado na planta para aumentar a diversidade e atividade microbiana no solo e nas plantas visando o progresso de um solo saudável, diminuindo espécies patogênicas, enquanto facilita a decomposição de matéria orgânica e a síntese de nutrientes essenciais para o crescimento e a produção vegetal. Estes autores observam ainda que, a utilização de palha de arroz e do inoculante microbiano (EM) também mantém níveis de produção comparáveis aos obtidos com fertilizantes químicos.

Em trabalho com soja, Yue et al. (2002) conseguiram sementes com maior teor de proteína e concentração de óleo quando as plantas receberam EM (1 e 5mL L<sup>-1</sup> de EM em solução aquosa) sugerindo que o EM pode ser usado como uma substância regulatória para melhorar o metabolismo das plantas, promovendo maior rendimento e melhor qualidade.

Stark et al. (2005) constataram o aumento do peso de grãos em plantas de arroz que receberam adubação foliar com EM, atingindo valores equivalentes a adubação nítrica.

Além destas propriedades, Berbara et al. (2002) demonstraram que a aplicação do EM no solo aumentou a velocidade de decomposição de resíduos vegetais (folhas, raízes, etc.) presentes no solo, favorecendo, desta forma, ao processo de mineralização de nutrientes para as plantas.

#### **2.4. Calagem em Milho**

O termo pH define a acidez ou a alcalinidade relativa de uma substância. Pela definição de Bronsted e Lowry, ácido é uma substância que tende a ceder prótons (íons hidrogênio) a uma outra; base é qualquer substância que tende a aceitar prótons. A escala de pH cobre uma amplitude de 1 a 14. Um valor de pH igual a 7,0 é neutro. Valores abaixo de 7,0 são ácidos e acima de 7,0 são básicos ou alcalinos. A finalidade do pH é medir a atividade do íon hidrogênio (H<sup>+</sup>) e é expresso em escala logarítmica. Isto significa que a cada unidade de mudança no pH corresponde a uma mudança de dez vezes no grau de acidez ou de alcalinidade. Ou seja, em se tratando de solo, um solo com pH 6,0 tem um grau de acidez dez vezes maior que um solo de pH 7,0 ou dez vezes mais H<sup>+</sup> ativo. Os solos “denominados produtivos” têm, em sua maioria, uma faixa de pH que varia entre 4,0 e 9,0 (Lopes, 1998).

O valor do pH no solo, para a agricultura é de grande importância uma vez que este parâmetro afeta o desenvolvimento e a produtividade das plantas em geral. Existem plantas que são capazes de se desenvolver em solos ácidos. São encontradas referências ao efeito da acidez do solo favorecendo o desenvolvimento de capim-sapé (*Imperata brasiliensis*) e outras espécies do gênero *Imperata* (Lorenzi, 1991).

No entanto, para a maioria das plantas cultivadas há uma faixa de pH ideal que promove o aumento da sua produtividade, pelo fato da acidez do solo estar ligada a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Malavolta (1987) cita diversos trabalhos que mostram a relação da disponibilidade dos nutrientes na solução do solo em função do valor do pH. Marshner (1995) ressalta que para o melhor desenvolvimento da maioria das plantas o pH do solo deve estar na faixa entre 5,8 e 6,5. Existem diversos fatores que influenciam no pH do solo, dentre eles: o material de origem do solo, precipitação, decomposição da matéria

orgânica, a vegetação, profundidade do solo, adubação nitrogenada, drenagem do solo, etc. (Lopes, 1998).

O pH do solo afeta, entre outras coisas, a ciclagem de nutrientes no solo, que é realizada por microorganismos e que tem sua atividade regulada dentre outros fatores, pelo pH. É um dos motivos pelo qual a disponibilidade de nutrientes no solo às plantas está inteiramente ligada ao pH, uma vez que estes microorganismos promovem a decomposição da matéria orgânica que posteriormente será mineralizada tornando-se disponível às plantas na solução do solo.

A determinação do pH do solo, em laboratórios de análise de solo, é feita em suspensão solo-água, na proporção de 1:2,5, após tempo de contato não inferior à uma hora e com agitação da suspensão antes da leitura, efetuada em potenciômetro (De-Polli et al., 1988).

Entre os parâmetros adotados na interpretação dos resultados das análises de solo, pelos laboratórios do Rio de Janeiro, para o pH varia da seguinte forma: extremamente ácido (< 4,4); fortemente ácido (4,4 – 5,3); moderadamente ácido (5,4 – 6,5); praticamente neutro (6,6 – 7,3); moderadamente alcalino (7,4 – 8,3) e fortemente alcalino (> 8,3) (De-Polli et al., 1988).

A faixa de pH ideal, para o bom desenvolvimento da cultura do milho, varia de 5,5 a 6,2, sendo necessário na grande maioria dos solos brasileiros a realização da correção química do solo. Esse processo é conhecido como “calagem”, uma prática de grande importância na agricultura, pois promove maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. Cada elemento mineral tem seu pH ideal para estar absorvível pelas plantas, entretanto na faixa de pH de 5,5 - 6,2, os nutrientes estão, em média, nas formas mais disponíveis para as plantas.

Para que um produto seja considerado corretivo, ou seja, possa ser utilizado para realizar a calagem, é importante que tenha em sua composição cálcio ou outro material alcalino capaz de neutralizar a acidez como óxidos hidróxidos e etc. Isto porque a neutralização é feita quando o produto usado como corretivo é incorporado ao solo de forma a reagir na solução do solo com os outros elementos (íons) que ficam adsorvidos aos colóides do solo e que promovem a liberação de  $H^+$ , promovendo a diminuição do pH do solo. O cálcio é um elemento que tem grande capacidade de deslocar esses íons adsorvidos nos colóides do solo e se adsorver nos sítios de troca. É por isso que materiais a base de cálcio tem poder corretivo. Dentre estes materiais, o calcário – rochas calcárias moídas – é o material natural mais usado como corretivo, em função de sua ocorrência em abundância na natureza. A calagem padrão, é feita com calcário (carbonato de cálcio:  $CaCO_3$ ), devido ao seu alto PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total).

Os efeitos positivos da calagem na produção de matéria seca e de grãos, na cultura do milho, foram destacados nos trabalhos de Forestieri & De-Polli (1990), Bonsu (1991) e Nwachuku & Loganathan (1991), ao concluírem que, além da maior produção de grãos houve aumentos significativos dos teores de Ca e Mg na matéria seca das folhas, dependendo do teor de Ca solúvel no solo e da saturação por bases.

A calagem é utilizada também para resolver um outro problema na agricultura brasileira: a presença de altos teores de alumínio ( $Al^{3+}$ ) nos solos. O  $Al^{3+}$  é o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre (8% da constituição).

O  $Al^{3+}$  é liberado para a solução do solo em maior ou menor quantidade, tornando-se potencialmente prejudicial ao desenvolvimento e produção da maioria das plantas cultivadas, pelo processo natural ou antrópico de acidificação dos solos, reduzindo a estabilidade química dos compostos de  $Al^{3+}$  e aumentando a solubilidade dos minerais (Ma et al., 2001). Os solos tropicais tendem a ser mais ácidos pela rápida ciclagem de material, deste modo, o  $Al^{3+}$  acaba sendo um fator limitante à agricultura na maioria dos solos do país. O  $Al^{3+}$  prejudica, por exemplo, a absorção de fósforo (P) pelas plantas de duas formas: reduz o crescimento do sistema radicular (Foy, 1988) e liga-se ao P, tanto na superfície quanto no

interior das células, formando compostos de baixa solubilidade. Neste sentido, a calagem é realizada também para neutralizar o  $\text{Al}^{3+}$  no solo.

Diversos materiais têm sido testados para a utilização na agricultura como corretivo de solo, além de resíduos industriais como escórias de siderurgia (Carvalho-Pupatto et al., 2004) dentre outros, para um destino mais nobre a estes materiais, como insumo agrícola para incremento na produção de alimentos, além de promover um menor impacto ambiental.

## 2.5. Resíduos Industriais

A destinação final de resíduos industriais tem sido um constante desafio para a indústria brasileira, que vem buscando alternativas em conjunto com instituições de pesquisa, no intuito de minimizar impactos em função tanto das pressões dos setores ambientais, quanto da necessidade sentida pelas empresas de se tornarem mais competitivas através da redução de custos operacionais (Freitas & Sá, 2003).

Das várias alternativas disponíveis, como a incineração ou descarte oceânico, o uso agrícola desses resíduos como fertilizante é o mais promissor, uma vez que propõe o seu reaproveitamento em benefício da agricultura, minimizando os impactos ambientais. Apesar deste método de disposição não ser ainda muito utilizado, a tendência é de aumento, pois houve um crescimento expressivo no número de “Estações de Tratamento de Esgoto”, criando uma demanda para destinação do lodo gerado (Takamatsu, 1995).

Um resíduo formado na fabricação de ácido lático, pela indústria “Purac Sínteses”, denominado Ferkal<sup>®</sup> vem sendo proposto como insumo agrícola. Freitas et al. (2004) apresentam dados mostrando que é possível a utilização de resíduos industriais para a produção de mudas de frutíferas, porém, observa-se que o uso do resíduo industrial Ferkal<sup>®</sup> (também chamado de massa biológica ou biomassa) é melhor quando utilizado em conjunto com outro produto.

Segundo Malheiros et al. (2004) é tecnicamente viável o uso de alguns resíduos industriais, para a produção de mudas de olerícolas, por exemplo, apresentando dados mostrando que o uso do resíduo industrial Ferkal<sup>®</sup> associado a outro produto (um resíduo da indústria de borracha sintética, formado basicamente por hidrocarbonetos) é eficiente.

A descrição feita pela empresa produtora é de que o resíduo industrial Ferkal<sup>®</sup> é uma biomassa sólida obtida pela coagulação e precipitação do material protéico celular dos lactobacilos, que são utilizados na fabricação de ácido lático, ao se alcalinizar o mosto fermentado com um excesso de cal -  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  - à temperatura de 80°C. O material é separado por filtração em filtro rotativo a vácuo utilizando gesso como pré-camada, e que a ele se incorpora. Esta biomassa apresenta coloração creme, valores de pH entre 10,5 e 12,5 (em  $\text{H}_2\text{O}$ ); umidade = 40%, matéria orgânica total = 20 a 60, N-total = 50, lactato de cálcio  $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2)_2 = 20$ , fosfato de cálcio  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 = 10$ , hidróxido de cálcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 350$ , sulfato de cálcio  $\text{CaSO}_4 = 150$  (em  $\text{g kg}^{-1}$ ) (Purac Sínteses).

Acredita-se que em função de sua composição, com elevado teor de cálcio, o resíduo industrial Ferkal<sup>®</sup> funcione melhor como corretivo de solo do que como adubo. Esse elevado teor de cálcio foi confirmado na análise deste resíduo industrial realizada pela Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional (Fundenor), que apresentou os seguintes valores: pH = 12,0 ( $\text{H}_2\text{O}$ ); N = 3,6;  $\text{P}_2\text{O}_5 = 17,6$ ;  $\text{K}_2\text{O} = 0$ ; Ca = 228,8; Mg = 4,7; S = 119,5;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 642,3$  (em  $\text{g kg}^{-1}$ ); Fe = 2.280; Cu = 4; Zn = 14; Mn = 190 (em  $\text{mg dm}^{-3}$ ).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Montagem e Condução do Experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos do Instituto de Agronomia no campus da UFRRJ, km 47, Seropédica (RJ), utilizando milho da variedade BRS 4157 (Sol da Manhã NF) e o híbrido simples BRS 1010.

A variedade BRS 4157 (Sol da Manhã – NF) foi obtida no Centro de Pesquisa de Agrobiologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - RJ e o híbrido simples BRS 1010 foi fornecida pela Brasmilho REP LTDA - GO.

Foram utilizados vasos de 20 litros, contendo 18 litros de terra de amostras coletadas no campus da UFRRJ, dos primeiros 20 cm de um Argissolo Vermelho Amarelo.

Com base nos resultados da análise química do material de solo (item 4.1), aos 30 dias antes do plantio (DAP) foi feita a correção do solo. Uma parte do experimento teve a terra corrigida com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), que é o calcário padrão e a outra parte com um resíduo industrial (RI - Ferkal<sup>®</sup>) (Figura 2). Os vasos que foram tratados com carbonato receberam 6,3g de carbonato de cálcio (PA) e os vasos tratados com resíduo receberam 23g de resíduo industrial (que equivalem a 700 e 2.540 kg ha.<sup>-1</sup> incorporados em 0,20m de profundidade, respectivamente). Esses valores foram obtidos a partir de curvas de neutralização realizadas com estes materiais.

Foram colocadas quatro sementes por vaso, e aos 15 dias após a germinação (DAG) foi realizado um desbaste deixando-se duas plantas por vaso. Ao realizar o plantio do experimento todos os vasos receberam uma adubação basal no solo com N (nitrito de potássio -  $\text{KNO}_3$ , com dose equivalente a 40 kg N ha.<sup>-1</sup>) (Figura 2) visando garantir uma mesma condição nutricional a todas as plantas. A partir deste momento, o experimento foi submetido a 4 tratamentos. Parte dos vasos foi separada para servirem de testemunhas – Controle (tratamento 1), apenas a aplicação de corretivo - carbonato de cálcio ou resíduo industrial - e a dose basal de N, ou seja, sem nenhuma aplicação foliar ou adubação complementar.

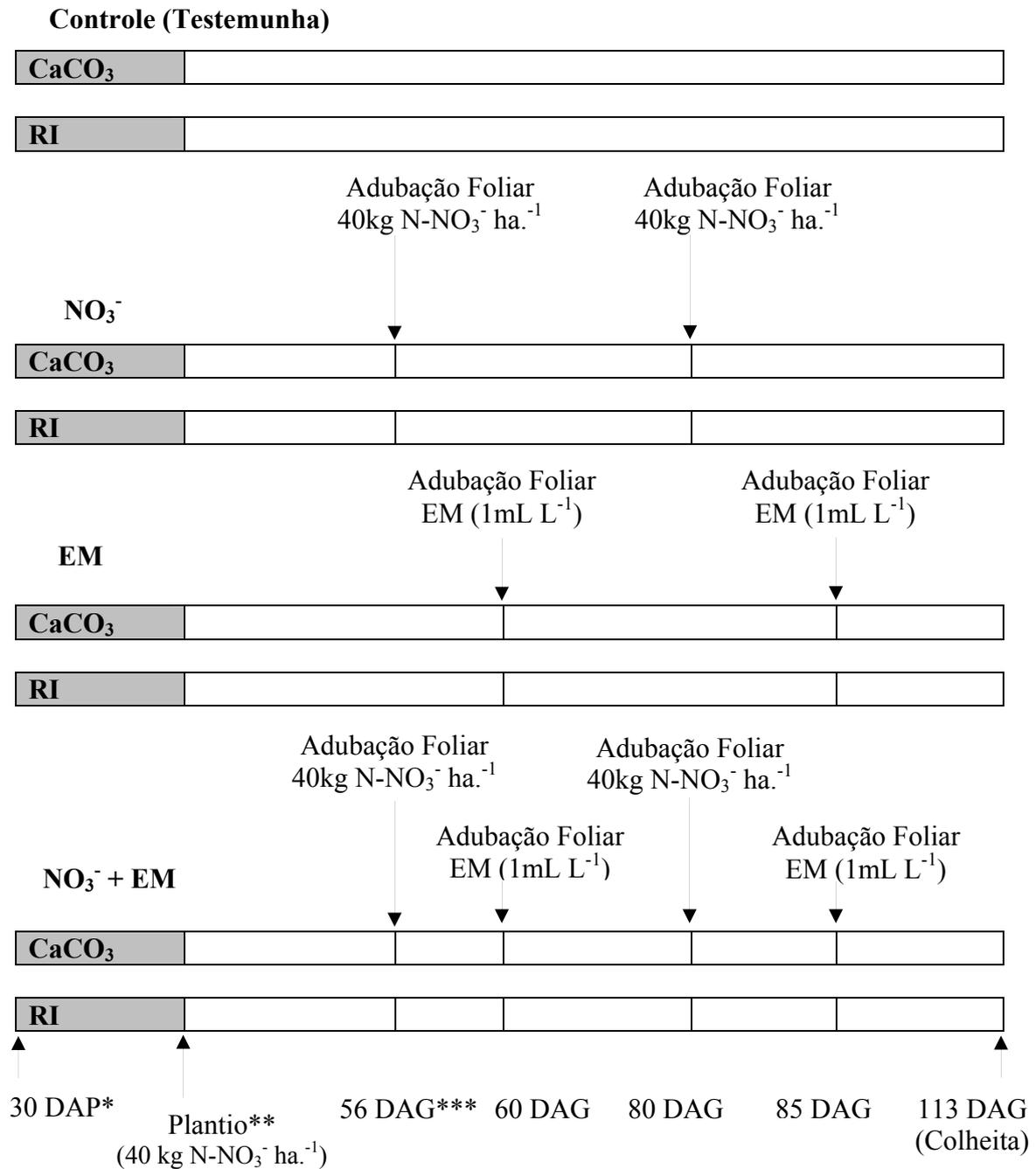
O tratamento 2 ( $\text{NO}_3^-$ ) foi aplicado, via foliar, N na forma de nitrito aos 56 dias após a germinação (DAG) com dose equivalente a 40 kg N ha.<sup>-1</sup>, que foi repetida aos 80 DAG (Figura 2). Lembrando que este tratamento e os outros se deram em plantas nas mesmas condições do controle, ou seja, com a terra do vaso corrigida com carbonato de cálcio ou com resíduo industrial, e que receberam adubação basal equivalente a 40 kg N ha.<sup>-1</sup>.

No tratamento 3 (EM) as plantas receberam a solução de microorganismos, o “EM”. Foram feitas duas aplicações com EM (concentração de 1mL L<sup>-1</sup>, aspergidos nas folhas um volume equivalente a 20mL por planta tratada) realizadas cinco dias após cada adubação foliar de N, ou seja, aos 60 e 85 DAG em plantas que não receberam nitrito foliar (Figura 2).

Foi testado ainda o efeito conjunto das aplicações foliares de nitrito e EM, ou seja, o tratamento 4 ( $\text{NO}_3^-$  + EM) onde foi primeiramente aplicado o N-nitrito e cinco dias depois o EM, ou seja, as plantas receberam os dois produtos – N-nitrito e EM (ambos foliarmente, conforme os tratamentos anteriores).

Ao longo da condução do experimento, foram realizadas mondas (retirada manual de plantas invasoras – “capina com a mão”) dos vasos no sentido de garantir que não houvesse qualquer tipo de competição por parte de plantas invasoras. As plantas foram conduzidas até a produção, sendo coletadas aos 113 DAG fechando um ciclo de 120 dias desde o plantio das sementes (Figura 2).

## Condução do Experimento



**Figura 2.** Cronograma do cultivo das variedades de milho (BRS 1010 e "Sol da manhã")

Controle – Somente carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) ou resíduo industrial (RI) e adubação basal.

\*DAP - Dias Antes do Plantio (aplicação de carbonato de cálcio ou resíduo industrial);

\*\*Plantio - foi feita adubação basal no solo com N na dose equivalente a  $40\text{ kg N-NO}_3^- \text{ ha}^{-1}$ ;

\*\*\*DAG - Dias Após a Germinação;

### **3.2. Coleta e Preparo das Amostras**

Aos 113 dias após a germinação (DAG) as plantas de milho foram coletadas e separadas as espigas do restante da planta. Em seguida, foram realizadas as medidas de massa fresca de todo o material (espigas + parte aérea sem espiga) e separadas posteriormente em partes para a mensuração de suas massas frescas. As plantas foram divididas em: parte reprodutiva (espigas + pendões) e parte vegetativa (Toda a planta menos a parte reprodutiva). Da parte reprodutiva, foi coletado o pendão (parte reprodutiva masculina) e a espiga (parte reprodutiva feminina), que foi separada em palhada, sabugo e grãos, enquanto a parte vegetativa foi separada em colmo e folhas. Após mensurar a massa fresca das partes das plantas, foram colocadas em estufa de circulação forçada a 60° C por 96 horas, para se obter a massa seca.

Após o procedimento de secagem das partes das plantas, as amostras foram trituradas em moinhos de faca e acondicionadas em sacos de papel para análises posteriores. Os grãos foram triturados em moinho de rolo e o material obtido armazenado para as análises.

### **3.3. Análises no Material Vegetal**

Depois de processadas, as amostras secas foram submetidas ao processo de digestão sulfúrica para a avaliação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, que ocorreu da seguinte forma: 200mg de matéria seca das amostras trituradas das diferentes partes da planta foram pesadas em papel de cigarro, sendo acondicionadas em seguida em tubos longos de digestão (pirex). Em seguida, foi acrescentado em cada tubo 1,0mL de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 300mL L<sup>-1</sup>, 1,5mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentrado e 0,7g de mistura catalisadora que contém: 100g de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 10g de sulfato de cobre pentahidratado (CuSO<sub>4</sub>.5 H<sub>2</sub>O) e 1g de selênio (Se) em pó.

Após a digestão, o volume de material foi elevado a 50mL com água destilada, sendo então filtrado e acondicionado em frascos para ser utilizado nas avaliações de N, P, K, Ca e Mg segundo Tedesco (1995), conforme descrito a seguir.

#### **3.3.1. Determinação do teor de nitrogênio e proteína bruta dos grãos**

A avaliação do teor de nitrogênio foi realizada através do processo de destilação por arraste a vapor seguida de titulação.

Uma alíquota de 10mL (dos 50 mL de material que foi digerido) foi colocada no balão do destilador. Em seguida, adicionou-se 10mL de hidróxido de sódio a 500g L<sup>-1</sup>, para alcalinizar toda a amostra, levando o nitrogênio presente nesta para a forma de amônia. Do material destilado se recolheu aproximadamente 35mL em erlenmeyers de 50mL contendo indicador com ácido bórico (20g de ácido bórico em 900mL de água destilada fervida, 25mL de verde de bromo cresol a 0,025g em 25mL de etanol e 5mL de vermelho de metila a 0,025g em 25mL de etanol, e elevar o volume para 1000mL). Após a destilação, a amostra recolhida foi titulada com ácido sulfúrico a 0,05 mol L<sup>-1</sup> padronizado.

Os teores de proteína bruta foram calculados a partir do teor de N dos grãos, multiplicado pelo fator 6,25 (Lástity, 1986).

#### **3.3.2. Determinação do teor de fósforo**

O fósforo foi determinado através de espectrofotometria. Após a digestão sulfúrica, retirou-se uma alíquota de 5mL que foi transferida para tubo de ensaio, onde foi adicionado 2mL da solução de vanadato-molibdato, sendo agitados em seguida e após 15 minutos foi determinada a absorvância em 420 nm contra um padrão de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.

### **3.3.3. Determinação do teor de potássio**

Retirou-se uma alíquota de 5mL da amostra digerida que foi transferida para um frasco de boca larga, adicionando-se 50mL de água destilada. O potássio foi analisado por espectrofotômetro de chama, seguindo as instruções de uso do espectrofotômetro de chama, com padrão de KCl seco em estufa a 105°C por uma hora (solução estoque na concentração de 1000 mg L<sup>-1</sup> de K).

### **3.3.4. Determinação do teor de cálcio e magnésio**

Para a determinação do teor de Ca, retirou-se uma alíquota de 5mL do extrato ou solução padrão e transferiu-se para um frasco de boca larga adicionando-se 50mL de água destilada mais 1,5mL de lantânio a 0,2 g L<sup>-1</sup> para prevenir interferência ocasionada pela presença de fosfatos e de alumínio, agitou-se e foram realizadas as leituras em espectrofotômetro de absorção atômica.

O magnésio foi determinado retirando-se uma alíquota de 5mL do extrato onde se determinou o cálcio (do frasco diluído para cálcio, após a leitura) e adicionou-se 10mL de água destilada, agitou-se e foram realizadas as leituras no espectrofotômetro de absorção atômica determinando o teor de magnésio.

## **3.4. Delineamento Experimental**

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e foram utilizadas duas variedades de milho, dois corretivos de solo, duas adubações de nitrogênio, duas aplicações de EM e três repetições, somando um total de 48 vasos. As análises estatísticas foram realizadas nos programas Sigma STAT e Sisvar e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ) e desvio padrão (proteína bruta dos grãos).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise do Solo

A análise química da terra foi realizada na montagem do experimento (antes de realizar a calagem e a adubação) e após a colheita do experimento. Após a colheita, foram retiradas amostras de cada vaso. As análises foram realizadas seguindo o método proposto pela Embrapa (Embrapa, 1997).

Os valores obtidos das análises químicas do material de solo utilizado para o plantio do milho foram os seguintes: pH = 5,2 (em H<sub>2</sub>O); Na<sup>+</sup> = 0,36; Ca<sup>2+</sup> = 0,8; Mg<sup>2+</sup> = 0,5; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> = 2,5; Al<sup>3+</sup> = 0,4 (em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>); C = 9,0 g kg<sup>-1</sup>; P = 14,8 e K = 32 (em mg kg<sup>-1</sup>).

Segundo o Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (De-Polli et al., 1988) o teor de alumínio acima de 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, já é considerado alto, devendo ser recomendada a calagem para a neutralização do alumínio em função do valor encontrado (0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>). Com relação ao valor de pH, o valor 5,2 que foi encontrado no solo utilizado no experimento, é considerado fortemente ácido, devendo ser corrigido (De-Polli et al., 1988). Para Bull (1993), para uma melhor absorção de nutrientes pelo milho, o pH deve estar próximo de 6,0. Abaixo desse valor, existe uma queda acentuada na absorção de nutrientes pelo milho, principalmente do N. Segundo Marschner (1995) a faixa ideal do pH para melhor absorção de nutrientes pelas plantas encontra-se entre 5,6 – 6,2.

O valor de Ca<sup>2+</sup>+Mg<sup>2+</sup> encontrado no solo antes do plantio foi de 1,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. Para cálcio e magnésio, a recomendação é de que os valores destes dois elementos somados, menores que 2,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, são considerados baixos, devendo os cálculos para a recomendação de calagem atender ao aumento deste valor (De-Polli et al., 1988).

Para a correção do pH da terra utilizada nos vasos do experimento foi utilizado o carbonato de cálcio (controle, calcário padrão), em comparação com o resíduo industrial (Ferkal<sup>®</sup>) que é um resíduo gerado a partir da produção de ácido láctico e rico em cálcio, principalmente na forma de hidróxido (350 g kg<sup>-1</sup>) (item 2.5).

Quando o solo foi tratado com carbonato de cálcio ou com o resíduo industrial (RI) houve um aumento dos valores de pH que passaram para 5,8 no tratamento com resíduo industrial e 6,1 no tratamento com carbonato de cálcio. Estes valores encontram-se dentro da faixa ideal de absorção da maioria dos nutrientes das plantas (Epstein & Bloom, 2005). O pH está diretamente relacionado com a disponibilidade de nutrientes no solo para os vegetais. Segundo Vieira Jr. (1999) para o milho, condições de pH do solo baixo e a presença de íons tóxicos (alumínio e manganês) reduzem o crescimento do sistema radicular.

Antes do plantio do milho a quantidade de alumínio presente na terra utilizada para o experimento estava em 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, sendo neutralizado após ambos os tratamentos (resíduo industrial e carbonato de cálcio), pois, na análise realizada depois da coleta do experimento, não foi detectado o alumínio.

Deve ser levado em consideração que os valores de pH estão ligados diretamente à disponibilidade de nutrientes para as plantas. Segundo Bull (1993) a elevação de pH dentro da faixa de 3,8 a 6,5 conduz a aumentos na absorção dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, demonstrando assim a importância da correção do pH.

O valor de acidez potencial do solo (H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>) utilizado no experimento, antes de realizar os tratamentos, foi de 2,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de terra, e após o plantio, depois de colhido o experimento, os valores com o uso de carbonato de cálcio ficaram, em média, 0,77 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, nos tratamentos com a variedade “Sol da manhã” e 0,92 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> na variedade BRS 1010. Quando o corretivo utilizado foi o resíduo industrial, os valores passaram para 1,14 e

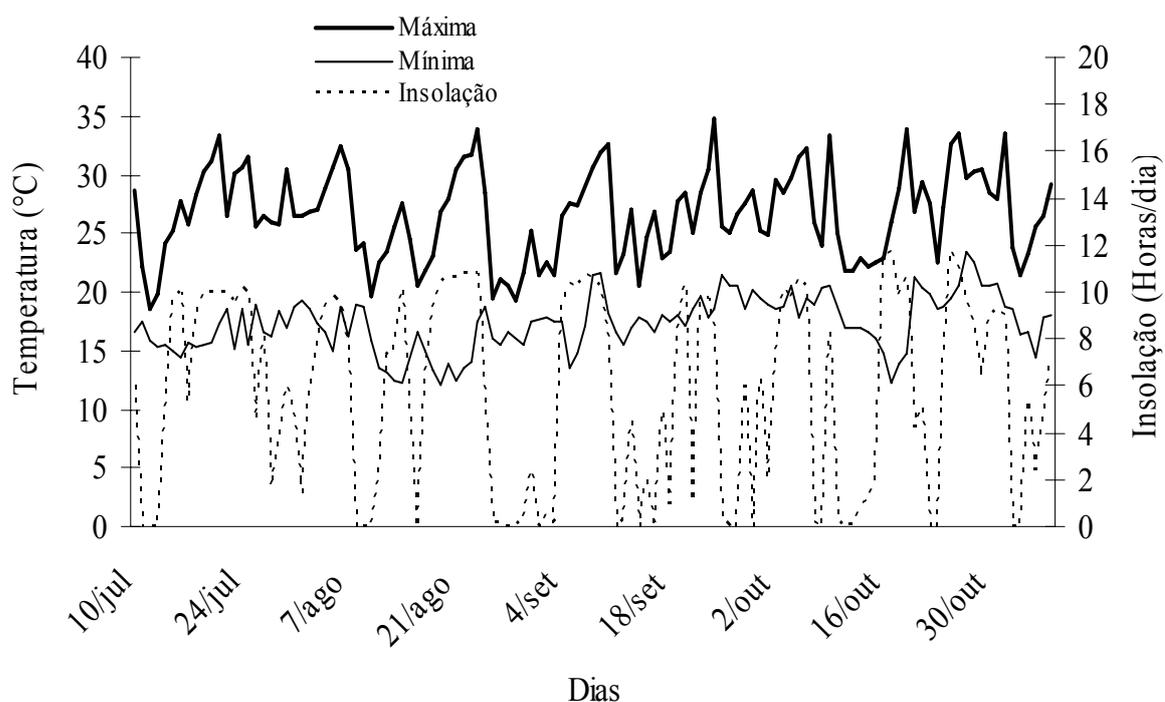
1,26 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de terra, respectivamente para as variedades “Sol da manhã” e BRS 1010. Estes resultados indicam que ambos os tratamentos foram eficientes na correção da acidez do solo para este experimento, nestas condições.

A acidez potencial tem relação direta com os teores de carbono do solo. Os teores de carbono da terra antes do plantio foram de 9,0 g kg<sup>-1</sup> de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar). No entanto, os valores de carbono depois de colhido o experimento foram de 12,88 g kg<sup>-1</sup> de TFSA dos vasos tratados com carbonato de cálcio e 12,17 g kg<sup>-1</sup> de TFSA dos vasos tratados com resíduo industrial. A redução dos valores da acidez potencial leva a diminuição dos teores de carbono (De-Polli et al., 1988), entretanto os valores de carbono apresentados neste trabalho mostram um comportamento oposto ao encontrado na literatura, já que houve um aumento dos valores de carbono com a diminuição da acidez potencial. Esse aumento pode ter acontecido pela presença de raízes do próprio milho que não foram colhidas, de invasoras que surgiram nos vasos antes de coletar as amostras de terra para a realização das análises, ocorrendo assim um incremento de matéria orgânica nos vasos, que podem ter contribuído para o aumento destes teores de carbono.

O aumento da acidez potencial também pode se dar pelo fato das diferentes fontes de cálcio. O carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), ao reagir no solo, forma um ácido fraco na reação (H<sup>+</sup>CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) enquanto que o resíduo industrial como é composto em sua maioria por “gesso” (CaSO<sub>4</sub>) forma um ácido forte (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) na reação no solo.

Outra hipótese que poderia explicar esse ligeiro aumento nos valores de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> seria um aumento na extrusão de H<sup>+</sup> pelas plantas tratadas com resíduo industrial, revertendo em maior absorção de nutrientes e, conseqüentemente, maior produção de massa vegetal fresca conforme pode ser observado na Tabela 2, que mostra, em média, maiores valores de massa vegetal de cada variedade no tratamento com resíduo industrial do que com carbonato de cálcio.

A **Figura 3** apresenta os valores de temperatura máxima, mínima e de intensidade luminosa no período da condução do experimento.



**Figura 3.** Temperaturas máximas e mínimas (°C) e intensidade luminosa (Horas dia<sup>-1</sup>) durante o período de cultivo das variedades de milho “Sol da manhã” e BRS 1010.

## 4.2. Massa Fresca e Seca das Plantas

Quando a terra dos vasos foi corrigida com o resíduo industrial o acúmulo médio de massa fresca da parte aérea das plantas de milho foi maior do que quando tratadas com carbonato de cálcio. Entre as variedades, a BRS 1010 produziu mais massa fresca do que a “Sol da manhã” (Tabela 2).

**Tabela 2.** Massa fresca da parte aérea sem a espiga (g.vaso<sup>-1</sup>) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

Tratamento		Variedade				
Corretivo	Adubação	BRS 1010		Sol da Manhã		Média
CaCO <sub>3</sub>	Controle	161,39	Aa	152,09	Aa	156,74 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	190,97	Aa	160,34	Aa	175,65 a
	EM	184,76	Aa	133,15	Aa	158,96 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	166,11	Aa	146,11	Aa	156,11 a
RI	Controle	193,10	Aa	178,62	Aa	185,86 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	238,17	Aa	151,50	Ba	194,84 a
	EM	202,42	Aa	181,66	Aa	192,04 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	218,23	Aa	159,57	Ba	188,90 a
<b>Média</b>		<b>194,39</b>	<b>A</b>	<b>157,24</b>	<b>B</b>	

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey, P≤ 0,05).

O N é considerado um dos fatores limitantes mais importantes no crescimento de plantas em ecossistemas naturais e o maior em sistemas agrícolas (Loudet et al., 2003). Uma melhor eficiência do uso de nitrogênio, em particular nos cereais, é a maior meta para a melhor produção vegetal (Miflin, 2002). O N na forma nítrica (KNO<sub>3</sub>) e o EM foram testados com a finalidade de se avaliar o crescimento do milho. No tratamento com resíduo industrial quando houve aplicação foliar de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, a variedade de milho BRS 1010 produziu mais massa fresca na parte aérea do que a "Sol da manhã". Este resultado pode ser devido a BRS 1010 ser uma variedade que foi desenvolvida para alta produtividade quando adubada.

Para a massa seca das plantas, houve diferenças significativas apenas entre as variedades, sendo que a BRS 1010 acumulou mais matéria seca do que a "Sol da manhã" (Tabela 3), seguindo mesmo comportamento do acúmulo de massa fresca.

**Tabela 3.** Massa seca da parte aérea sem a espiga ( $\text{g.vaso}^{-1}$ ) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

Tratamento		Variedade			
Corretivo	Adubação	BRS 1010	Sol da Manhã	Média	
CaCO <sub>3</sub>	Controle	82,58 Aa	68,28 Aa	75,43 a	<b>88,38 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	107,40 Aa	87,37 Aa	97,39 a	
	EM	90,63 Aa	84,91 Aa	87,77 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	95,51 Aa	90,34 Aa	92,93 a	
RI	Controle	94,39 Aa	81,67 Aa	88,03 a	<b>93,38 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	106,54 Aa	82,16 Aa	94,35 a	
	EM	102,58 Aa	91,92 Aa	97,25 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	101,64 Aa	86,17 Aa	93,91 a	
<b>Média</b>		<b>97,66 A</b>	<b>84,10 B</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

As plantas não apresentaram grande perda de umidade, uma vez que foram coletadas em estado avançado de senescência, onde estavam quase secas por completo. É importante registrar que, na condução do experimento, observou-se que as plantas tratadas com EM permanecem mais tempo verdes. Este indício de atraso de senescência e provável manutenção da atividade fotossintética foi observado por Xu (2000) em milho quando se utilizou EM.

Os valores de massa seca dos grãos de milho são apresentados na Tabela 4 onde a variedade BRS 1010 mostra uma interação com EM e nitrato em carbonato de cálcio aumentando em aproximadamente 44% a massa de grãos em relação ao controle e ao tratamento com EM.

A variedade "Sol da manhã" não apresentou diferença significativa com a aplicação foliar de EM e a adubação nítrica, independente do corretivo utilizado.

**Tabela 4.** Massa seca dos grãos (g vaso<sup>-1</sup>) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

Tratamento		Variedade				
Corretivo	Adubação	BRS 1010		Sol da Manhã		Média
CaCO <sub>3</sub>	Controle	26,57	Ab	32,48	Aa	29,53 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	39,45	Aab	34,03	Aa	36,74 b
	EM	29,99	Ab	31,00	Aa	30,50 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	48,15	Aa	43,95	Aa	46,05 a
RI	Controle	34,33	Aab	33,36	Aa	33,84 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	34,78	Aab	36,61	Aa	35,69 b
	EM	34,21	Aab	32,01	Aa	33,11 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	34,40	Aab	33,13	Aa	33,77 b
<b>Média</b>		<b>35,24</b>	<b>A</b>	<b>34,57</b>	<b>A</b>	

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey, P ≤ 0,05).

### 4.3. Teores de Nitrogênio

Os teores de N da parte aérea da planta de milho são apresentados na Tabela 5. Quando a terra dos vasos foi corrigida com carbonato de cálcio houve maior teor de N-total na parte aérea das plantas, independente das variedades, do que quando foi utilizado o resíduo industrial.

Quando se avalia separadamente a parte vegetativa, a variedade BRS 1010 acumulou mais N-total do que a "Sol da Manhã" independente do corretivo no experimento (Tabela 5).

A variedade BRS 1010 quando foi adubada com EM e carbonato de cálcio foi diferente significativamente dos demais tratamentos, com exceção do tratamento com nitrato, demonstrando que para acúmulo de N na parte vegetativa, o EM pode ser comparado à adubação com nitrato. Já na variedade "Sol da Manhã" um maior teor de N-total na parte vegetativa ocorreu quando a variedade foi adubada com nitrato e resíduo industrial sendo diferente dos demais tratamentos (Tabela 5). As variedades apresentaram diferente comportamento em relação ao acúmulo de N na parte reprodutiva, onde a "Sol da Manhã" foi superior a BRS 1010. Entre os corretivos utilizados, deve ser destacado o carbonato de cálcio que quando foi utilizado para a correção da terra do experimento, promoveu maiores teores de N-total na parte reprodutiva das plantas, independente das variedades (Tabela 5).

**Tabela 5.** Teor de nitrogênio ( $\text{mg N g}^{-1}$  de massa seca) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

Tratamento		N-total – Parte Aérea ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) (parte vegetativa + parte reprodutiva)		
Corretivo	Adubação	BRS 1010	Sol da Manhã	Média
CaCO <sub>3</sub>	Controle	5,71 Ab	4,97 Acd	5,34 d
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,68 Aa	5,42 Bc	6,05 ab
	EM	6,29 Aa	6,16 Ab	6,22 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	5,32 Abc	5,46 Ac	5,39 cd
RI	Controle	5,04 Ac	5,11 Ac	5,08 d
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,32 Abc	6,11 Ab	5,71 bc
	EM	4,44 Ad	4,48 Ad	4,46 e
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	5,06 Bc	6,77 Aa	5,91 ab
<b>Média</b>		<b>5,48 A</b>	<b>5,56 A</b>	
Tratamento		N-total - Parte Vegetativa ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) (colmo + folha)		
CaCO <sub>3</sub>	Controle	6,17 Ab	3,71 Bcd	4,94 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,70 Aab	4,16 Bc	5,43 ab
	EM	7,71 Aa	4,19 Bc	5,95 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	3,83 Ac	3,80 Acd	3,82 c
RI	Controle	4,10 Ac	3,02 Ad	3,56 c
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,25 Bc	6,84 Aa	5,55 ab
	EM	4,02 Ac	3,88 Acd	3,95 c
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	4,93 Ac	5,38 Ab	5,15 b
<b>Média</b>		<b>5,21 A</b>	<b>4,37 B</b>	
Tratamento		N-total - Parte Reprodutiva ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) (pendão + espiga)		
CaCO <sub>3</sub>	Controle	5,48 Abcd	5,59 Abc	5,54 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,67 Aa	6,04 Ab	6,35 a
	EM	5,58 Bbc	7,14 Aa	6,36 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	6,07 Aab	6,28 Ab	6,18 a
RI	Controle	5,52 Abc	6,16 Ab	5,84 ab
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,85 Aabc	5,75 Ab	5,80 ab
	EM	4,65 Ad	4,79 Ac	4,72 c
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	5,13 Bcd	7,46 Aa	6,30 a
<b>Média</b>		<b>5,62 B</b>	<b>6,15 A</b>	

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

Quando se avalia a parte vegetativa separadamente, o teor de N no colmo foi maior quando o carbonato de cálcio foi utilizado quando comparado ao resíduo industrial. Entre as variedades não ocorreu diferença significativa. Nos demais tratamentos o teor de N no colmo não foi afetado significativamente, exceto para a variedade “Sol da manhã” com resíduo industrial no tratamento conjunto de  $\text{NO}_3^-$  e EM (Tabela 6).

**Tabela 6.** Teor de nitrogênio ( $\text{mg N g}^{-1}$  de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

		<b>N-total – Colmo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
<b>Tratamento</b>	<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>	<b>Média</b>
CaCO <sub>3</sub>		Controle	2,98 Aa	2,95 Aa	2,96 a
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,80 Aa	3,73 Aa	3,26 a
		EM	2,54 Aa	3,62 Aa	3,08 a
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,86 Aa	3,99 Aa	3,42 a
RI		Controle	3,21 Aa	2,80 Aa	3,01 a
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,99 Aa	4,65 Aa	4,32 a
		EM	3,08 Aa	3,93 Aa	3,51 a
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	4,21 Ba	5,75 Aa	4,98 a
<b>Média</b>			<b>3,21 A</b>	<b>3,93 A</b>	
		<b>N – Folha (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
CaCO <sub>3</sub>		Controle	9,35 Aab	4,47 Bb	6,91 abc
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10,61 Aa	4,60 Bab	7,61 ab
		EM	12,88 Aa	4,76 Bab	8,82 a
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	4,81 Ab	3,61 Ab	4,21 c
RI		Controle	4,98 Ab	3,23 Bb	4,10 c
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4,52 Bb	9,03 Aa	6,77 abc
		EM	4,96 Ab	3,82 Ab	4,39 c
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	5,64 Ab	5,00 Aab	5,32 bc
<b>Média</b>			<b>7,22 A</b>	<b>4,81 B</b>	

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

A variedade “Sol da manhã” com resíduo industrial e aplicações foliares de  $\text{NO}_3^-$  e EM (Tabela 5), apresentou maior teor de N na parte reprodutiva, este um reflexo do maior valor de N nos grãos (Tabela 7).

Os teores de N no pendão não apresentaram diferença significativa, porém, os valores obtidos, de N, nesta parte da planta, neste experimento, são equivalentes aos teores de N nas folhas.

**Tabela 7.** Teor de nitrogênio ( $\text{mg N g}^{-1}$  de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b>N-total – Palhada (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>								
<b>Tratamento</b>	<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>		<b>Sol da Manhã</b>		<b>Média</b>	
$\text{CaCO}_3$		Controle	4,62	Aa	4,29	Aab	4,45	<b>5,47 a</b>
		$\text{NO}_3^-$	6,71	Aa	3,41	Bab	5,06	
		EM	7,32	Ba	9,62	Aa	8,47	
		$\text{NO}_3^-$ +EM	4,70	Aa	3,11	Bab	3,91	
RI		Controle	5,96	Ba	8,24	Aab	7,10	<b>5,65 a</b>
		$\text{NO}_3^-$	7,42	Aa	5,87	Bab	6,64	
		EM	4,95	Aa	1,67	Bb	3,31	
		$\text{NO}_3^-$ +EM	2,60	Ba	8,49	Aab	5,54	
<b>Média</b>			<b>5,54</b>	<b>A</b>	<b>5,59</b>	<b>A</b>		
<b>N-total – Sabugo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>								
$\text{CaCO}_3$		Controle	1,72	Aa	2,07	Aa	1,89	<b>2,07 a</b>
		$\text{NO}_3^-$	1,72	Aa	2,28	Aa	2,00	
		EM	2,02	Aa	2,98	Aa	2,50	
		$\text{NO}_3^-$ +EM	1,63	Aa	2,10	Aa	1,87	
RI		Controle	1,54	Aa	1,85	Aa	1,70	<b>1,69 a</b>
		$\text{NO}_3^-$	1,66	Aa	1,91	Aa	1,79	
		EM	1,02	Aa	1,80	Aa	1,41	
		$\text{NO}_3^-$ +EM	1,61	Aa	2,09	Aa	1,85	
<b>Média</b>			<b>1,62</b>	<b>A</b>	<b>2,14</b>	<b>A</b>		
<b>N-total – Grão (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>								
$\text{CaCO}_3$		Controle	7,74	Bab	9,30	Aab	8,52	<b>9,47 a</b>
		$\text{NO}_3^-$	10,50	Aa	11,86	Aab	11,18	
		EM	6,33	Bab	7,81	Aab	7,07	
		$\text{NO}_3^-$ +EM	10,30	Ba	11,92	Aa	11,11	
RI		Controle	5,54	Bb	7,16	Ab	6,35	<b>8,13 b</b>
		$\text{NO}_3^-$	7,35	Bab	8,83	Aab	8,09	
		EM	6,15	Bab	8,80	Aab	7,47	
		$\text{NO}_3^-$ +EM	8,75	Bab	12,44	Aa	10,59	
<b>Média</b>			<b>7,83</b>	<b>B</b>	<b>9,76</b>	<b>A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

Para ambas as variedades no tratamento com carbonato, a aplicação foliar de EM contribuiu para o maior teor de N na palhada, o que se refletiu em menor teor de N nos grãos para esse tratamento. O teor de N dos grãos da variedade Sol da manhã foi sempre significativamente superior ao da BRS-1010, para qualquer tratamento, exceto no carbonato com  $\text{NO}_3^-$ , onde foram iguais (Tabela 7).

O N-total do sabugo não apresentou diferenças significativas nem entre os tratamentos nem entre as variedades de milho estudadas, com valores médios para os tratamentos com carbonato de cálcio de 2,07 ( $\text{mg g}^{-1}$ ) e de 1,69 ( $\text{mg g}^{-1}$ ) com resíduo industrial (Tabela 7).

Avaliando o N acumulado nos grãos, houve diferença significativa entre as variedades, destacando-se a variedade "Sol da manhã" superior no teor de N nos grãos sobre a variedade BRS 1010 (Tabela 7). Este comportamento da "Sol da manhã" foi observado também por Machado et al. (2001) utilizando a variedade de milho catetão. Entre as variedades, no tratamento em que as plantas receberam  $\text{NO}_3^-$  em carbonato de cálcio, não houve diferença significativa no teor de N, entretanto, é possível observar que neste tratamento, ocorreu o maior teor de N nos grãos, semelhante aos dados obtidos por Casagrande & Fornasieri Filho (2002), ao adubar com N o milho "safrinha". Souza (1998) realizando aplicação foliar de N em arroz também obteve maior teor de N nos grãos.

Na parte reprodutiva, a maior importância se dá ao teor de N nos grãos, pois está diretamente relacionado ao teor de proteína bruta. Para a "Sol da manhã", o uso do EM com carbonato de cálcio, promoveu o maior teor de N na parte reprodutiva, entretanto, o N não se concentrou no grão como seria desejado, permanecendo em maior quantidade na palhada. Ao adubar com N, no entanto, apesar da variedade ter acumulado menos N na parte aérea em relação ao tratamento com EM (Tabela 5), o teor no grão foi maior (Tabela 7).

O fato da BRS 1010 ter acumulado mais N na folha, comprometeu a remobilização do N para os grãos. Comparando o teor de N nas folhas entre as variedades quando foram submetidas à aplicação foliar de EM, em carbonato de cálcio, a BRS 1010 teve um valor quase três vezes superior ao apresentado pela "Sol da manhã", entretanto, nos grãos (Tabela 7) no mesmo tratamento, pode ser observado que a "Sol da manhã" acumulou mais N nos grãos do que a BRS 1010. Este fato mostra, em relação à utilização do EM com carbonato de cálcio, que a "Sol da manhã" foi mais eficiente em remobilizar o N para os grãos do que a BRS 1010.

Os valores obtidos neste experimento que se destacam são os das plantas (de ambas as variedades) que receberam aplicação foliar de EM no tratamento com resíduo industrial. Apesar de em ambos os casos as plantas apresentarem o menor teor de N na parte aérea e menores valores de N na parte reprodutiva e nesta última serem diferentes estatisticamente dos demais, os teores de N no grão não foram diferentes das plantas adubadas apenas com N (Tabela 8).

Se for levado em consideração que a concentração de N-nitrato aplicado via foliar foi equivalente a 40 kg de N  $\text{ha}^{-1}$  e que a concentração de EM aplicada foi de 1  $\text{mL L}^{-1}$ , o uso do fertilizante biológico é muito promissor. Na Tabela 8 pode ser observada de forma mais clara que é no grão, preferencialmente, que o N tende a ser acumulado.

Deve ser levado em consideração sobre os teores de N encontrados neste experimento o fato das plantas terem sido conduzidas até o final do ciclo, onde a o processo de senescência das plantas já estava em estágio avançado.

Segundo uma análise do EM realizada pela ESALQ-USP, a concentração de N na solução de EM é de 0,28  $\text{g L}^{-1}$ . Ao calcular a quantidade de N aplicado na plantas, considerando a aplicação do EM como suplemento de N, a quantidade é de 0,28 mg de N, ou seja, uma quantidade  $2 \times 10^8$  vezes menor que a adubação nitrogenada. Sendo assim, não deve ser a quantidade de N aplicada via EM que esta promovendo tal diferença.

Xu (2000) em trabalho com milho relatou uma mudança na capacidade fotossintética em plantas tratadas com EM, observando que estas plantas demoravam mais a entrar em senescência. Este acontecimento se repetiu durante a condução do experimento. As plantas de milho que foram tratadas com EM aparentemente retardaram sua senescência em relação aos outros tratamentos, o que seria uma resposta interessante quando se busca maior acúmulo de fotossintatos. Xu (2000) supõe que o EM funcione como um promotor de crescimento em função das observações feitas em seu experimento. Esta sugestão, segundo o autor, se dá pelo fato de que alguns fitormônios e derivados são sintetizados por microorganismos de solo, incluindo algumas espécies contidas no EM que ele utilizou.

Em condições de baixa disponibilidade de N no solo durante o crescimento reprodutivo do milho, a remobilização do N de tecidos vegetativos torna-se particularmente importante para o crescimento de sementes e espiga (Ta & Weiland, 1992).

Este comportamento que o EM promove às plantas é interessante, por exemplo, para o cultivo de forrageiras e de plantas utilizadas como adubo verde, que serão incorporadas ao solo. A utilização do EM tende a ser promissora também na prática do plantio direto, ao utilizar os microorganismos eficazes para acelerar o processo de decomposição da palha, auxiliando no processo de mineralização da matéria orgânica no solo (Guim, 1995, 1995b).

Neste experimento, com relação ao teor de N, a variedade "Sol da manhã" demonstrou grande potencial em responder a aplicação foliar com EM com resultados semelhantes à adubação níttrica.

Diversos trabalhos tem sido realizados para comprovar a eficiência do uso de N pela "Sol da manhã" (Majerowicz et al., 2002; Machado et al., 2001). Com os dados deste experimento, como os de teores de N na parte aérea e nos grãos, indícios de maior eficiência no uso de N vai se confirmando para esta variedade.

A Tabela 8 mostra ainda o teor de N nos diferentes tecidos do milho. É nos grãos onde ocorre o maior teor de N, seguido das folhas e eventualmente do pendão.

**Tabela 8.** Acúmulo de nitrogênio (mg N vaso<sup>-1</sup>) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

Variedade BRS 1010		Acúmulo de nitrogênio (mg N vaso <sup>-1</sup> )									
		Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	124,92	Aa	152,77	Aabc	118,64	Aab	132,98	Ab	132,33	bc
	Folha	218,45	Aa	318,88	Aab	322,64	Aa	143,62	Ab	250,90	ab
Total		343,37	(a)*	471,65	(a)*	441,28	(a)*	276,60	(b)*	383,23	(a)*
Reprodutiva	Pendão	18,08	Aa	24,38	Ac	17,09	Ab	23,32	Ab	20,72	c
	Palhada	66,05	Aa	129,00	Abc	121,92	Aab	81,69	Ab	99,66	c
	Sabugo	53,90	Aa	67,85	Abc	66,67	Aab	59,03	Ab	61,86	c
	Grão	205,11	Ba	413,93	ABa	190,74	Bab	494,43	Aa	326,05	a
Total		343,14	(a)*	635,16	(a)*	396,42	(a)*	658,47	(a)*	508,29	(a)*
Total da Planta		686,51	B	1.106,81	A	837,70	AB	935,07	AB	891,52	
		Resíduo Industrial (RI)									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	156,61	Aa	228,78	Aa	160,40	Aa	222,13	Aab	191,98	a
	Folha	130,38	Aa	117,74	Aa	154,06	Aa	150,69	Aab	138,22	ab
Total		286,99	(a)*	346,52	(a)*	314,46	(a)*	372,82	(a)*	330,20	(a)*
Reprodutiva	Pendão	28,18	Aa	16,37	Aa	18,31	Aa	20,20	Ab	20,76	abc
	Palhada	98,53	Aa	158,32	Aa	83,40	Aa	49,36	Aab	97,40	c
	Sabugo	59,67	Aa	68,04	Aa	37,65	Aa	51,51	Aab	54,22	bc
	Grão	190,05	Aa	257,74	Aa	211,67	Aa	298,44	Aa	239,48	a
Total		376,43	(a)*	500,47	(a)*	351,03	(a)*	419,51	(a)*	411,86	(a)*
Total da Planta		663,42	A	846,99	A	665,49	A	792,33	A	742,06	

**Tabela 8.** (continuação)

<b>Variedade Sol da manhã</b>		<b>Acúmulo de nitrogênio (mg N vaso<sup>-1</sup>)</b>									
		<b>Carbonato de Cálcio (CaCO<sub>3</sub>)</b>									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	105,72	Aab	170,88	Aab	153,79	Aa	187,55	Ab	154,49	b
	Folha	80,77	Aab	107,27	Ab	120,22	Aa	88,10	Ab	99,09	bc
Total		186,49	(b)*	278,15	(a)*	274,01	(a)*	275,65	(b)*	253,58	(a)*
Reprodutiva	Pendão	15,99	Ab	18,21	Ab	25,57	Aa	20,14	Ab	19,98	c
	Palhada	52,81	Aab	60,57	Ab	135,59	Aa	51,66	Ab	75,16	bc
	Sabugo	74,68	Aab	63,54	Ab	78,91	Aa	82,73	Ab	74,96	bc
	Grão	302,08	ABa	402,06	ABa	241,07	Ba	520,23	Aa	366,36	a
Total		445,56	(a)*	544,38	(a)*	481,14	(a)*	674,76	(a)*	536,46	(a)*
Total da Planta		632,05	A	822,53	A	755,15	A	950,41	A	790,04	
		<b>Resíduo Industrial (RI)</b>									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	118,21	Aa	182,48	Aab	191,42	Aa	259,80	Aab	187,98	ab
	Folha	70,54	Aa	197,58	Aab	75,09	Aa	107,56	Ab	112,69	bc
Total		188,75	(b)*	380,06	(a)*	266,51	(a)*	367,36	(a)*	300,67	(a)*
Reprodutiva	Pendão	21,81	Aa	13,35	Ab	20,78	Aa	15,13	Ab	17,77	c
	Palhada	112,96	Aa	109,44	Aab	33,62	Aa	148,35	Aab	101,09	bc
	Sabugo	70,43	Aa	76,31	Aab	67,57	Aa	75,99	Ab	72,58	bc
	Grão	238,65	Aa	321,85	Aa	281,68	Aa	407,96	Aa	312,54	a
Total		443,85	(a)*	520,95	(a)*	403,65	(a)*	647,43	(a)*	503,98	(a)*
Total da Planta		632,60	B	901,01	AB	670,16	B	1.014,79	A	804,65	

Letras minúsculas na mesma coluna (dentro de cada corretivo – CaCO<sub>3</sub> e RI) e letras maiúsculas na mesma linha quando iguais o resultado não difere estatisticamente (Tukey, P ≤ 0,05).

\*Compara as partes vegetativa e reprodutiva dentro de cada corretivo. Espiga = palhada + sabugo + grão.

\*\*Controle - só o corretivo (Carbonato ou RI).

#### 4.4. Teores de Fósforo

Teores significativamente maiores de P na parte aérea das plantas foram encontrados na variedade "Sol da manhã" em comparação com a BRS 1010. Quando se divide as plantas em parte vegetativa e reprodutiva, o comportamento da "Sol da manhã" se repete. Um maior teor de P foi encontrado nas plantas tratadas com resíduo industrial quando se comparam os diferentes corretivos. Como o resíduo industrial utilizado neste experimento possui em sua composição, dentre outros, o fosfato de cálcio, este material pode estar atuando também como um fornecedor deste nutriente às plantas (Tabela 9).

Em geral, os teores de P nas plantas são 10 vezes menores do que o de N, ou seja, se o teor de N varia em torno de 3% da massa seca, o de P seria de 0,3%. Segundo a faixa de variação dos teores de P em massa seca de tecido vegetal proposta por Epstein & Bloom (2005) de 0,15 a 0,5%, os teores de P encontrados neste experimento estão baixos, abaixo do limite inferior. Este comportamento pode ter ocorrido pelo fato de não haver sido realizada adubação com P, e o valor encontrado na terra utilizada no ensaio apresentar teores de P de 14,3mg kg<sup>-1</sup> considerado baixo por De-Polli et al. (1988) para a cultura do milho. Para Tedesco (1995) os valores de P encontrados neste experimento nos tecidos vegetais em geral encontram-se dentro do limite, próximo a faixa mínima, que varia de 0,08 a 1,5%.

As plantas da variedade "Sol da manhã" que receberam aplicações foliares de EM apresentaram os maiores teores de P na parte aérea (Tabela 9).

O resíduo industrial promoveu diferenças entre os teores de P na parte vegetativa, enquanto na parte reprodutiva a diferença não se repetiu (Tabela 9). A variedade "Sol da manhã" com carbonato de cálcio, apresentou teor de P na parte vegetativa quase três vezes superior ao da BRS 1010 (Tabela 9). A variedade "Sol da manhã" ao receber EM e carbonato de cálcio apresentou mais que o dobro do teor P na parte vegetativa que as plantas da BRS 1010 adubadas com nitrato.

Na avaliação do P acumulado na parte reprodutiva a variedade "Sol da manhã" quando recebeu EM e resíduo industrial, se destacou dos demais. A BRS 1010 não respondeu a aplicação do EM nem do nitrato para acumular P na parte reprodutiva, pois ao observar a Tabela 9, em carbonato de cálcio, a resposta ao uso do EM e do nitrato não foi diferente do controle.

No colmo (Tabela 10), pode ser observado que a "Sol da manhã" acumulou cerca de 40% de P a mais que a BRS 1010, quando se avalia tanto as variedades em separado, quanto os corretivos somente, destacando que o uso do resíduo industrial promoveu mais P no colmo. O que vale destacar, porém, é o uso do EM. Ao observar a quantidade de P no colmo das plantas da variedade "Sol da manhã" tratadas com EM, em relação à BRS 1010, os valores são muito superiores.

A adubação com nitrato promoveu aumento dos teores foliares de P em milho safrinha (Casagrande & Fornasieri Filho, 2002), e este fato não se repetiu para a variedade BRS 1010, pois quando recebeu adubação nitrato, os teores de P na folha não apresentaram aumento significativo (Tabela 10). A variedade "Sol da manhã" quando tratada com carbonato não apresentou diferença entre as adubações em relação ao teor de P nas folhas, devendo destacar, porém a diferença do teor de P da variedade "Sol da manhã" em relação à BRS 1010.

**Tabela 9.** Teor de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

Tratamento		P – Parte Aérea ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) (parte vegetativa + parte reprodutiva)		
Corretivo	Adubação	BRS 1010	Sol da Manhã	Média
$\text{CaCO}_3$	Controle	0,87 Abcd	1,03 Acd	0,95 bcd
	$\text{NO}_3^-$	0,90 Abcd	0,99 Acd	0,95 cd
	EM	0,86 Bbcd	1,10 Abc	0,98 abc
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,76 Ad	0,93 Ad	0,85 d
RI	Controle	1,08 Aa	0,95 Acd	1,01 abc
	$\text{NO}_3^-$	1,00 Aab	0,88 Ad	0,94 cd
	EM	0,84 Bcd	1,28 Aa	1,06 ab
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,96 Babc	1,19 Aab	1,08 a
<b>Média</b>		<b>0,91 B</b>	<b>1,04 A</b>	
Tratamento		P – Parte Vegetativa ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) (colmo + folha)		
$\text{CaCO}_3$	Controle	0,26 Bc	0,58 Acd	0,42 c
	$\text{NO}_3^-$	0,30 Bc	0,56 Ad	0,43 c
	EM	0,18 Bc	0,73 Abc	0,45 c
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,18 Bc	0,40 Ae	0,29 d
RI	Controle	0,79 Aa	0,43 Bde	0,61 b
	$\text{NO}_3^-$	0,78 Aa	0,34 Be	0,56 b
	EM	0,62 Bb	0,89 Aa	0,75 a
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,76 Aab	0,82 Aab	0,79 a
<b>Média</b>		<b>0,48 B</b>	<b>0,59 A</b>	
Tratamento		P – Parte Reprodutiva ( $\text{mg g}^{-1}$ de massa seca) (pendão + espiga)		
$\text{CaCO}_3$	Controle	1,18 Aa	1,25 Abc	1,21 a
	$\text{NO}_3^-$	1,21 Aa	1,20 Abc	1,20 a
	EM	1,21 Aa	1,29 Abc	1,25 a
	$\text{NO}_3^-$ +EM	1,06 Aab	1,19 Abc	1,12 a
RI	Controle	1,23 Aa	1,20 Abc	1,21 a
	$\text{NO}_3^-$	1,10 Aab	1,15 Ac	1,13 a
	EM	0,94 Bc	1,48 Aa	1,21 a
	$\text{NO}_3^-$ +EM	1,07 Bab	1,38 Aab	1,22 a
<b>Média</b>		<b>1,12 B</b>	<b>1,27 A</b>	

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 10.** Teor de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b>P – Colmo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>Tratamento</b>		<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>	<b>Média</b>	
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>				
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Controle	0,32 Ba	0,61 Aa	0,47 a	
	$\text{NO}_3^-$	0,29 Ba	0,58 Aa	0,43 a	
	EM	0,11 Ba	0,89 Aa	0,50 a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,17 Aa	0,24 Aa	0,21 a	
<b>RI</b>	Controle	0,64 Aa	0,56 Aa	0,60 a	
	$\text{NO}_3^-$	0,55 Aa	0,35 Aa	0,45 a	
	EM	0,46 Ba	1,20 Aa	0,83 a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,73 Aa	0,95 Aa	0,84 a	
<b>Média</b>		<b>0,41 B</b>	<b>0,67 A</b>		
<b>P – Folha (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Controle	0,19 Ba	0,55 Aa	0,37 a	
	$\text{NO}_3^-$	0,31 Ba	0,55 Aa	0,43 a	
	EM	0,24 Ba	0,56 Aa	0,40 a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,19 Ba	0,55 Aa	0,37 a	
<b>RI</b>	Controle	0,94 Aa	0,30 Ba	0,62 a	
	$\text{NO}_3^-$	1,00 Aa	0,32 Ba	0,66 a	
	EM	0,78 Aa	0,57 Aa	0,68 a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,78 Aa	0,68 Aa	0,73 a	
<b>Média</b>		<b>0,56 A</b>	<b>0,51 A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

Vale lembrar que, como a absorção e assimilação de N são dependentes de energia, a falta do P pode ter sido um fator que interferiu no metabolismo de N pelas plantas deste trabalho, demonstrando assim a essencialidade de cada elemento em nutrição de plantas. Cada elemento tem uma importância no metabolismo vegetal, independente da sua concentração, não podendo um elemento ser considerado menos importante que o outro. Como exemplo da interferência do P sobre absorção e assimilação de N, Grossman & Takahashi (2001) citam que a limitação de P causa modificações significantes com respeito a atividades associadas com a via glicolítica (uma via importante no metabolismo de N). Fosfo Enol Piruvato fosfatase (PEPfosfatase, uma PEP específica, ATPase vacuolar), que catalisa a formação de piruvato e Pi a partir de PEP, teve sua atividade aumentada de forma específica durante a retirada de P em plantas de *Brassica nigra* e *Selenastrum minutum*, demonstrando a regulação que o P promove no metabolismo e desenvolvimento das plantas.

Como pode ser observado na Tabela 11, o teor de P no pendão da "Sol da manhã" foi maior em relação à BRS 1010 independente do corretivo utilizado. Vale observar que os teores de P no pendão e no grão são muito maiores que no colmo e nas folhas, demonstrando o consumo energético que as plantas demandam na fase reprodutiva. É importante ressaltar

ainda que, a absorção de fósforo pelas plantas está relacionada com a quantidade de fósforo disponível no solo, com os parâmetros de distribuição de radículas e com fatores ambientais que influenciam o crescimento vegetal (Silva & Magalhães, 1991).

**Tabela 11.** Teor de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) na parte reprodutiva masculina (pendão) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b>P – Pendão (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>Corretivo</b>	<b>Tratamento Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>	<b>Média</b>	
CaCO <sub>3</sub>	Controle	1,16 Aa	0,87 Ba	1,02 a	<b>1,16 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,34 Aa	1,19 Aa	1,26 a	
	EM	0,96 Ba	1,29 Aa	1,13 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,17 Aa	1,30 Aa	1,23 a	
RI	Controle	1,45 Aa	1,34 Aa	1,40 a	<b>1,12 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,94 Ba	1,28 Aa	1,11 a	
	EM	0,56 Ba	1,44 Aa	1,00 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,77 Ba	1,22 Aa	1,00 a	
<b>Média</b>		<b>1,04 B</b>	<b>1,24 A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

O acúmulo de fósforo na palhada foi diferente quando se utilizou corretivos diferentes na terra dos vasos do experimento. E o resíduo industrial promoveu essa diferença, sendo superior o acúmulo de P quando é utilizado como corretivo (Tabela 12).

Não houve diferenças significativas para os teores de P no sabugo (Tabela 12).

Quando se avalia o teor de P nos grãos, a variedade "Sol da manhã" apresentou maior teor de P em comparação à BRS 1010, sendo nesta parte da planta o maior teor deste elemento. Destaque também para o carbonato, sendo mais eficiente em promover o maior teor de P nos grãos do que o resíduo industrial (Tabela 12). Os valores de P no grão obtidos pela "Sol da manhã" mostram que esta variedade foi mais eficiente na absorção de P que a BRS 1010. A maior eficiência que a "Sol da manhã" demonstrou em absorver P também foi observada por Machado et al. (2001b) sobre a variedade catetão, em plantas de milho cultivadas em solução nutritiva.

A variedade "Sol da manhã" demonstrou neste experimento ser mais eficiente em absorver P do que a BRS 1010, apesar de não haver ocorrido adubação fosfatada, em virtude da concentração de P existente na terra utilizada nos vasos e do teor deste elemento nas plantas, pois, segundo Fernandes (2001), plantas eficientes em P são aquelas que quando são cultivadas com certo nível de P acumulam as maiores concentrações do nutriente. É muito interessante o teor de P que a variedade "Sol da manhã" apresentou quando as plantas receberam EM, demonstrando ser este produto à base de microorganismos, promissor como insumo. Entretanto, esse aumento do P no tecido vegetal também pode ser atribuído ao fato de haver sido realizada a correção da terra utilizada nos vasos. Segundo van Raij (1991) é comum na agricultura no Brasil haver o aumento da disponibilidade de fósforo para as plantas na solução do solo apenas realizando a calagem, uma vez que a maioria dos solos brasileiros são ácidos.

**Tabela 12.** Teor de fósforo ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b>P – Palhada (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>				
<b>Tratamento</b>				
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>	<b>Média</b>
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,80 Aa	0,22 Ba	0,51 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,53 Aa	0,30 Aa	0,42 a
	EM	0,74 Aa	0,63 Aa	0,69 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,38 Aa	0,23 Aa	0,30 a
RI	Controle	0,38 Aa	0,28 Aa	0,33 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,52 Ba	1,01 Aa	0,77 a
	EM	0,72 Ba	1,14 Aa	0,93 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,81 Ba	1,11 Aa	0,96 a
<b>Média</b>		<b>0,61 A</b>	<b>0,62 A</b>	
<b>P – Sabugo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>				
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,36 Aa	0,29 Aa	0,33 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,22 Aa	0,45 Aa	0,34 a
	EM	0,36 Aa	0,39 Aa	0,38 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,31 Aa	0,31 Aa	0,31 a
RI	Controle	0,27 Aa	0,42 Aa	0,35 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,44 Aa	0,29 Aa	0,38 a
	EM	0,16 Aa	0,37 Aa	0,27 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,22 Aa	0,35 Aa	0,29 a
<b>Média</b>		<b>0,30 A</b>	<b>0,36 A</b>	
<b>P – Grão (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>				
CaCO <sub>3</sub>	Controle	2,38 Ba	3,62 Aa	3,00 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,74 Aa	2,85 Aa	2,80 a
	EM	2,77 Aa	2,84 Aa	2,81 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,37 Ba	2,92 Aa	2,65 a
RI	Controle	2,80 Aa	2,76 Aa	2,78 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,49 Aa	2,10 Ba	2,30 a
	EM	2,32 Ba	2,98 Aa	2,65 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,46 Ba	2,82 Aa	2,64 a
<b>Média</b>		<b>2,54 B</b>	<b>2,86 A</b>	

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

A Tabela 13 apresenta o acúmulo de P por vaso nas diferentes partes das plantas. O teor de fósforo nos tecidos segue a do nitrogênio onde os grãos tendem a apresentar os maiores teores de P seguido do pendão como tecido de maior teor de P, depois do grão.

**Tabela 13.** Acúmulo de fósforo (mg vaso<sup>-1</sup>) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

Variedade BRS 1010		Acúmulo de fósforo (mg vaso <sup>-1</sup> )									
		Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	13,09	Aa	16,16	Ab	4,96	Aab	7,96	Ab	10,54	b
	Folha	4,70	Aa	9,29	Ab	6,09	Aab	5,62	Ab	6,43	b
Total		17,79	(b)*	25,45	(b)*	11,05	(b)*	13,58	(b)*	16,97	(b)*
Reprodutiva	Pendão	2,82	Aa	4,22	Ab	2,47	Ab	3,56	Ab	3,27	b
	Palhada	11,46	Aa	9,95	Ab	12,35	Aab	6,56	Ab	10,08	b
	Sabugo	11,87	Aa	8,90	Ab	12,25	Aab	11,05	Ab	11,02	b
	Grão	62,93	Aa	107,48	Aa	83,89	Aa	114,06	Aa	92,09	a
Total		89,08	(a)*	130,55	(a)*	110,96	(a)*	135,23	(a)*	116,46	(a)*
Total da Planta		106,87	A	156,00	A	122,01	A	148,81	A	133,43	
		Resíduo Industrial (RI)									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	31,47	Aab	32,27	Aab	24,15	Aa	37,91	Aab	31,45	b
	Folha	24,50	Aab	25,34	Aab	24,17	Aa	20,98	Aab	23,75	b
Total		55,97	(a)*	57,61	(a)*	48,32	(a)*	58,89	(a)*	55,20	(a)*
Reprodutiva	Pendão	4,52	Ab	2,22	Ab	1,57	Aa	2,11	Ab	2,60	b
	Palhada	6,34	Ab	11,21	Aab	11,93	Aa	15,94	Aab	11,36	b
	Sabugo	10,07	Ab	18,90	Aab	5,99	Aa	7,24	Aab	10,55	b
	Grão	96,21	Aa	87,47	Aa	79,31	Aa	84,38	Aa	86,84	a
Total		117,14	(a)*	119,80	(a)*	98,80	(a)*	109,67	(a)*	111,35	(a)*
Total da Planta		173,11	A	177,41	A	147,12	A	168,56	A	166,55	

**Tabela 13.** (continuação)

Variedade Sol da manhã		Acúmulo de fósforo (mg vaso <sup>-1</sup> )									
		Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	21,77	Ab	26,17	Aab	37,78	Aab	11,86	Ab	24,39	b
	Folha	10,09	Ab	12,75	Ab	14,12	Aab	13,85	Ab	12,70	b
Total		31,86		38,92		51,90		25,71		37,09	
Reprodutiva	Pendão	2,06	Ab	3,35	Ab	4,14	Ab	3,28	Ab	3,21	b
	Palhada	2,72	Ab	5,16	Ab	8,89	Aab	4,13	Ab	5,23	b
	Sabugo	10,61	Ab	12,66	Ab	10,50	Aab	12,08	Ab	11,46	b
	Grão	116,68	Aa	99,42	Aa	88,09	Aa	128,21	Aa	108,10	a
Total		132,07		120,59		111,62		147,70		128,00	
Total da Planta		163,93	A	159,51	A	163,52	A	173,41	A	165,09	
Partes da Planta		Resíduo Industrial (RI)									
		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	23,12	Aab	14,02	Aa	58,73	Aab	43,18	Aab	34,76	b
	Folha	6,72	Ab	6,94	Aa	11,18	Ab	14,58	Aab	9,85	b
Total		29,84	(a)*	20,96	(a)*	69,91	(a)*	57,76	(a)*	44,61	(a)*
Reprodutiva	Pendão	3,92	Ab	2,67	Aa	4,51	Ab	2,71	Ab	3,45	b
	Palhada	3,93	Ab	18,94	Aa	23,11	Aab	19,58	Aab	16,39	b
	Sabugo	16,12	Aab	11,82	Aa	13,68	Ab	12,74	Ab	13,59	b
	Grão	92,03	Aa	76,87	Aa	95,35	Aa	94,45	Aa	89,68	a
Total		116,00	(a)*	110,30	(a)*	136,65	(a)*	129,48	(a)*	123,11	(a)*
Total da Planta		145,84	A	131,26	A	206,56	A	187,24	A	167,72	

Letras minúsculas na mesma coluna (dentro de cada corretivo – CaCO<sub>3</sub> e RI) e letras maiúsculas na mesma linha quando iguais o resultado não difere estatisticamente (Tukey, P ≤ 0,05).

\*Compara as partes vegetativa e reprodutiva dentro de cada corretivo. Espiga = palhada + sabugo + grão.

\*\*Controle - só o corretivo (Carbonato ou RI).

#### 4.5. Teores de Potássio

O teor de K na variedade "Sol da manhã" foi significativamente superior a BRS 1010. O mesmo se repetiu ao dividir a planta em parte vegetativa e reprodutiva (Tabela 14).

Apesar da variedade "Sol da manhã" ter apresentado um teor de K maior do que a BRS 1010, a massa fresca da BRS 1010 foi maior que a da "Sol da manhã" (194,39 e 157,24g vaso<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabela 2). Estes valores chamam a atenção pelo fato do K nas plantas além de ser estar envolvido na ativação de um grande número de enzimas (Malavolta & Crocomo, 1982), ser também importante nos processos que controlam o uso de água pela planta. Mengel & Kirkby (1980) descrevem que o K é o mais importante soluto inorgânico em plantas, é osmoticamente ativo, sendo significativo no crescimento e na extensão celular. Neste experimento, mesmo sendo aplicado K duas vezes por via foliar, (em função da aplicação do N na forma de nitrato de potássio) a "Sol da manhã" não apresentou diferença no teor de K nos diferentes tratamentos, tanto no carbonato quanto no resíduo industrial, mas apresentou maior teor de K do que a variedade BRS 1010. Ainda que realizada a adubação potássica, os valores de K encontram-se abaixo dos teores médios propostos por Epstein & Bloom (2005) e Tedesco (1995). Isto pode ser explicado pelo fato da coleta do experimento ter ocorrido quando as plantas estavam já em processo avançado de senescência.

O K é classificado como macronutriente catiônico (Marschner, 1995) junto com cálcio e magnésio já que dessa forma (de cátions) são absorvidos pelas plantas. É o mais exigido dos três e sua maior proporção se encontra em órgãos vegetativos (Marschner, 1995). Neste experimento se repetiu o que Marschner (1995) afirma sobre o teor de K se acumular mais nestas partes. Deve ser destacado que com o resíduo industrial, as plantas apresentaram maior teor de K em relação ao carbonato de cálcio, não diferindo significativamente apenas na parte reprodutiva (Tabela 14). A variedade "Sol da manhã" tratada com carbonato, não diferiu estatisticamente entre a adubação nítrica e o EM, promovendo inclusive maior teor de K do que a BRS 1010 tratada com nitrato.

A Tabela 15 apresenta valores de K da parte vegetativa separados em colmo e folhas. Ao avaliar o colmo, pode ser observado que a variedade "Sol da manhã" teve o teor de K superior ao da BRS 1010. Entre os corretivos, o tratamento com resíduo industrial promoveu maior acúmulo de K independente da variedade, em relação ao carbonato de cálcio. Entretanto, com carbonato de cálcio, a "Sol da manhã" foi mais eficiente em acumular K no colmo do que a BRS 1010, chegando a apresentar valor três vezes maior no tratamento em que as variedades foram adubadas com EM.

**Tabela 14.** Teor de potássio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b>K - Parte Aérea (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>				
<b>(parte vegetativa + parte reprodutiva)</b>				
<b>Tratamento</b>	<b>Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>	<b>Média</b>
CaCO <sub>3</sub>	Controle	1,45 Bbc	2,05 Aa	1,75 ab
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,58 Bb	1,96 Aa	1,77 ab
	EM	1,18 Bc	2,06 Aa	1,62 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,66 Aab	1,86 Aa	1,76 ab
RI	Controle	1,99 Aa	1,86 Aa	1,92 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,77 Aab	1,75 Aa	1,76 ab
	EM	1,68 Aab	1,88 Aa	1,78 ab
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,69 Bab	2,04 Aa	1,87 ab
<b>Média</b>		<b>1,63 B</b>	<b>1,93 A</b>	
<b>K - Parte Vegetativa (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>				
<b>(colmo + folha)</b>				
CaCO <sub>3</sub>	Controle	2,22 Bc	3,61 Aab	2,92 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,63 Bbc	3,81 Aa	3,22 a
	EM	1,51 Bd	3,23 Aabc	2,37 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,55 Abc	2,94 Abc	2,75 ab
RI	Controle	3,15 Aab	3,13 Aabc	3,14 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,59 Aa	2,82 Bc	3,21 a
	EM	3,13 Aab	3,16 Aabc	3,15 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,93 Aab	3,33 Aabc	3,13 a
<b>Média</b>		<b>2,71 B</b>	<b>3,25 A</b>	
<b>K - Parte Reprodutiva (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>				
<b>(pendão + espiga)</b>				
CaCO <sub>3</sub>	Controle	1,07 Abc	1,27 Aab	1,17 abc
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,05 Abc	1,04 Ac	1,04 c
	EM	1,02 Bbc	1,48 Aa	1,25 ab
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,21 Aab	1,32 Aab	1,26 a
RI	Controle	1,41 Aa	1,22 Abc	1,31 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,86 Bc	1,22 Abc	1,04 c
	EM	0,96 Bc	1,23 Abc	1,10 bc
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,08 Bbc	1,40 Aab	1,24 ab
<b>Média</b>		<b>1,08 B</b>	<b>1,27 A</b>	

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 15.** Teor de potássio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

		<b>K – Colmo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
<b>Tratamento</b>					
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>		<b>Média</b>
CaCO <sub>3</sub>	Controle	2,46 Bab	5,03 Aa		3,75 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,58 Bab	4,41 Aa		3,49 a
	EM	1,23 Bb	4,08 Aa		2,65 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,50 Bab	3,52 Aa		3,01 a
RI	Controle	3,54 Aa	3,98 Aa		3,76 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,67 Aa	3,30 Aa		3,49 a
	EM	3,26 Aab	3,64 Aa		3,45 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,45 Bab	4,22 Aa		3,33 a
<b>Média</b>		<b>2,71 B</b>	<b>4,02 A</b>		
		<b>K – Folha (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
CaCO <sub>3</sub>	Controle	1,97 Aa	2,20 Aa		2,08 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,69 Ba	3,21 Aa		2,95 a
	EM	1,79 Ba	2,39 Aa		2,09 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,60 Aa	2,36 Aa		2,48 a
RI	Controle	2,75 Aa	2,29 Aa		2,52 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,51 Aa	2,35 Ba		2,93 a
	EM	3,00 Aa	2,69 Aa		2,85 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	3,41 Aa	2,44 Ba		2,93 a
<b>Média</b>		<b>2,72 A</b>	<b>2,49 B</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

Nas folhas, o acúmulo de K foi maior na BRS 1010 do que na variedade "Sol da manhã". O resíduo industrial foi quem promoveu maior teor de K nas folhas do que o carbonato de cálcio. Ao realizar adubação com nitrato, em carbonato de cálcio, observa-se que a "Sol da manhã" apresentou mais K nas folhas do que a BRS 1010, repetindo esse comportamento para a adubação com EM.

É importante ressaltar que foi realizada adubação potássica neste experimento através das aplicações foliares de nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ). Para todas as plantas foi realizada uma adubação basal a fim de garantir uma condição mínima para seu desenvolvimento. O K foi disponibilizado para plantas ao ser utilizado o  $\text{KNO}_3$  como fonte de nitrogênio na adubação basal e nos demais tratamentos onde foi utilizada a adubação nítrica.

Os teores de K nas folhas não foram influenciados pela adubação nítrica, semelhante aos dados obtidos por Casagrande & Fornasieri Filho (2002) que não observaram em milho safrinha diferença dos teores foliares de K com a adubação nitrogenada.

Na parte reprodutiva masculina do milho (pendão), a "Sol da manhã" foi que obteve os maiores teores de K (Tabela 16), não havendo, entretanto, diferença entre os corretivos utilizados neste trabalho.

**Tabela 16.** Teor de potássio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) na parte reprodutiva masculina (pendão) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e "Sol da manhã"), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

		<b>K – Pendão (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
<b>Tratamento</b>					
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>		<b>Média</b>
CaCO <sub>3</sub>	Controle	2,14 Aa	2,55 Aa	2,34 a	<b>2,12 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,77 Ba	2,29 Aa	2,03 a	
	EM	1,53 Ba	2,52 Aa	2,02 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,94 Aa	2,24 Aa	2,09 a	
RI	Controle	2,67 Aa	2,24 Aa	2,45 a	<b>2,24 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,44 Ba	2,26 Aa	1,85 a	
	EM	1,46 Ba	2,30 Aa	1,88 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,07 Ba	3,53 Aa	2,80 a	
<b>Média</b>		<b>1,87 B</b>	<b>2,49 A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

Na Tabela 17, esta os valores de K na parte reprodutiva feminina (espiga = palhada, sabugo e grãos). Na palhada, nenhuma diferença ocorreu, chamando a atenção, porém os baixíssimos níveis de K nesta parte do milho.

Na parte reprodutiva feminina, foi no sabugo onde ocorreram os maiores teores de K. Não houve diferença entre as variedades, nem entre os corretivos utilizados. No entanto, quando nitrato foi aplicado, o K no sabugo foi maior na variedade BRS 1010 tratada com carbonato de cálcio em relação a "Sol da manhã". Entretanto, utilizando o resíduo industrial, também com N, a "Sol da manhã" acumulou mais K no sabugo do que a BRS 1010 (Tabela 17).

Avaliando o K nos grãos, o fato de se adubar com  $\text{KNO}_3$  ou com EM não promoveu diferença dos teores de K nesta parte da planta, assim como a utilização dos diferentes corretivos, independente das variedades (Tabela 17).

Andreotti et al. (2001) adubando milho com K obtiveram aumento no peso de grãos. Neste experimento, ambas as adubações e corretivos não promoveram influência na massa de grãos de milho (Tabela 4). O uso do EM na variedade "Sol da manhã" promoveu um teor de K semelhante à adubação com N. Os valores apresentados na Tabela 17 são abaixo dos valores propostos por Mengel (1982) que são de  $0,4 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  de K para o grão de milho e  $1,4 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  para a palha de milho. Esse autor indica que os teores de K diferentes destes, significam que a planta se desenvolveu em condição de deficiência ou excesso de  $\text{K}^+$  no solo.

A absorção do K, segundo Barber (1982) é influenciada pela adubação com N. Este efeito não se apresentou neste experimento nem no teor de K na planta nem em massa de grãos (Tabela 4).

A Tabela 18 mostra de forma mais clara que o maior acúmulo de K encontra-se nas folhas e colmos das plantas. O colmo foi o tecido onde preferencialmente este elemento se concentrou, seguido das folhas e pendão, variando em função do tratamento.

**Tabela 17.** Teor de potássio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b>K – Palhada (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
Corretivo	Tratamento	BRS 1010	Sol da Manhã	Média	
	Adubação				
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,02 Aa	0,02 Aa	0,02 a	<b>0,01 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,01 Aa	0,01 Aa	0,01 a	
	EM	0,01 Aa	0,01 Aa	0,01 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,01 Aa	0,01 Aa	0,01 a	
RI	Controle	0,01 Aa	0,01 Aa	0,01 a	<b>0,01 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,01 Aa	0,02 Aa	0,01 a	
	EM	0,01 Aa	0,01 Aa	0,01 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,01 Aa	0,02 Aa	0,01 a	
<b>Média</b>		<b>0,01 A</b>	<b>0,01 A</b>		
<b>K – Sabugo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
CaCO <sub>3</sub>	Controle	1,47 Aa	1,49 Aa	1,48 a	<b>1,83 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,76 Aa	1,23 Ba	1,50 a	
	EM	1,66 Ba	2,49 Aa	2,08 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,25 Aa	2,27 Aa	2,26 a	
RI	Controle	2,16 Aa	1,91 Aa	2,04 a	<b>1,74 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,33 Ba	1,99 Aa	1,66 a	
	EM	1,59 Aa	1,94 Aa	1,77 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,59 Aa	1,42 Aa	1,51 a	
<b>Média</b>		<b>1,73 A</b>	<b>1,84 A</b>		
<b>K – Grão (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,67 Aa	1,01 Aa	0,84 a	<b>0,76 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,65 Aa	0,62 Aa	0,64 a	
	EM	0,86 Aa	0,88 Aa	0,87 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,64 Aa	0,76 Aa	0,70 a	
RI	Controle	0,79 Aa	0,73 Aa	0,76 a	<b>0,68 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,65 Aa	0,59 Aa	0,62 a	
	EM	0,78 Aa	0,69 Aa	0,73 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,64 Aa	0,62 Aa	0,63 a	
<b>Média</b>		<b>0,71 A</b>	<b>0,74 A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 18.** Acúmulo de potássio (mg vaso<sup>-1</sup>) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

Variedade BRS 1010		Acúmulo de potássio (mg vaso <sup>-1</sup> )									
		Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	104,82	Aa	140,36	Aa	55,96	Aa	115,76	Aa	104,22	a
	Folha	46,42	Aa	82,09	Aab	44,75	Aa	74,65	Aa	61,98	ab
Total		151,24	(a)*	222,45	(a)*	100,71	(a)*	190,41	(a)*	166,20	(a)*
Reprodutiva	Pendão	5,03	Aa	5,65	Aab	3,96	Aa	5,93	Aa	5,14	b
	Palhada	0,21	Aa	0,14	Ab	0,25	Aa	0,24	Aa	0,21	b
	Sabugo	46,93	Aa	69,14	Aab	58,50	Aa	80,31	Aa	63,72	ab
	Grão	18,15	Aa	25,18	Aab	25,72	Aa	31,04	Aa	25,03	b
Total		70,32	(a)*	100,11	(a)*	88,43	(a)*	117,52	(a)*	94,10	(a)*
Total da Planta		221,56	A	322,56	A	189,14	A	307,93	A	260,30	
		Resíduo Industrial (RI)									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	172,81	Aa	211,48	Aa	169,88	Aa	131,54	Aa	171,43	a
	Folha	71,86	Aab	90,50	Aab	93,36	Aab	90,22	Aa	86,49	b
Total		244,67	(a)*	546,65	(a)*	263,24	(a)*	221,76	(a)*	257,92	(a)*
Reprodutiva	Pendão	8,38	Ab	3,50	Ab	4,09	Ab	5,48	Aa	5,36	c
	Palhada	0,13	Ab	0,19	Ab	0,09	Ab	0,11	Aa	0,13	c
	Sabugo	81,70	Aab	54,48	Ab	58,52	Aab	51,97	Aa	61,67	bc
	Grão	27,19	Ab	22,35	Ab	26,45	Ab	22,16	Aa	24,54	bc
Total		117,40	(a)*	80,52	(a)*	89,15	(a)*	79,72	(a)*	91,70	(a)*
Total da Planta		362,07	A	627,17	A	352,39	A	301,48	A	349,62	

**Tabela 18.** (continuação)

Variedade Sol da manhã		Acúmulo de potássio (mg vaso <sup>-1</sup> )									
		Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	176,17	Aa	188,02	Aa	172,44	Aa	160,14	Aa	174,19	a
	Folha	41,45	Aab	74,12	Aab	60,30	Aab	58,48	Aab	58,59	b
Total		217,62	(a)*	262,14	(a)*	232,74	(a)*	218,62	(a)*	232,78	(a)*
Reprodutiva	Pendão	6,10	Ab	6,16	Ab	7,96	Ab	5,62	Ab	6,46	b
	Palhada	0,19	Ab	0,11	Ab	0,14	Ab	0,11	Ab	0,14	b
	Sabugo	53,97	Aab	35,05	Ab	67,16	Aab	95,49	Aab	62,92	b
	Grão	32,66	Ab	21,27	Ab	27,12	Ab	33,03	Aab	28,52	b
Total		92,92	(a)*	62,59	(a)*	102,38	(a)*	134,25	(a)*	98,04	(a)*
Total da Planta		310,54	A	324,73	A	335,12	A	352,87	A	330,84	
		Resíduo Industrial (RI)									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	169,95	Aa	129,58	Aa	177,74	Aa	190,43	Aa	166,93	a
	Folha	50,39	Aab	51,13	Aa	52,96	Aab	50,67	Ab	51,29	bc
Total		220,34	(a)*	180,71	(a)*	230,70	(a)*	241,10	(a)*	218,22	(a)*
Reprodutiva	Pendão	6,61	Ab	4,87	Aa	7,02	Ab	7,82	Ab	6,58	bc
	Palhada	0,10	Ab	0,31	Aa	0,30	Ab	0,29	Ab	0,25	c
	Sabugo	71,80	Aab	79,16	Aa	72,40	Aab	51,57	Ab	68,73	b
	Grão	24,47	Ab	21,70	Aa	21,96	Ab	20,60	Ab	22,18	bc
Total		102,98	(a)*	106,04	(a)*	101,68	(a)*	80,28	(a)*	97,74	(a)*
Total da Planta		323,32	A	286,75	A	332,38	A	321,38	A	315,96	

Letras minúsculas na mesma coluna (dentro de cada corretivo – CaCO<sub>3</sub> e RI) e letras maiúsculas na mesma linha quando iguais o resultado não difere estatisticamente (Tukey, P ≤ 0,05).

\*Compara as partes vegetativa e reprodutiva dentro de cada corretivo. Espiga = palhada + sabugo + grão.

\*\*Controle - só o corretivo (Carbonato ou RI).

#### 4.6. Teores de Cálcio.

Dentre as variedades, a "Sol da manhã" foi mais eficiente no acúmulo de cálcio. Entre a utilização do carbonato de cálcio e resíduo industrial, não houve diferenças significativas, para o acúmulo de cálcio nas plantas, chamando a atenção, porém o resíduo industrial entre as variedades. Observa-se que quando o resíduo industrial foi utilizado, as plantas da variedade "Sol da manhã" tiveram um maior teor de cálcio do que a BRS 1010 (Tabela 19). Este comportamento dos teores de cálcio se repete quando se avalia a parte vegetativa.

Na parte reprodutiva não ocorreram diferenças entre os teores de cálcio para as variedades. Entretanto, o uso do resíduo industrial promoveu maior teor de cálcio às plantas do que o carbonato de cálcio (Tabela 19).

Quando se realiza a calagem, o cálcio já é fornecido às plantas. O cálculo de calagem feito para a correção do solo ou neutralização do  $Al^{3+}$  atende as concentrações de necessidade da maioria das culturas, porém, caso não seja suficiente, deve ser calculada a quantidade de cálcio para suprir essas necessidades. Exemplo desse fato é o da cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) que é sensível à deficiência de cálcio. A falta deste elemento para o tomate, por exemplo, provoca a "podridão apical" do fruto (Filgueira, 1982).

**Tabela 19.** Teor de cálcio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b><math>\text{Ca}^{2+}</math> - Parte Aérea (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>							
<b>(parte vegetativa + parte reprodutiva)</b>							
<b>Tratamento</b>		<b>BRS 1010</b>		<b>Sol da Manhã</b>		<b>Média</b>	
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>						
CaCO <sub>3</sub>	Controle	21,28	Aab	20,89	Ad	21,09 cd	<b>21,46 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21,50	Aab	21,49	Acd	21,49 bcd	
	EM	22,56	Aa	19,28	Be	20,92 d	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	22,53	Aa	22,11	Abcd	22,32 ab	
RI	Controle	20,74	Bb	23,35	Aab	22,04 abc	<b>22,01 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	20,43	Bb	22,41	Abc	21,42 bcd	
	EM	20,68	Bb	22,93	Aab	21,81 abcd	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	21,31	Bab	24,23	Aa	22,77 a	
<b>Média</b>		<b>21,38</b>	<b>B</b>	<b>22,09</b>	<b>A</b>		
<b><math>\text{Ca}^{2+}</math> - Parte Vegetativa (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>							
<b>(colmo + folha)</b>							
CaCO <sub>3</sub>	Controle	28,40	Aa	26,27	Ac	27,34 bcd	<b>27,48 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	27,44	Aab	27,29	Abc	27,37 bcd	
	EM	28,40	Aa	21,47	Bd	24,94 d	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	30,79	Aa	29,80	Aab	30,29 a	
RI	Controle	22,50	Bc	30,14	Aab	26,32 cd	<b>27,85 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	23,07	Bc	31,51	Aa	27,29 bcd	
	EM	24,36	Bbc	31,77	Aa	28,06 abc	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	27,43	Bab	32,01	Aa	29,72 ab	
<b>Média</b>		<b>26,55</b>	<b>B</b>	<b>28,78</b>	<b>A</b>		
<b><math>\text{Ca}^{2+}</math> - Parte Reprodutiva (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>							
<b>(pendão + espiga)</b>							
CaCO <sub>3</sub>	Controle	17,72	Ac	18,20	Ab	17,96 d	<b>18,44 b</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	18,52	Abc	18,59	Ab	18,55 cd	
	EM	19,64	Aa	18,19	Bb	18,92 bc	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	18,40	Abc	18,27	Ab	18,34 cd	
RI	Controle	19,86	Aa	19,95	Aa	19,91 a	<b>19,09 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	19,11	Aab	17,85	Bb	18,48 cd	
	EM	18,84	Aab	18,52	Ab	18,68 bcd	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	18,24	Bbc	20,35	Aa	19,30 ab	
<b>Média</b>		<b>18,79</b>	<b>A</b>	<b>18,74</b>	<b>A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

Ao separar a parte vegetativa, foi observado maior teor de cálcio nas folhas (Tabela 20). Isso se deve ao fato do cálcio ser um elemento de baixa mobilidade na planta, diferente do N e do K, por exemplo. Dessa forma, quando as plantas estão com deficiência de cálcio, esta se apresenta nas folhas novas (Epstein & Bloom, 2005) pelo fato do cálcio, nas plantas, ser responsável em garantir a integridade das membranas celulares.

**Tabela 20.** Teor de cálcio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

		<b><math>\text{Ca}^{2+}</math> – Colmo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
<b>Tratamento</b>	<b>Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>		<b>Média</b>
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,22 Aa	2,21 Aa	1,22 a	<b>1,04 b</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,62 Aa	0,55 Aa	0,58 a	
	EM	1,37 Aa	0,45 Aa	0,91 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,99 Aa	0,92 Aa	1,45 a	
RI	Controle	2,20 Aa	2,56 Aa	2,38 a	<b>3,54 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,48 Aa	2,11 Aa	2,30 a	
	EM	2,55 Aa	2,72 Aa	2,64 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	10,53 Aa	3,12 Ba	6,83 a	
<b>Média</b>		<b>2,75 A</b>	<b>1,83 A</b>		
		<b><math>\text{Ca}^{2+}</math> – Folha (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
CaCO <sub>3</sub>	Controle	56,58 Aa	50,33 Ba	53,45 a	<b>53,93 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	54,27 Aa	54,03 Aa	54,15 a	
	EM	55,44 Aa	42,49 Ba	48,96 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	59,58 Aa	58,69 Aa	59,13 a	
RI	Controle	42,79 Ba	57,71 Aa	50,25 a	<b>52,16 b</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	43,66 Ba	60,90 Aa	52,28 a	
	EM	46,17 Ba	60,81 Aa	53,49 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	44,32 Ba	60,89 Aa	52,60 a	
<b>Média</b>		<b>50,35 B</b>	<b>55,73 A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

O resíduo industrial foi responsável em promover diferenças dos teores de cálcio nas folhas entre as duas variedades. Observa-se que a "Sol da manhã" teve 25% de cálcio a mais que a BRS 1010 nesta parte da planta, quando as terras dos vasos foram corrigidas com o resíduo industrial.

Casagrande & Fornasier Filho (2002) adubaram milho safrinha com N e obtiveram teores de cálcio nas folhas menores que os encontrados neste trabalho. Os autores descrevem que nas doses mais altas em que o N foi aplicado os teores de cálcio foram menores. Não ocorreu tal efeito este trabalho.

Na Tabela 21, observa-se o teor de cálcio no pendão das plantas de milho apresentaram resposta diferente apenas pelo uso de corretivo. Mais cálcio acumulou no pendão quando resíduo industrial foi aplicado nos vasos para promover a correção da terra. Analisando-se ainda a parte reprodutiva, o maior teor de cálcio ocorreu no pendão (flor masculina) e no sabugo do milho.

**Tabela 21.** Teor de cálcio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) na parte reprodutiva masculina (pendão) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

		<b>Ca<sup>2+</sup> – Pendão (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
<b>Tratamento</b>		<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>	<b>Média</b>	
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>				
CaCO <sub>3</sub>	Controle	33,41 Ba	38,27 Aa	35,84 a	<b>36,47 b</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	33,37 Ba	38,33 Aa	35,85 a	
	EM	41,12 Aa	36,72 Ba	38,92 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	34,81 Aa	35,71 Aa	35,26 a	
RI	Controle	42,99 Aa	40,21 Aa	41,60 a	<b>39,31 a</b>
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	38,65 Aa	33,58 Ba	36,11 a	
	EM	39,58 Aa	38,58 Aa	39,08 a	
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	36,55 Ba	44,36 Aa	40,45 a	
<b>Média</b>		<b>37,56 A</b>	<b>38,22 A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

A utilização do EM como adubo em carbonato de cálcio, promoveu maior teor de cálcio no pendão das plantas da BRS 1010 quando comparadas com a "Sol da manhã", enquanto que a "Sol da manhã" ao receber adubação nítrica teve mais cálcio no pendão do que a BRS 1010 (Tabela 21).

O teor de cálcio na palhada do milho não apresentou diferenças significativas para nenhum tratamento realizado e nem entre as variedades (Tabela 22).

**Tabela 22.** Teor de cálcio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b><math>\text{Ca}^{2+}</math> – Palhada (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>Tratamento</b>		<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>	<b>Média</b>	
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>				
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Controle	0,50 Aa	0,41 Aa	0,45 a	
	$\text{NO}_3^-$	0,46 Aa	0,52 Aa	0,49 a	
	EM	0,51 Aa	0,51 Aa	0,51 a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,51 Aa	0,48 Aa	0,49 a	
<b>RI</b>	Controle	0,44 Aa	0,45 Aa	0,45 a	
	$\text{NO}_3^-$	0,47 Aa	0,49 Aa	0,48 a	
	EM	0,49 Aa	0,48 Aa	0,48 a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	0,50 Aa	0,39 Aa	0,44 a	
<b>Média</b>		<b>0,48 A</b>	<b>0,47 A</b>		
<b><math>\text{Ca}^{2+}</math> – Sabugo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Controle	36,98 Aa	33,38 Ba	35,18 a	
	$\text{NO}_3^-$	39,25 Aa	34,98 Ba	37,11 a	
	EM	34,91 Aa	35,25 Aa	35,08 a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	36,65 Aa	36,70 Aa	36,68 a	
<b>RI</b>	Controle	34,08 Aa	37,16 Aa	35,62 a	
	$\text{NO}_3^-$	35,41 Aa	33,67 Aa	34,54 a	
	EM	33,64 Aa	33,19 Aa	33,42 a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	34,54 Aa	34,64 Aa	34,59 a	
<b>Média</b>		<b>35,68 A</b>	<b>34,87 A</b>		
<b><math>\text{Ca}^{2+}</math> – Grão (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Controle	0,00 Be	0,74 Ac	0,37 f	
	$\text{NO}_3^-$	1,02 Ad	0,52 Bc	0,77 e	
	EM	2,02 Aa	0,28 Bd	1,15 d	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	1,64 Ab	0,19 Bd	0,92 e	
<b>RI</b>	Controle	1,93 Aa	1,99 Ab	1,96 b	
	$\text{NO}_3^-$	1,90 Ba	3,68 Aa	2,79 a	
	EM	1,64 Ab	1,82 Ab	1,73 c	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	1,39 Bc	2,00 Ab	1,69 c	
<b>Média</b>		<b>1,44 A</b>	<b>1,40 A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

Quando se avalia o cálcio no sabugo do milho, chama à atenção a quantidade de cálcio que fica acumulado neste tecido. São valores próximos ao encontrado nas folhas. Observa-se na Tabela 22 que o carbonato de cálcio foi quem promoveu diferenças nos teores de cálcio no sabugo, levando as plantas tratadas com este corretivo a acumularem mais cálcio nesta parte da planta, do que quando receberam o resíduo industrial. Entre as variedades não ocorreram diferenças nos teores de cálcio no sabugo.

O uso do resíduo industrial neste trabalho promoveu um aumento de 2,5 vezes no teor de cálcio nos grãos das plantas de milho que foram cultivados com esse material em relação ao carbonato de cálcio (Tabela 22). As plantas BRS 1010 cultivadas em carbonato e que receberam aplicação foliar de EM apresentaram diferenças significativas, em relação aos tratamentos sem EM, chegando o teor de cálcio dos grãos deste tratamento a ser o dobro do valor das plantas adubadas com nitrato.

Na variedade “Sol da manhã”, o cálcio no grão foi maior quando nitrato foi utilizado na adubação com resíduo industrial, promovendo diferença entre os tratamentos realizados às plantas com este mesmo produto e diferente também da BRS 1010 no mesmo tratamento, sendo ainda o maior valor de cálcio nos grãos (Tabela 22).

No que se refere ao acúmulo de cálcio nas plantas, a maior concentração deste elemento se apresenta nas folhas, seguido do sabugo e pendão (Tabela 23).

**Tabela 23.** Acúmulo de cálcio (mg vaso<sup>-1</sup>) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

Variedade BRS 1010		Acúmulo de cálcio (mg vaso <sup>-1</sup> )									
		Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	9,34	Aa	34,29	Ab	63,70	Aa	91,73	Ab	49,77	b
	Folha	1.327,11	Aa	1.651,24	Aa	1.392,08	Aa	1.728,74	Aa	1.524,79	a
Total		1.336,45	(a)*	1.685,53	(a)*	1.455,78	(a)*	1.820,47	(a)*	1.574,56	(a)*
Reprodutiva	Pendão	77,73	Aa	104,38	Ab	106,98	Aa	106,58	Ab	98,92	b
	Palhada	7,00	Aa	8,64	Ab	8,52	Aa	8,80	Ab	8,24	b
	Sabugo	1.176,48	Aa	1.548,13	Aa	1.224,31	Aa	1.313,54	Aab	1.315,62	a
	Grão	0,0	Aa	40,17	Ab	61,13	Aa	78,25	Ab	44,89	b
Total		1.261,21	(a)*	1.701,32	(a)*	1.400,94	(a)*	1.507,17	(a)*	1.467,67	(a)*
Total da Planta		2.597,66	A	3.386,85	A	2.856,72	A	3.327,64	A	3.042,23	
		Resíduo Industrial (RI)									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	106,98	Aa	142,58	Aab	133,00	Aa	559,24	Aa	235,45	b
	Folha	1.116,46	Aa	1.106,50	Aab	1.433,06	Aa	1.181,78	Aa	1.209,45	a
Total		1.223,44	(a)*	1.249,08	(a)*	1.566,06	(a)*	1.741,02	(a)*	1.444,90	(a)*
Reprodutiva	Pendão	133,31	Aa	91,06	Aab	110,92	Aa	96,61	Aa	107,98	b
	Palhada	7,22	Aa	9,91	Ab	8,12	Aa	9,50	Aa	8,69	b
	Sabugo	1.288,38	Aa	1.453,28	Aa	1.223,81	Aa	1.119,54	Aa	1.271,25	a
	Grão	66,34	Aa	66,16	Aab	55,93	Aa	46,27	Aa	58,67	b
Total		1.495,25	(a)*	1.620,41	(a)*	1.398,78	(a)*	1.271,92	(a)*	1.446,59	(a)*
Total da Planta		2.718,69	A	2.869,49	A	2.964,84	A	3.012,94	A	2.891,49	

**Tabela 23.** (continuação)

Variedade Sol da manhã		Acúmulo de cálcio (mg vaso <sup>-1</sup> )									
		Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	76,25	Aa	22,21	Aa	19,10	Aa	42,63	Abc	40,05	b
	Folha	925,76	Aa	1.225,77	Aa	1.072,25	Aa	1.437,52	Aab	1.165,32	a
Total		1.002,01	(a)*	1.247,98	(a)*	1.091,35	(a)*	1.480,15	(a)*	1.205,37	(a)*
Reprodutiva	Pendão	92,08	Aa	106,17	Aa	115,85	Aa	90,07	Aabc	101,04	b
	Palhada	5,12	Aa	9,26	Aa	7,29	Aa	8,45	Ac	7,53	b
	Sabugo	1.206,91	Aa	998,35	Aa	948,95	Aa	1.493,23	Aa	1.161,86	a
	Grão	24,01	Aa	18,33	Aa	8,54	Aa	8,19	Ac	14,77	b
Total		1.328,12	(a)*	1.132,11	(a)*	1.080,63	(a)*	1.599,94	(a)*	1.285,20	(a)*
Total da Planta		2.330,13	A	2.380,09	A	2.171,98	A	3.080,09	A	2.490,57	
		Resíduo Industrial (RI)									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	110,55	Aa	82,80	Aa	132,63	Aa	140,81	Aa	116,70	b
	Folha	1.249,27	Aa	1.314,78	Aa	1.195,93	Aa	1.313,89	Aa	1.268,47	a
Total		1.359,82	(a)*	1.397,58	(a)*	1.328,56	(a)*	1.454,70	(a)*	1.385,17	(a)*
Reprodutiva	Pendão	117,76	Aa	71,96	Aa	117,96	Aa	98,48	Aa	101,54	b
	Palhada	6,10	Aa	9,24	Aa	9,68	Aa	6,74	Aa	7,94	b
	Sabugo	1.391,64	Aa	1.338,90	Aa	1.240,74	Aa	1.254,09	Aa	1.306,34	a
	Grão	66,11	Aa	136,03	Aa	58,10	Aa	65,67	Aa	81,48	b
Total		1.581,61	(a)*	1.556,13	(a)*	1.426,48	(a)*	1.359,31	(a)*	1.415,82	(a)*
Total da Planta		2.941,43	A	2.953,71	A	2.755,04	A	2.814,01	A	2.800,99	

Letras minúsculas na mesma coluna (dentro de cada corretivo – CaCO<sub>3</sub> e RI) e letras maiúsculas na mesma linha quando iguais o resultado não difere estatisticamente (Tukey, P ≤ 0,05).

\*Compara as partes vegetativa e reprodutiva dentro de cada corretivo. Espiga = palhada + sabugo + grão.

\*\*Controle - só o corretivo (Carbonato ou RI).

#### 4.7. Teores de Magnésio

A Tabela 24 apresenta os teores de magnésio na parte aérea das plantas. Entre as variedades não houve diferenças significativas, entretanto, quando as plantas foram tratadas com resíduo industrial apresentaram maior teor de magnésio do que com carbonato de cálcio. Este comportamento se repete para a parte vegetativa.

Na parte reprodutiva, as variedades não apresentaram diferenças no teor de magnésio, assim como o uso dos corretivos também não foi significativamente diferente (Tabela 24).

Quando o nitrato foi aplicado junto com resíduo industrial, as plantas da variedade BRS 1010 apresentaram um teor de magnésio maior aos demais tratamentos. As plantas da variedade "Sol da manhã" ao receberem aplicação foliar de EM e resíduo industrial não tiveram o teor de magnésio diferente das plantas que receberam adubação nítrica e, no entanto, foram diferentes das plantas da variedade BRS 1010 para o mesmo tratamento (EM+resíduo industrial) (Tabela 24).

Avaliando o teor de magnésio no colmo (Tabela 25) não houve diferenças entre as variedades e corretivos. Porém quando foi aplicado EM em carbonato de cálcio, as plantas da variedade "Sol da manhã" acumularam o dobro de magnésio em relação a BRS 1010, ao contrário de quando as plantas foram tratadas com resíduo industrial e EM, quando a BRS 1010 acumulou 50% a mais de magnésio no colmo do que a variedade "Sol da manhã".

Os teores de magnésio nas folhas das plantas tratadas com resíduo industrial são significativamente maiores em relação às plantas tratadas com carbonato de cálcio. A aplicação foliar de EM comparada ao N-nítrico funcionou de forma satisfatória, pois tanto na parte aérea (Tabela 24) como nas folhas (Tabela 25), as plantas que receberam EM tiveram o mesmo teor de magnésio que as plantas adubadas com N. De todos os tecidos, o maior teor de magnésio encontrado foi nas folhas. Era esperado tal fato uma vez que nas folhas estão as clorofilas, que tem o magnésio como parte em sua estrutura (Taiz & Zeiger, 2004). Quando as plantas da variedade "Sol da manhã" foram tratadas com EM, apresentaram teor de magnésio, em quantidades equivalentes as plantas adubadas com nitrato.

**Tabela 24.** Teor de magnésio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b><math>\text{Mg}^{2+}</math> - Parte Aérea (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>(parte vegetativa + parte reprodutiva)</b>					
<b>Tratamento</b>		<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>		<b>Média</b>
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>				
CaCO <sub>3</sub>	Controle	1,19 Ab	1,28 Aab		1,23 bcd
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,95 Ad	0,99 Ad		0,97 f
	EM	1,03 Acd	1,09 Acd		1,06 e
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,12 Abc	1,18 Abc		1,15 d
RI	Controle	1,40 Aa	1,30 Aab		1,35 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,35 Aa	1,18 Babc		1,27 abc
	EM	1,31 Aa	1,30 Aa		1,30 ab
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,18 Ab	1,20 Aabc		1,19 cd
<b>Média</b>		<b>1,19 A</b>	<b>1,19 A</b>		
<b><math>\text{Mg}^{2+}</math> - Parte Vegetativa (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>(colmo + folha)</b>					
CaCO <sub>3</sub>	Controle	1,73 Bc	2,28 Ab		2,01 de
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,86 Ac	1,64 Ac		1,75 f
	EM	1,67 Ac	2,08 Ab		1,87 ef
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,96 Ac	2,07 Ab		2,02 de
RI	Controle	2,79 Aa	2,63 Aa		2,71 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,36 Ab	2,00 Ab		2,18 cd
	EM	2,66 Aab	2,29 Ab		2,47 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,44 Ab	2,16 Ab		2,30 bc
<b>Média</b>		<b>2,18 A</b>	<b>2,14 A</b>		
<b><math>\text{Mg}^{2+}</math> - Parte Reprodutiva (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>(pendão + espiga)</b>					
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,92 Aa	0,78 Bab		0,85 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,50 Bc	0,66 Acd		0,58 d
	EM	0,70 Ab	0,60 Ad		0,65 c
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,70 Ab	0,73 Aabc		0,71 b
RI	Controle	0,71 Ab	0,63 Ad		0,67 bc
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,85 Aa	0,78 Aab		0,81 a
	EM	0,63 Bb	0,80 Aa		0,72 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,55 Bc	0,72 Abc		0,63 cd
<b>Média</b>		<b>0,69 A</b>	<b>0,71 A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 25.** Teor de magnésio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) em diferentes partes vegetativas das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

		<b><math>\text{Mg}^{2+}</math> – Colmo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
<b>Tratamento</b>					
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>		<b>Média</b>
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,93 Ba	1,56 Aa		1,24 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,07 Aa	1,35 Aa		1,21 a
	EM	0,73 Ba	1,50 Aa		1,12 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,49 Aa	1,31 Aa		1,40 a
RI	Controle	1,49 Aa	1,47 Aa		1,48 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,38 Aa	0,90 Ba		1,14 a
	EM	1,84 Aa	1,20 Ba		1,52 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,92 Aa	1,21 Aa		1,07 a
<b>Média</b>		<b>1,23 A</b>	<b>1,31 A</b>		
		<b><math>\text{Mg}^{2+}</math> – Folha (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>			
CaCO <sub>3</sub>	Controle	2,54 Bb	2,99 Aab		2,77 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,65 Aab	1,94 Bb		2,29 b
	EM	2,60 Aab	2,66 Aab		2,63 b
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	2,43 Bb	2,84 Aab		2,63 b
RI	Controle	4,09 Aa	3,80 Aa		3,95 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3,34 Aab	3,09 Aab		3,22 ab
	EM	3,48 Aab	3,38 Aab		3,43 ab
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	3,96 Aab	3,10 Bab		3,53 ab
<b>Média</b>		<b>3,14 A</b>	<b>2,98 B</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

As plantas tratadas com o resíduo industrial apresentaram teores de magnésio nas folhas superiores aos de Casagrande & Fornasieri Filho (2002) em milho “safrinha” adubado com N. Da mesma forma que o pH interfere na absorção de cálcio, interfere na concentração foliar de magnésio em plantas de milho (Bull, 1993). Para os teores de magnésio, neste experimento encontram-se dentro da faixa encontrada nos tecidos vegetais proposta por Epstein & Bloom (2005) e Tedesco (1995).

Para o teor de magnésio, a aplicação foliar de EM quando comparada à adubação nítrica via foliar não diferiu significativamente neste trabalho.

Na parte reprodutiva masculina (pendão) os teores de magnésio foram diferentes entre as variedades estudadas, onde a BRS 1010 acumulou mais magnésio no pendão do que a “Sol da manhã” (Tabela 26). No pendão, o uso de EM promoveu entre as variedades diferença no teor de magnésio, onde a BRS 1010 teve praticamente o dobro do teor de magnésio em relação à “Sol da manhã” em resíduo industrial e em carbonato de cálcio a diferença da BRS 1010 para a variedade “Sol da manhã” foi próxima a 40%.

Entre as variedades, em média, não houve diferença significativa no teor de magnésio na palhada. Entretanto, o EM com resíduo industrial promoveu maior teor de magnésio às plantas da variedade "Sol da manhã" em relação a variedade BRS 1010 (Tabela 27). O calcário e o resíduo industrial não promoveram nenhuma diferença entre os teores de magnésio para a palhada.

A variedade "Sol da manhã" acumulou no sabugo mais magnésio do que a BRS 1010, sendo que entre os corretivos não ocorreu diferença estatística. Porém, a "Sol da manhã" com resíduo industrial independente da adubação, teve sempre o teor de magnésio no sabugo superior ao da BRS 1010 (Tabela 27).

**Tabela 26.** Teor de magnésio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) na parte reprodutiva masculina (pendão) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e "Sol da manhã"), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

		<b><math>\text{Mg}^{2+}</math> – Pendão (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>		
<b>Tratamento</b>				
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>	<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>	<b>Média</b>
CaCO <sub>3</sub>	Controle	2,23 Aa	0,99 Ba	1,61 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,73 Aa	0,61 Aa	0,67 a
	EM	1,18 Aa	0,71 Ba	0,95 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,11 Aa	1,12 Aa	1,11 a
RI	Controle	1,27 Aa	0,84 Ba	1,06 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,67 Aa	1,29 Ba	1,48 a
	EM	1,12 Aa	0,59 Ba	0,85 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,84 Ba	1,21 Aa	1,02 a
<b>Média</b>		<b>1,27 A</b>	<b>0,92 B</b>	

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

O teor de magnésio nos grãos foi diferente entre as variedades, onde a "Sol da manhã" foi superior a BRS 1010, seguindo o comportamento ocorrido no sabugo, onde não houve diferença entre o uso dos corretivos. Entretanto, a adubação nítrica promoveu um maior teor de magnésio nos grãos da "Sol da manhã" tratada com carbonato de cálcio do que nos grãos da BRS 1010 (Tabela 27).

Na Tabela 28 encontra-se os valores de acúmulo de magnésio por vaso nos diferentes tecidos do milho. Como era esperado, em função da importância do magnésio na planta como constituinte na molécula de clorofila, o maior acúmulo se dá nas folhas seguidos do colmo e do grão, que em alguns casos se apresentou em menor quantidade do que no pendão.

**Tabela 27.** Teor de magnésio ( $\text{mg g}^{-1}$  de massa seca) nos componentes da espiga (palhada+sabugo+grão) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

<b><math>\text{Mg}^{2+}</math> – Palhada (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
<b>Tratamento</b>		<b>BRS 1010</b>	<b>Sol da Manhã</b>		<b>Média</b>
<b>Corretivo</b>	<b>Adubação</b>				
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,67 Aa	0,93 Aa		0,80 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,39 Aa	0,51 Aa		0,45 a
	EM	0,57 Aa	0,41 Aa		0,49 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,69 Aa	0,49 Aa		0,59 a
RI	Controle	0,55 Aa	0,32 Aa		0,44 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,62 Aa	0,63 Aa		0,63 a
	EM	0,52 Ba	1,16 Aa		0,84 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,63 Aa	0,47 Aa		0,55 a
<b>Média</b>		<b>0,58 A</b>	<b>0,61 A</b>		
<b><math>\text{Mg}^{2+}</math> – Sabugo (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,06 Aa	0,21 Aa		0,14 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,02 Aa	0,21 Aa		0,11 a
	EM	0,14 Aa	0,07 Aa		0,11 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,15 Aa	0,04 Aa		0,10 a
RI	Controle	0,03 Ba	0,32 Aa		0,18 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,01 Ba	0,27 Aa		0,14 a
	EM	0,01 Ba	0,32 Aa		0,17 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,06 Ba	0,17 Aa		0,12 a
<b>Média</b>		<b>0,06 B</b>	<b>0,20 A</b>		
<b><math>\text{Mg}^{2+}</math> – Grão (<math>\text{mg g}^{-1}</math> de massa seca)</b>					
CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,70 Aa	0,98 Aa		0,84 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,88 Ba	1,30 Aa		1,09 a
	EM	0,92 Aa	1,20 Aa		1,06 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,83 Ba	1,27 Aa		1,05 a
RI	Controle	0,98 Aa	1,02 Aa		1,00 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,08 Aa	0,92 Aa		1,00 a
	EM	0,87 Aa	1,15 Aa		1,01 a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,66 Ba	1,02 Aa		0,84 a
<b>Média</b>		<b>0,86 B</b>	<b>1,11 A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

**Tabela 28.** Acúmulo de magnésio (mg vaso<sup>-1</sup>) nas diferentes partes das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

Variedade BRS 1010		Acúmulo de magnésio (mg vaso <sup>-1</sup> )									
		Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	39,54	Aa	59,20	Aa	34,45	Aab	68,73	Aa	50,48	ab
	Folha	60,97	Aa	80,77	Aa	65,06	Aa	70,42	Aa	69,30	a
Total		100,51	(a)*	139,97	(a)*	99,51	(a)*	139,15	(a)*	119,78	(a)*
Reprodutiva	Pendão	5,15	Aa	2,29	Aa	3,13	Ab	3,39	Aa	3,49	c
	Palhada	9,56	Aa	7,32	Aa	9,56	Aab	12,07	Aa	9,63	c
	Sabugo	2,08	Aa	0,59	Aa	5,11	Ab	5,31	Aa	3,27	c
	Grão	18,04	Aa	35,17	Aa	27,95	Aab	40,32	Aa	30,37	bc
Total		34,83	(a)*	45,37	(a)*	45,79	(a)*	61,09	(a)*	46,76	(a)*
Total da Planta		135,34	A	185,34	A	145,30	A	200,24	A	166,54	
		Resíduo Industrial (RI)									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	72,36	Aab	79,22	Aa	95,83	Aab	49,32	Aab	74,18	a
	Folha	106,45	Aa	84,57	Aa	107,93	Aa	105,50	Aa	101,11	a
Total		178,81	(a)*	163,79	(a)*	203,76	(a)*	154,82	(a)*	175,29	(a)*
Reprodutiva	Pendão	4,03	Ab	3,96	Ab	3,15	Ac	2,19	Ac	3,33	b
	Palhada	8,99	Ab	12,97	Aab	8,66	Ac	12,81	Ac	10,86	b
	Sabugo	1,23	Ab	0,62	Ab	0,55	Ac	2,12	Ac	1,13	b
	Grão	33,50	Aab	37,62	Aab	29,70	Abc	22,89	Abc	30,93	b
Total		47,75	(a)*	55,17	(a)*	42,06	(a)*	40,01	(a)*	46,25	(a)*
Total da Planta		226,56	A	218,96	A	245,82	A	194,83	A	221,54	

**Tabela 28.** (continuação)

Variedade Sol da manhã		Acúmulo de magnésio (mg vaso <sup>-1</sup> )									
		Carbonato de Cálcio (CaCO <sub>3</sub> )									
Partes da Planta		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	54,35	Aa	59,99	Aa	63,70	Aa	61,86	Aa	59,98	a
	Folha	54,84	Aa	43,77	Aa	67,12	Aa	70,00	Aa	58,93	a
Total		109,19	(a)*	103,76	(a)*	130,82	(a)*	131,86	(a)*	118,91	(a)*
Reprodutiva	Pendão	2,39	Aa	1,70	Aa	2,28	Aa	2,83	Aa	2,30	c
	Palhada	11,51	Aa	8,92	Aa	5,78	Aa	8,67	Aa	8,72	bc
	Sabugo	7,43	Aa	5,97	Aa	1,91	Aa	1,86	Aa	4,29	c
	Grão	31,73	Aa	43,96	Aa	36,78	Aa	56,04	Aa	42,13	ab
Total		53,06	(a)*	60,55	(a)*	46,75	(a)*	69,40	(a)*	57,44	(a)*
Total da Planta		162,25	A	164,31	A	177,57	A	201,26	A	176,35	
Partes da Planta		Resíduo Industrial (RI)									
		Controle**		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		EM		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + EM		Média	
Vegetativa	Colmo	63,96	Aab	35,30	Aa	58,57	Aa	54,64	Aa	53,12	ab
	Folha	83,46	Aa	69,06	Aa	66,65	Aa	66,23	Aa	71,35	a
Média Vegetativa		147,42	(a)*	104,36	(a)*	125,22	(a)*	120,87	(a)*	124,47	(a)*
Reprodutiva	Pendão	2,49	Ab	2,76	Aa	1,81	Aa	2,66	Aa	2,43	c
	Palhada	4,36	Ab	11,65	Aa	23,61	Aa	8,23	Aa	11,96	c
	Sabugo	12,01	Aab	10,63	Aa	11,83	Aa	6,11	Aa	10,14	c
	Grão	33,86	Aab	33,72	Aa	36,68	Aa	33,93	Aa	34,55	bc
Média Reprodutiva		52,72	(a)*	58,76	(a)*	73,93	(a)*	50,93	(a)*	59,08	(a)*
Total da Planta		200,14	A	163,12	A	199,15	A	171,80	A	183,55	

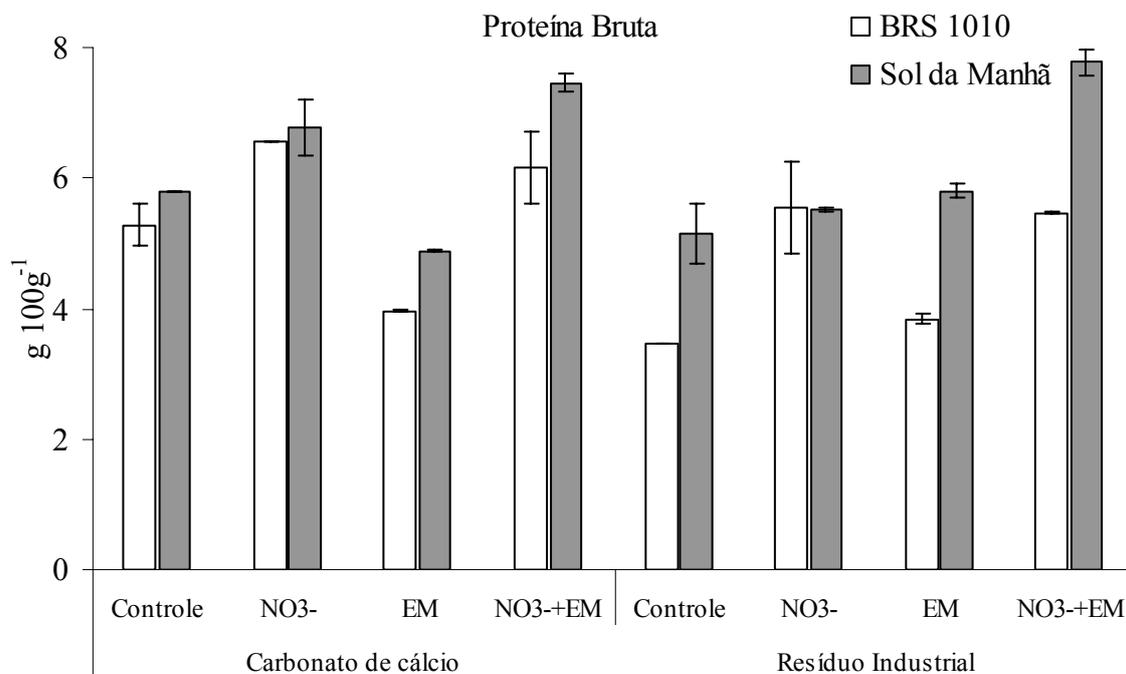
Letras minúsculas na mesma coluna (dentro de cada corretivo – CaCO<sub>3</sub> e RI) e letras maiúsculas na mesma linha quando iguais o resultado não difere estatisticamente (Tukey, P ≤ 0,05).

\*Compara as partes vegetativa e reprodutiva dentro de cada corretivo. Espiga = palhada + sabugo + grão.

\*\*Controle - só o corretivo (Carbonato ou RI).

#### 4.8. Proteína Bruta dos Grãos

A Figura 4 apresenta os valores de proteína bruta encontrados nos grãos das duas variedades de milho estudadas. A variedade "Sol da manhã", em média, teve um maior teor de proteína bruta nos grãos do que a variedade BRS 1010. Entre os tratamentos, o maior valor de proteína bruta ocorreu no tratamento com carbonato de cálcio + nitrato + EM na variedade "Sol da manhã".



**Figura 4.** Teor de proteína bruta dos grãos de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

(barras indicam desvio padrão)

Tratamentos: Controle (só com corretivo - carbonato de cálcio ou resíduo industrial);  $\text{NO}_3^-$  (corretivo + N-nítrico); EM (corretivo + EM);  $\text{NO}_3^-$ +EM (corretivo + N-nítrico+EM).

Quando a variedade "Sol da manhã" recebeu adubação foliar com nitrato + EM no tratamento com o resíduo industrial, teve um aumento de mais de 20% no teor de proteína. Além disso, esta mesma variedade, tratada com o resíduo industrial e com aplicação foliar somente com o EM, apresentou um teor de proteína ainda maior do que quando foi adubada somente com nitrato, demonstrando ser essa variedade responsiva ao uso do EM (Figura 4).

Em experimento com soja, Yue et al. (2002) obtiveram sementes com maior teor de proteína e maior concentração de óleo, quando trataram as plantas com EM diluído em solução com concentração entre 0,1 e 0,5%, sugerindo ainda que o EM possa ser usado como uma substância regulatória para melhorar o metabolismo das plantas promovendo maior rendimento e melhor qualidade dos grãos.

Estudos mostram que o nitrogênio encontra-se diretamente relacionado com a qualidade de proteínas nos grãos de diversos cereais. Não somente aplicar N de forma suplementar faz diferença, mas também a forma de aplicação e a época. Isto porque o N-adicional, aplicado durante o período reprodutivo, é direcionado em maior intensidade para os grãos, aumentando o teor de proteína dos mesmos, o que pode ser comprovado pelos resultados obtidos em diversos trabalhos, onde houve uma correlação positiva entre o teor de

proteína do grão e a adubação nitrogenada foliar no período reprodutivo em arroz (Souza et al., 1993; 1998).

O EM demonstrou neste experimento um comportamento semelhante a um fertilizante nitrogenado para a variedade "Sol da manhã". Vale lembrar que as concentrações utilizadas do EM são de  $1\text{mL L}^{-1}$ , ou seja, uma concentração baixa. O EM apesar de em sua composição possuir N e outros elementos, parece ter também substâncias que atuam de forma similar a fitormônios, já que estas substâncias têm como características promover respostas fisiológicas às plantas em baixíssimas concentrações. Neste caso, para a variedade "Sol da manhã", o uso do EM junto com a adubação nítrica via foliar promoveu o maior valor de proteína bruta dos grãos.

## 5. CONCLUSÕES

O resíduo industrial contribuiu de modo equivalente à calagem com carbonato de cálcio para o aumento do pH nas amostras de terra utilizadas para o cultivo do milho neste experimento, o que pode ser um indicativo para um possível uso desse composto como um corretivo alternativo do solo.

As plantas de ambas as variedades tratadas com resíduo industrial apresentaram maior massa fresca da parte aérea

A variedade "Sol da manhã" demonstrou ser mais eficiente em acumular N e P nos grãos do que a BRS 1010;

A BRS 1010 cultivada com carbonato de cálcio acumulou sete vezes mais Ca nos grãos, no tratamento em que recebeu aplicação foliar de EM;

Os maiores teores de proteína bruta nos grãos de milho de ambas as variedades ocorreram quando houve a aplicação foliar conjunta de EM e N-nitrico. Entretanto, para a variedade "Sol da manhã" quando cultivada com resíduo industrial, a aplicação foliar apenas de EM proporcionou aumento nos teores de proteína bruta dos grãos superior à adubação com N-nitrato.

Os resultados obtidos neste experimento indicam que o EM é um produto natural que pode atuar de maneira semelhante à adubação nitrogenada, o que pode ser bastante promissor para o cultivo utilizando baixos insumos.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O EM neste experimento demonstrou potencial para uso como insumo agrícola. A sugestão é que este material venha a ser testado em cultivo de campo e sejam feitas avaliações, em diversas condições, da resposta da planta. O produto EM é uma alternativa a ser utilizada de insumo na agricultura orgânica, que tem se desenvolvido mais a cada dia e se estabilizando como prática cultural, visando ao maior equilíbrio do ecossistema e menor impacto ao ambiente.

A destinação de resíduos industriais é um problema real e, mais do que nunca, é necessário dar um destino a estes “subprodutos da indústria”. A utilização na agricultura parece ser a melhor alternativa, com certos cuidados para que não venha a causar mais impactos negativos ao ambiente. Estudos como os abordados neste trabalho se fazem cada vez mais necessários.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, A; SCHROEDER, M. *Modern trends in foliar fertilization*. Journal of Plant Nutrition. 10(9-16). 1391-1399. 1987.
- AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. *Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho*. R. Bras. Ci. Solo, v.29: p 467-473. 2005.
- ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J.D.; CRUSCIOL, C.A.C.; SOUZA, E.C.A.; BÜLL, L.T. *Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica*. Scientia Agrícola. 58:145-150. 2001.
- BALKO, L.G.; RUSSELL, W.A. *Effects of rates of nitrogen fertilizer on maize inbred lines and hybrid progeny*. I. Prediction of yield response. Maydica, v.25: 65-79, 1980.
- BARBER, S.A. *Mecanismos de absorção do potássio por plantas no solo*. In: YAMADA, T; IGUE, K.; MUZILLI, O. USHERWOOD, N.R. *O potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba. Potafos. p.213-226.1982.
- BERBARA, R. L. L.; CANELLAS, L. P. e GURUNDI, F. *Effects of EM-4 biofertilizer on CO<sub>2</sub> evolution and on the distribution and quality of humidified organic carbon fractions in soil*. In: SANGKKARA, U. R. et al. (ed.) *Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming*. Christchurch Polytechnic, Christchurch, New Zealand. 2002. p. 144 - 148.
- BONSU, M. *Effect of liming on maize production and erosion on an acid soil in Southwest Ghana*. Tropical Agriculture, St. Augustine, v.68, p.271-273, 1991.
- BRUM. A.L. em: [http://www.agrolink.com.br/colunistas/pg\\_detalhe\\_coluna.asp?Cod=1164](http://www.agrolink.com.br/colunistas/pg_detalhe_coluna.asp?Cod=1164). Acessado em 01 de agosto de 2005.
- BULL, L.T., *Nutrição Mineral do Milho*. In: BULL, L.T., CANTARELLA, H. *Cultura do Milho: Fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba – SP. Potafos. 1993. 301p.
- CANECCHIO FILHO, V.; ALMEIDA, T.C. *Cultura de Milho*. Ins. Campineiro de Ens. Agric. 38p. 1973.
- CARVALHO-PUPATTO, J.G., BÜLL, L.T., CRUSCIOL, C.A.C. *Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias*. Pesq. Agrop. Bras. Brasília. V.39 (12) p.1213-1218. 2004.
- CASAGRANDE, J.R.R. & FORNASIERI FILHO, D. *Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha*. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 37, n. 1, p. 33-40, jan. 2002
- CORALES, R. G. e HIGA, T. *Rice Production with effective microorganisms: impact on rice and Soil*. In: SANGKKARA, U. R. et al. (ed.) *Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming*. Christchurch Polytechnic, Christchurch, New Zealand. 2002. p. 72 - 76.
- DE-POLLI, H. (coordenador); ALMEIDA, D.L.; SANTOS, G.A.; CUNHA, L.H.; FREIRE, L.R.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; PEREIRA, N.N.C.; EIRA, P.A.; BLOISE, R.M.; SALEK, R.C.; *Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro*. Itaguaí, RJ. Editora Universidade Rural. 1988. 179 p.
- EMBRAPA/CNPS. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, RJ. 1997. 212p.

- ENGELS, C.; MARSCHNER, H. *Plant uptake and utilization of nitrogen*. In: Bacon, PE, ed. *Nitrogen fertilization in the environment*. New York: Marcel Dekker, Inc., 41-81. 1995.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. 2ª Ed. Editora Sinauer. 400p. 2005.
- FERNANDES, C. *Eficiência de diferentes culturas e híbridos de milho quanto à utilização de fósforo em solos de cerrado*. Dissertação (mestrado). ESALQ. USP. Piracicaba. 2001. 51p.
- FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. *A aquisição de N por plantas*. In *Anais I Simpósio Bras. sobre Nitrogênio em Plantas*. Itaguaí. p 172-193. 1990.
- FERRAZ JUNIOR, A.S.L.; SOUZA, S.R.; FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. *Eficiência do uso de nitrogênio para produção de grão e proteína por cultivares de arroz*. Pesq. Agrop. Bras. Brasília, v.32, n.4, p.435-442. 1997.
- FILGUEIRA, F.A.R. *Manual de olericultura*. Vol. II. 2ª edição. Editora Ceres. 1982.
- FORDE, B.G. *Nitrate transporters in plants: structure, function and regulation*. Bioch. Biophys. Acta. v.1645, 219-235. 2000.
- FORESTIERI, E.F.; DE-POLLI, H. *Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num Podzólico Vermelho-Amarelo*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.14, n.2, p.167-172, 1990.
- FOY, C.D. *Plant adaptation to acid aluminum-toxic soils*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v.19, p. 959-987, 1988.
- FREITAS, F. C. & SÁ, P. G. S. *Germinação e repicagem de espécies de manguezal em diferentes concentrações de lodo da ETRI – PETROFLEX – misturado ao substrato*. Mangrove 2003, Salvador Bahia. 11 p. 2003.
- FREITAS, F.C., OLIVEIRA, A.L.G., OLIVEIRA, S.A.S., MALHEIROS, M.G., LYRIO, J.J., CHAGAS, K.A., MAURI, J., LIMA, E., AMARAL SOBRINHO, N.M.B., ZONTA, E. *Acúmulo de nutrientes na produção de mudas de frutíferas, utilizando resíduos industriais como substrato agrícola*. Anais do FertBio (CD Rom) Lages – SC. 2004.p. 1 - 4
- GLASS, A.D.M.; BRITO, D.T.; KAISER, B.N.; TRONZUCKER, H.J.; KUMAR, A.; OKAMOTO, M.; RAIIVAT, S.R.; SIDDIGI, M.Y.; SILIM, S.M.; VIDMAR, J.J.; ZHOU, D. *Nitrogen transport in plants with an emphasis on the regulation of fluxes to match plant demand*. J. Plant. Nutr. Soil Sci., v.164, 199-207. 2001.
- GROSSMAN, A.; TAKAHASHI, H. *Macronutrient utilization by photosynthetic eukaryotes and the fabric of interactions*. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 52:163–210. 2001.
- GUIM, A., RUGGIERI, A.C., ANDRADE, P. *Efeito de inoculante microbiano sobre consumo, degradação in situ e digestibilidade aparente das silagens de capim-elefante cv. Napier (Pennisetum purpureum Schum)*. R. Soc. Bras. Zootec., 24(6):1051-1061 1995b.
- GUIM, A.; ANDRADE, P.; MALHEIROS, E.B. *Efeito de inoculante microbiano sobre o consumo, degradação “in situ” e digestibilidade aparente de silagens de milho (Zea mays L)*. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.24, n.6, p.1045-1053, 1995.
- HARPER, J.E. *Uptake of nitrogen forms by roots and leaves*. P.165-170. In R.D. HAUCK et al. (eds) *Nitrogen in crop production*. Am. Soc. Of Agron. Winconsin. 1984
- LÁSZTITY, R; *The chemistry of cereal proteins*. Boca Raton, Florida: CBC Press. 1986. p.203.

- LOPES, A.S., *Manual internacional de fertilidade do solo*. (traduzido e adaptado). 2ª ed., ver. e ampl. Piracicaba. Potafos. 177p. 1998.
- LORENZI, H. 1991. *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais*. 2.ed. Nova Odessa, SP: Plantarum. 440p.
- LOUDET, O; CHAILLOU, S., MERIGOUT, P., TALBOTEC, J. and DANIEL-VEDELE, F. *Quantitative Trait Loci Analysis of Nitrogen Use Efficiency in Arabidopsis*. Plant Physiology, 2003, Vol. 131, pp. 345–358.
- MA, J.F; RYAN, P.R; DELHAIZE, E. *Aluminium Tolerance in plants and the complexing role of organic acids*. TRENDS in Plant Science. v. 6, n.6, p.1360 – 1385, 2001.
- MACHADO, A. T. *Perspectiva do melhoramento genético em milho (Zea mays L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio*. 1997. 216p. Tese (Doutorado em Ciência - Genética). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.
- MACHADO, A.T.; SODEK, L.; FERNANDES, M.S. *N-partitioning, nitrate reductase and glutamine synthetase activities in two contrasting varieties of maize*. Pesq. Agrop. Bras. Brasília. v36, n.2, p249-256. 2001.
- MACHADO, C.T.T. ; FURLANI, A.M.C.; MACHADO, A.T. *Índices de eficiência de variedades locais melhoradas de milho ao fósforo*. Bragantia. Campinas, v.60(3): 225-238. 2001b.
- MACHADO, C.T.T.; PATERNIANI, M.L.S. *Origem, domesticação e difusão do milho*. In: Soares, A.C.; Machado, A.T.; Silva, B.M.; von der Weid, J.M. *Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade*. AS-PTA. RJ. p 21-27. 1998.
- MAJEROWICZ, N.; PEREIRA, J.M.S.; MEDICI, L.O.; BISON, O.; PEREIRA, M.B.; SANTOS JUNIOR, U.M. *Estudo da eficiência de uso do nitrogênio em variedades locais e melhoradas de milho*. Rev. Bras. Botânica. v25, n.2, p129-136. 2002.
- MALAVOLTA, E. & CROCOMO, O.J. *O potássio e a planta*. In: YAMADA, T; IGUE, K.; MUZILLI, O. USHERWOOD, N.R. *O potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba. Potafos. p. 95-162.1982.
- MALAVOLTA, E.; DANTAS, J.P. *Nutrição e adubação do milho*. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P., *Melhoramento e produção do milho*, 2ed. Campinas: Fundação Cargill, v.2: 541-93. 1987.
- MALHEIROS, M. G., FREITAS, F. C., OLIVEIRA, A. L. G., OLIVEIRA, S. A. S., LYRIO, J. J., CHAGAS, K. A., LIMA, E., AMARAL SOBRINHO, N. M. B., ZONTA, E. *Utilização de resíduos industriais como substrato agrícola na produção de oleráceas*. Anais do FertBio (CD Rom) Lages – SC. 2004.p. 1 – 4
- MARIN, V.A.; BALDANI, V.L.D.; TEIXEIRA, K.R.S.; BALDANI, J.I. *Fixação biológica de nitrogênio: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical*. Serie Documentos. Embrapa Agrobiologia. 32p. 1999.
- MARSCHNER, H. *Mineral Nutrition of higher plants*. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.
- MASCLAUX, C.; VALADIER, M.H., BRUGIÈRE, N.; MOROT-GAUDRY, J.F. and HIREL, B. *characterization of the sink/source transition in tobacco (Nicotiana tabacum L.) shoots in relation to nitrogen management and leaf senescence*. Planta, v.211: 510-518. 2001.

- Mc CULLOUGH, D.E.; GIRARDIN, P.H.; MIHAJLOVIC, M.; AGUILERA, A.; TOLLENARR, M. *Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and new hybrid*. Canadian Journal of Plant Science, Ottawa, v.74: 471-477. 1994.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. *Potassium in crop production*. Advances in Agronomy, New York, 33:59-110. 1980.
- MENGEL, K. *Fatores e processos que afetam as necessidades de potássio das plantas*. In: YAMADA, T; IGUE, K.; MUZILLI, O. USHERWOOD, N.R. *O potássio na agricultura brasileira*. Piracicaba. Potafos. p. 195-212. 1982.
- MIFLIN, B.J. and HABASH, D.Z. *The role of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in nitrogen assimilation and possibilities for improvement in the nitrogen utilization of crops*. Journal of Experimental Botany, 2002 Vol. 53, nº 370, Inorganic Nitrogen Assimilation Special Issue, pp. 979–987.
- MOLL, R.H.; KAMPRATH, E.J. & JACKSON, W.A. *Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization*. Agron. J., 74:562-564, 1982.
- MOORE, R.; BLACK J.R., C.C. *Nitrogen assimilation pathways in leaf mesophyll and bundle sheath cells of C<sub>4</sub> photosynthetic plants formulated from comparative studies with Digitaria sanguinalis (L.) Scop.* Plant Physiol., v.64: 309-313. 1979.
- NWACHUKU, D.A.; LOGANATHAN, P. *The effect of liming on maize yield and soil properties in Southern Nigeria*. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v.22, n.7/8, p.623-639, 1991.
- PATERNIANI, E. *O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil - Uma abordagem histórica da utilização do germoplasma*. In: Udry, C.V., et al. (orgs.). *Uma história brasileira do milho (o valor dos recursos genéticos)*. 1. ed. Brasília: Paralelo 15, p.11-41. 2000.
- PEGORER, A. P. R. , FRANCH, C. M. C., FRANCH, J. L., SIQUEIRA, M. F. B., MOTTA, S. D. *Informações sobre o uso do E.M.(Microorganismos Eficazes) – Apostila. AGRICULTURA NATURAL MESSIÂNICA - Fundação Mokiti Okada – Rio de Janeiro, 1995. 14p.*
- PRESTERL, T.; GROH, S.; LANDBECK, M.; SEITZ, G.; SCHMIDT, W.; GEIGER, H.H. *Nitrogen uptake and utilization efficiency of European maize hybrids developed under conditions of low and high nitrogen input*. Plant Breeding, v.121: 480-486. 2002.
- REDINBAUGH, M.G., CAMPBELL, W.H. *Higher plant responses to environmental nitrate*. Physiol. Plant 82: 640-650. 1991.
- SILVA, F.L.I.M.; MAGALHÃES, J.R. *Características do suprimento de fósforo em milho-doce em solo de cerrado*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.26(7): 1063-1071. 1991.
- SOARES, A.C.; MACHADO, A.T.; SILVA, B.M.; von der WEID, J.M. *Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade*. AS-PTA. RJ. 1998.185 p.
- SOUZA, S. R.; STARK, E. M. L. M.; FERNANDES, M. S. *Nitrogen remobilization during the reproductive period in two brazilian rice varieties*. J. of Plant Nutrition. v. 21(10): 2049 – 2063, 1998.
- SOUZA, S.R. *Teor e qualidade das proteínas do arroz com a aplicação foliar e no solo de Uran*. Tese de doutorado. UFRRJ. Itaguaí – RJ. 1990. 114 p.

- SOUZA, S.R.; STARK, E.M.L.M.; FERNANDES, M.S.; MAGALHÃES, J.R. *Effects of supplemental nitrogen on nitrogen-assimilation enzymes, free amino nitrogen, soluble sugars and crude protein of rice*. Commun. Soil. Sci. Plant Anal., v.30(5&6): 711-724. 1999.
- STARK, E.M.L.M.; OLIVEIRA, S.A.S.; FERNANDES, M.S.; BERBARA, R.L.L.; SOUZA, S.R. *Cultivo de arroz de sequeiro com fertilizante biológico e adubação nitrogenada*. Anais do X Cong. Bras. Fisiol. Veg. Recife. 2005
- STEVENSON, F. J.; COLE, M. A. *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York. John Wiley & Sons, 1999. 427p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Trad.: Eliane Romanato Santarém et al. 3ª edição. Porto Alegre. Artmed. 719p. 2004.
- TAKAMATSU, A. A. *Avaliação da biolixiviação de metais pesados por bactérias do gênero Thiobacillus em lodos biológicos para utilização agrícola como fertilizante*. Curitiba – Paraná, Tese de Mestrado de Ciência do solo; Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. 106 p. 1995.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 174p. 1995.
- TUAT, N. V. and TRINH, L. V. *Role of effective microbes in integrated pest management programmes in Vietnam*. In: SANGKKARA, U. R. et al. (ed.) *Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming*. Christchurch Polytechnic, Christchurch, New Zealand. p.176-179. 2002.
- UHART, S. A.; ANDRADE, F. H. *Nitrogen deficiency in mayze. Carbon-Nitrogen interaction effects on Kernel number and grain yield*. Crop Science, v.35: 1384 – 1389. 1995.
- van RAIJ, B. *Fertilidade do solo e adubação*. Ed. Ceres. São Paulo. 1991. 343 p.
- VAUGHN, K.C.; CAMPBELL, W.H. *Immunogold localization of nitrate reductase in maize leaves*. Plant Physiol., v.88: 1354-1357. 1988.
- VICTORIA, R.L.; COLAÇO, W.; MAGALHÃES, A.M.T. *Mineralização e volatilização de nitrogênio do solo*. In: MONIZ, A.C. (coord.) et al. *A responsabilidade social da ciência do solo*. Campinas. SBCS. p.379-387. 1988.
- VIEIRA JR. P.A. Milho. In: CASTRO, P.R.C., KLUGE, R.A. *Ecofisiologia de culturas anuais: Trigo, Milho, Soja, Arroz e Mandioca*. São Paulo. Nobel. 128p. 1999.
- WIRÉN, N; GAZZARRINI, S; GOJON, A; FROMMER, W.B. *The molecular physiology of ammonium uptake and retrieval*. Current Opinion in Plant Biology, v.3: 254-261. 2000.
- XU, H. *Effects of a microbial inoculant and organic fertilizers on the growth, photosynthesis and yield of sweet corn*. In: XU, H. et al. *Nature farming and microbial applications*. Hawerth press. Co-published as journal of crop productions, v.3, n.1 (#5).2000.
- YUE, S.; WANG, C.; XU, H. e DAI, J. *Effects of foliar application with effective microorganisms on leaf metabolism and seed yield in soybean*. In: SANGKKARA, U. R. et al. (ed.). *Seventh International Conference on Kyusei Nature Farming*. Christchurch Polytechnic, Christchurch, New Zealand. p. 62 – 65. 2002.

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Valores médios de pH (em H<sub>2</sub>O) na terra dos vasos após o plantio de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

		Variedade					
Corretivo	Tratamento Adubação	BRS 1010		Sol da Manhã		Média	
		CaCO <sub>3</sub>	Controle	6,30	Aa	6,07	Aa
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,83		Aa	6,13	Aa	5,98	a
EM	5,87		Aa	6,33	Aa	6,10	a
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	6,13		Aa	6,17	Aa	6,15	a
RI	Controle	5,80	Aa	5,70	Aa	5,75	a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5,93	Aa	5,77	Aa	5,85	a
	EM	5,70	Aa	5,83	Aa	5,77	a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	5,70	Aa	5,93	Aa	5,82	a
<b>Média</b>		<b>5,91</b>	<b>A</b>	<b>5,99</b>	<b>A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Fisher, LSD P ≤ 0,05).

**Anexo 2.** Valores médios de H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de terra) na terra dos vasos após o plantio de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

		Variedade					
Corretivo	Tratamento Adubação	BRS 1010		Sol da Manhã		Média	
		CaCO <sub>3</sub>	Controle	0,70	Aa	0,67	Aa
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,03		Aa	0,77	Aa	0,90	a
EM	0,97		Aa	0,83	Aa	0,90	a
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	0,97		Aa	0,80	Aa	0,88	a
RI	Controle	1,37	Aa	1,23	Aa	1,30	a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,03	Aa	1,10	Aa	1,07	a
	EM	1,27	Aa	1,07	Aa	1,17	a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	1,37	Aa	1,17	Aa	1,27	a
<b>Média</b>		<b>1,09</b>	<b>A</b>	<b>0,95</b>	<b>A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Fisher, LSD P ≤ 0,05).

**Anexo 3.** Teores de carbono ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na terra dos vasos após o plantio de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

		Variedade						
Corretivo	Tratamento	BRS 1010		Sol da Manhã		Média		
	Adubação							
$\text{CaCO}_3$	Controle	13,67	Aa	11,67	Aa	12,67	a	<b>12,88 a</b>
	$\text{NO}_3^-$	13,67	Aa	12,67	Aa	13,17	a	
	EM	14,33	Aa	12,67	Aa	13,50	a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	12,67	Aa	11,67	Aa	12,17	a	
RI	Controle	13,33	Aa	10,67	Aa	12,00	a	<b>12,17 a</b>
	$\text{NO}_3^-$	11,67	Aa	10,33	Aa	11,00	a	
	EM	12,67	Aa	12,67	Aa	12,67	a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	12,67	Aa	13,33	Aa	13,00	a	
<b>Média</b>		<b>13,08</b>	<b>A</b>	<b>11,96</b>	<b>A</b>			

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Fisher, LSD  $P \leq 0,05$ ).

**Anexo 4.** Massa fresca da espiga ( $\text{g.vaso}^{-1}$ ) de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e microorganismos eficazes (EM).

		Variedade						
Corretivo	Tratamento	BRS 1010		Sol da Manhã		Média		
	Adubação							
$\text{CaCO}_3$	Controle	73,21	Aa	86,56	Aa	79,89	a	<b>84,65 a</b>
	$\text{NO}_3^-$	100,19	Aa	80,45	Aa	90,32	a	
	EM	81,81	Aa	74,14	Aa	77,98	a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	91,63	Aa	89,21	Aa	90,42	a	
RI	Controle	91,28	Aa	89,35	Aa	90,32	a	<b>88,43 a</b>
	$\text{NO}_3^-$	95,23	Aa	96,54	Aa	95,88	a	
	EM	89,38	Aa	72,96	Aa	81,17	a	
	$\text{NO}_3^-$ +EM	85,08	Aa	87,59	Aa	86,34	a	
<b>Média</b>		<b>88,80</b>	<b>A</b>	<b>84,60</b>	<b>A</b>			

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

**Anexo 5.** Teor de nitrogênio (mg N g<sup>-1</sup> de massa seca) na parte reprodutiva masculina (pendão) das plantas de duas variedades de milho (BRS 1010 e “Sol da manhã”), cultivadas com carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) e resíduo industrial (RI) e, com aplicações foliares de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e microorganismos eficazes (EM).

N-total – Pendão (mg g <sup>-1</sup> de massa seca)							
Tratamento		BRS 1010		Sol da Manhã		Média	
Corretivo	Adubação						
CaCO <sub>3</sub>	Controle	7,82	Aa	6,73	Aa	7,28	a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	7,74	Aa	6,61	Aa	7,17	a
	EM	6,64	Ba	8,16	Aa	7,40	a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	7,64	Aa	7,99	Aa	7,82	a
RI	Controle	9,02	Aa	7,40	Ba	8,21	a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,98	Ab	6,36	Aa	6,67	a
	EM	6,50	Ab	6,88	Aa	6,69	a
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +EM	7,56	Aab	6,83	Aa	7,19	a
<b>Média</b>		<b>7,49</b>	<b>A</b>	<b>7,12</b>	<b>A</b>		

Dados seguidos de letras iguais (minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha) não diferem significativamente entre si (Tukey, P ≤ 0,05).

**Anexo 6.** Análise do resíduo orgânico líquido (EM) (ESALQ-USP - Dep. de solos e nutrição de plantas)

Determinação	Valores
pH	3,60
Densidade	1,00
Resíduo seco a 100-110 °C	15,58 g L <sup>-1</sup>
Matéria Orgânica Total (combustão)	10,82 g L <sup>-1</sup>
Carbono Total (orgânico e mineral)	6,01 g L <sup>-1</sup>
Resíduo mineral total	4,76 g L <sup>-1</sup>
Resíduo mineral insolúvel	0,06 g L <sup>-1</sup>
Resíduo mineral solúvel	4,70 g L <sup>-1</sup>
Nitrogênio total	0,28 g L <sup>-1</sup>
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) total	0,31 g L <sup>-1</sup>
Potássio (K <sub>2</sub> O)	3,00 g L <sup>-1</sup>
Cálcio (Ca <sup>2+</sup> )	0,20 g L <sup>-1</sup>
Magnésio (Mg <sup>2+</sup> )	0,23 g L <sup>-1</sup>
Enxofre (S)	0,25 g L <sup>-1</sup>
Cobre (Cu) total	-
Manganês (Mn) total	4,00 mg L <sup>-1</sup>
Zinco (Zn) total	14,00 mg L <sup>-1</sup>
Ferro (Fe) total	54,0 mg L <sup>-1</sup>
Relação C:N (C total e N total)	21:1

(-) Elemento não analisado.