

**Universidade De São Paulo
Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz”**

**Avaliação do Condicionamento Fisiológico e Aplicação de Fósforo em
Sementes de Milheto**

Fabício Becker Peske

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Doutor em Ciências. Área
de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2011**

Fabício Becker Peske
Engenheiro Agrônomo

Avaliação do Condicionamento Fisiológico e Aplicação de Fósforo em Sementes de Milheto
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010

Orientador(a):
Profa. Dra. **ANA DIONISIA DA LUZ COELHO**
NOVEMBRE

Dissertação apresentada para obtenção
do título de Doutor em Ciências. Área
de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2011

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Peske, Fabrício Becker

Avaliação do condicionamento fisiológico e aplicação de fósforo em sementes de milho / Fabrício Becker Peske. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. - - Piracicaba, 2011.

131 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Fósforo 2. Macronutrientes 3. Milho 4. Peletização 5. Sementes - Fisiologia
I. Título

CDD 633.17
P474a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

gradeço aos meus pais por seu constante e incondicional apoio e amor.

Agradeço ainda aos meus amigos e demais familiares por demonstrarem ser um forte alicerce e fonte de muitas alegrias em minha vida ao longo dos anos.

À Prof^ª. Dra. Ana Dionisia da Luz Coelho Novembre por sua orientação e constante dedicação à minha formação acadêmica em nível de Doutorado.

Ao Prof. PhD. Michael Kruse, por me receber e dispor de todos seus recursos em prol de meus estudos e atividades em geral na Universidade de Hohenheim, em Stuttgart, Alemanha.

Agradeço, por fim, ao CNPq por dispor de recursos suficientes para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	19
Referências.....	22
2 CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE MILHETO.....	23
Resumo.....	23
Abstract.....	24
2.1 Introdução.....	25
2.2 Desenvolvimento.....	25
2.2.1 Revisão bibliográfica.....	25
2.2.2 Material e métodos.....	27
2.2.3 Resultados e discussão.....	29
2.3 Conclusão.....	42
Referências.....	43
3 PELETIZAÇÃO DE SEMENTES DE MILHETO.....	46
Resumo.....	46
Abstract.....	47
3.1 Introdução.....	48
3.2 Desenvolvimento.....	48
3.2.1 Revisão Bibliográfica.....	48
3.2.2 Material e métodos.....	50
3.2.3 Resultados e discussão.....	53

3.2.3.1 Avaliações físicas.....	57
3.2.3.2 Avaliações fisiológicas.....	58
3.3 Conclusão.....	62
Referências.....	63
4 APLICAÇÃO DE FÓSFORO EM SEMENTES DE MILHETO.....	65
Resumo.....	65
Abstract.....	66
4.1 Introdução.....	67
4.2 Desenvolvimento.....	67
4.2.1 Revisão bibliográfica.....	67
4.2.2 Material e métodos.....	72
4.2.2.1 Experimento em laboratório.....	74
4.2.2.2 Experimento em campo.....	77
4.2.3 Resultados e discussão.....	79
4.2.3.1 Análise física em laboratório.....	81
4.2.3.2 Análise fisiológica durante o período de armazenamento.....	85
4.2.3.3 Análise em campo.....	109
4.2.3.4 Análise de fósforo.....	112
4.3 Conclusão.....	125
Referências.....	126

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Teor de água (%) de sementes de milho do lote 1, cultivar BRS1501 durante a hidratação, a 25°C em diferentes potenciais hídricos..... 30
- Tabela 2 - Teor de água (%) de sementes de milho do lote 2, cultivar BRS1501 durante a hidratação, a 25°C em diferentes potenciais hídricos..... 31
- Tabela 3 - Teor de água (%) de sementes de milho do lote 3, cultivar BRS1501 durante a hidratação, a 25°C em diferentes potenciais hídricos..... 31
- Tabela 4 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1ª Contagem), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE) e total de emergência da plântula (EP), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos tratamentos..... 33
- Tabela 5 - Combinação de adesivos e produtos em pó usados na peletização do Cultivar BRS1501..... 52
- Tabela 6 – Fragmentação média (%) dos diferentes peletes de sementes de milho cultivar BRS1501 peletizados com diferentes produtos em pó e adesivos..... 55
- Tabela 7 – Análise de variância dos resultados de massa de mil sementes, volume de mil sementes, germinação aos 7 dias (G), primeira contagem de germinação (PG), índice de velocidade de emergência (VE) e emergência final da plântula (EF) de sementes de milho, cultivar BRS1501, peletizadas com diferentes adesivos e produtos em pó contendo 20% de microcelulose, comparados com as sementes nuas..... 57
- Tabela 8 – Massa e volume de mil sementes de milho cultivar BRS1501 peletizadas com diferentes produtos em pó e adesivos 58
- Tabela 9 - Primeira contagem de germinação e germinação final de sementes de milho, cultivar BRS1501, peletizadas com diferentes produtos em pó e adesivos..... 60
- Tabela 10 - Índice de velocidade de emergência e emergência final (%) de plântulas originadas de sementes de milho, cultivar BRS1501, peletizadas com diferentes produtos em pó e adesivos..... 61
- Tabela 11 – Tratamentos referentes à peletização de sementes de milho, lotes 1, 2 e 3, cv BRS1501, incluindo testemunha e combinações de fontes de fósforo e de material inerte, classificadas por peneiras de crivo oblongo e circular 74

Tabela 12 – Resultados da análise química do solo de duas áreas experimentais.....	80
Tabela 13 – Especificação de produtos e doses aplicados em sementes de milho do cv. BRS1501 e total de fósforo (mg) aplicado por semente	82
Tabela 14 - Resultado da análise de variância para a massa de mil sementes (PMS), o volume de mil sementes (VMS) e a fragmentação de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores.....	83
Tabela 15 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1ª Cont.), germinação em temperatura baixa (GTB), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE), total emergência da plântula (EP), comprimento de folha (CF), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores para a primeira época de armazenamento (0 meses)	87
Tabela 16 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1ª Cont.), germinação em temperatura baixa (GTB), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE), total emergência da plântula (EP), comprimento de folha (CF), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores para a segunda época de armazenamento (2 meses).....	88
Tabela 17 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1ª Cont.), germinação em temperatura baixa (GTB), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE), total emergência da plântula (EP), comprimento de folha (CF), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores para a terceira época de armazenamento (4 meses).....	89
Tabela 18 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1ª Cont.), germinação em temperatura baixa (GTB), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE), total emergência da plântula (EP), comprimento de folha (CF), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores para a quarta época de armazenamento (6 meses).....	90
Tabela 19 – Plântulas normais (%) observadas nas avaliações de primeira contagem de germinação (PG), germinação final (G), germinação em temperatura baixa (GTB), emergência final (EM), índice de velocidade de emergência (IVE) e, comprimento de folhas (CF), plântulas (CP) e raízes (CR), expresso em centímetros e, teor de água (TA) de três lotes de sementes do cultivar de milho BRS1501,	

peletizadas com 4 produtos diferentes e, armazenados e avaliados aos zero, 2, 4 e 6 meses.....	98
Tabela 20 – Plântulas normais (%) obtida nas avaliações de primeira contagem de germinação (PG), germinação final (G), germinação em temperatura baixa (GTB), emergência final da plântula (EM), índice de velocidade de emergência (IVE) e, comprimento de folhas (CF), plântulas (CP) e raízes (CR), expresso em centímetros e teor de água (TA) de cada lote de sementes do cultivar de milho BRS1501, peletizadas com 4 produtos diferentes e armazenados e avaliados aos zero, 2, 4 e 6 meses	99
Tabela 21 - Resultado da análise de variância para os testes de matéria seca das folhas, comprimento de parte aérea e produtividade de grãos de milho, cultivar BRS1501, em três estágios de desenvolvimento e após a colheita, respectivamente	110
Tabela 22 - Resultado da análise de variância para a avaliação de fósforo total em folhas e raízes de plântulas com 7 dias após instalação do teste de germinação à 25°C (7DAG), folhas de plantas 14 dias após emergência (ED2) originadas de sementes de milho, lotes 1,2 e 3, do cultivar BRS1501	113

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Plântulas normais (%) obtidas na primeira contagem do teste de germinação para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa. 34
- Figura 2 - Plântulas normais (%) obtidas no teste de germinação para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial osmótico de 0,0MPa e, condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa. 35
- Figura 3 - Plântulas normais (%) obtidas após o teste de envelhecimento acelerado para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa 36
- Figura 4 - Plântulas normais (%) obtidas no teste de emergência da plântula para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa..... 38
- Figura 5 – Número de plântulas emersas por dia no teste de índice de velocidade de emergência da plântula para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa 39
- Figura 6 - Resultados de condutividade elétrica obtidos para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial osmótico de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa..... 40
- Figura 7 - Teor de água determinado para os lotes 1, 2 e 3 de sementes de milho (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa..... 41
- Figura 8 – Equipamento para aplicação de produtos à superfície das sementes. 75
- Figura 9 - Massa de mil sementes (g), em função dos produtos e das peneiras utilizados para as sementes de milho, lotes 1, 2 e 3, cultivar BRS1501..... 84

- Figura 10 - Volume de mil sementes (mL), em função dos produtos e das peneiras utilizados para as sementes de milho, lotes 1, 2 e 3, cultivar BRS1501 84
- Figura 11 - Análise de raios X dos peletes envolvendo a testemunha, três peneiras de microcelulose, termofosfato magnésiano, fitina e fosfato bicálcico, usados para o recobrimento das sementes de milho, cv. BRS1501 85
- Figura 12 - Porcentagem de fragmentação de sementes peletizadas de milho, cv. BRS1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para a formação dos péletes 86
- Figura 13 – Plântulas normais (%) observadas na primeira contagem de germinação dos três lotes das sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliadas no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente) 93
- Figura 14 - Plântulas normais (%) observadas na germinação final dos três lotes das sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliadas no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente) 94
- Figura 15 - Plântulas normais (%) observadas na germinação em temperatura baixa dos três lotes das sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliadas no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente) 95
- Figura 16 – Índice de velocidade de emergência da plântula dos três lotes das sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliado no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente), expresso em número médio de plântulas emergidas por dia 96
- Figura 17 - Plântulas normais (%) observadas na emergência final das plântulas originadas de sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliadas no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente) 97
- Figura 18 – Comprimento de folhas (cm) de plântulas originadas de sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para a formação dos péletes, avaliado no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente) 103
- Figura 19 – Comprimento de plântulas (cm) originadas de sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação

- dos péletes, avaliado no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente) 104
- Figura 20 – Comprimento de raízes (cm) de plântulas originadas de sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para a formação dos péletes, avaliado no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente) 105
- Figura 21 – Comprimento de plântulas (cm) originadas de sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente) cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliado aos 6 meses de armazenamento 106
- Figura 22 – Comprimento de folhas (cm) de plântulas originadas de sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente) cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliado aos 6 meses de armazenamento 107
- Figura 23 – Comprimento de raízes (cm) originadas de sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente) cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliado aos 6 meses de armazenamento 108
- Figura 24 – Porcentagem média de teor de água das sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliada no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente) 109
- Figura 25 – Massa seca (g) no estágio “ED2” originadas de plantas formadas por sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente), cultivar BR1501, cultivadas no campo com alta quantidade de fósforo no solo, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes..... 117
- Figura 26 – Massa seca (g) no estágio “ED2” originadas de plantas formadas por sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente), cultivar BR1501, cultivadas no campo com baixa quantidade de fósforo no solo, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes..... 118
- Figura 27 – Gramas de fósforo por quilograma de massa seca de folhas de plântulas aos 7 dias após início do teste de germinação à 25°C, conforme a quantidade de fósforo (g/kg de matéria seca) aplicado em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes de sementes de milho do cultivar BR1501, observadas nos lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente) 119

- Figura 28 – Gramas de fósforo por quilograma de massa seca de raízes de plântulas aos 7 dias após início do teste de germinação à 25°C, conforme a quantidade de fósforo (g/kg de matéria seca) aplicado em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes de sementes de milho do cultivar BR1501, observadas nos lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente)..... 120
- Figura 29 – Gramas de fósforo por quilograma de massa seca de folhas de plantas aos 14 dias após emergência (ED2), conforme a quantidade de fósforo (g/kg de matéria seca) aplicado em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes de sementes de milho do cultivar BR1501, observadas nos lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente) 121
- Figura 30 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 1, cultivar BR1501, após 4 dias sob crescimento em câmara à 25°C . 122
- Figura 31 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 1, cultivar BR1501, após 7 dias sob crescimento em câmara à 25°C . 122
- Figura 32 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 2, cultivar BR1501, após 4 dias sob crescimento em câmara à 25°C . 123
- Figura 33 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 2, cultivar BR1501, após 7 dias sob crescimento em câmara à 25°C . 123
- Figura 34 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 3, cultivar BR1501, após 4 dias sob crescimento em câmara à 25°C . 124
- Figura 35 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 3, cultivar BR1501, após 4 dias sob crescimento em câmara à 25°C . 124
- Figura 36 – Gramas de fósforo por quilograma de massa seca de sementes de milho do cultivar BR1501, observadas nos lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente), comparadas segundo o teste de Tukey à 5% de probabilidade 125

RESUMO

Avaliação do Condicionamento Fisiológico e Aplicação de Fósforo em Sementes de Milheto

Apesar das diversas aptidões de uso do milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.), como forragem para pastoreio ou silagem, cobertura do solo e alimentação humana, alguns fatores são limitantes para a expansão do cultivo dessa espécie no Brasil e um dos agravantes é a qualidade física e fisiológica das sementes comercializadas. Assim, este trabalho visou aplicar as técnicas de condicionamento fisiológico, peletização e incorporação de fósforo às sementes para favorecer a implementação e o desenvolvimento da cultura em campo. O experimento envolveu sementes do cultivar BRS 1501, representadas por três lotes, com condicionamento envolvendo água e soluções de PEG6000, enquanto que a peletização foi testada inicialmente com adesivos (PVA, PVP k30, bentonita e Metil celulose) e diferentes produtos em pó com base inerte ou fosforada. As avaliações consistiram de testes físicos iniciais, testes fisiológicos por seis meses de armazenamento, desenvolvimento das plantas em campos com diferentes disponibilidades de fósforo no solo e avaliações químicas de fósforo total e fosfatase ácida em plântulas e plantas de milheto. Não há diferença significativa na germinação das sementes e emergência das plântulas originadas de sementes pré condicionadas. A peletização das sementes é uma alternativa viável para alteração do volume das sementes sem alterar seu desempenho fisiológico. Em relação à incorporação de fósforo ao pélete das sementes, há efeito significativo no desenvolvimento das plântulas, assim como para a absorção deste macronutriente. Por outro lado, há impacto significativo de materiais e doses específicas sobre a qualidade fisiológica das sementes, principalmente do fosfato bicálcico.

Palavras-Chave: *Pennisetum glaucum* (L.); peletização; macronutriente

ABSTRACT

Physiological conditioning and phosphorous application on pearl millet seeds

Beside the many aptitudes of the pearl millet (stock feeding, hay, soil layer protection and food in general), some factors limit its expansion in Brazil, being generally, the low physical and physiological seed quality on the market as one of the harshest problems. Thus, this study aimed at applying physiologic conditioning techniques, pelleting and phosphorus application on seeds to improve seedling emergence and crop development in the fields. The experiment used 3 seed lots of BRS 1501 cv, with water and osmotic solution conditioning, while pelleting was tested with 4 different binders (PVA, PVP k30, bentonite and Methil celulose) and different inert and phosphorate powder products. The evaluations consisted of initial phisical tests, followed by physiological tests for 6 months of storage, Field development under 2 different phosphorus soil content and, chemical evaluations as total P content and acid phosphate on pearl millet seedlings and plants. The results show no significant difference on the seedling emergence and germination of physiological conditioned seeds. The seed pelleting was effective on improving seeds volume without harming seed physiologic performance. Regarding phosphorous incorporation through seed pellet, the results show significant effects on the seedling development, as well as it's absorption. However, with significant impact of specific materials and quantities on the seeds physiologic performance, especially with Bicalcic phosphate.

Keywords: *Pennisetum glaucum* (L.); pelleting; macronutrient

1 INTRODUÇÃO

A planta do milheto, forrageira anual de verão e de inverno, é utilizada para alimentação de bovinos por pastoreio direto ou como forragem pelo corte das plantas, como feno e como silagem, para a produção de grãos para consumo humano e para ser cultivada para a produção de palha em sistema de cultivo por semeadura direta (Salton e Kichel, 1997).

Apesar de suas diversas aptidões de uso, alguns fatores são limitantes para a expansão do cultivo dessa espécie no Brasil e um dos agravantes é a qualidade física e fisiológica das sementes comercializadas.

O setor de sementes desenvolve há muito tempo tecnologias capazes de aprimorar tanto a qualidade física como a qualidade fisiológica das sementes. Assim, o recobrimento de sementes destaca-se como uma técnica com muito potencial, sendo utilizada principalmente para sementes de hortaliças com alto valor agregado. Porém, sua aplicação no mercado de espécies forrageiras possui amplitude significativamente inferior, a qual se deve basicamente ao baixo valor agregado das sementes.

A técnica de recobrimento pode alterar o volume e uniformizar o tamanho das sementes, o qual vem facilitar a semeadura e o manejo em campo, sendo esta combinação de resultados denominada peletização.

Para a peletização de sementes, é necessária a utilização de combinação de adesivos e de produtos em pó. Porém devem-se empregar combinações dos mesmos, de forma a permitir um pélete com qualidade física e que não interfira significativamente na qualidade fisiológica das sementes, além de resistir às variações de ambiente e abrasões por meio do manejo, seja este, mecânico ou manual.

Tendo em vista que há uma vasta gama de produtos passíveis de serem utilizados no recobrimento de sementes, é importante haver um minucioso processo de avaliação na escolha dos materiais a serem empregados à sua superfície. Especialmente, ao se tratar de produtos que possuam nutrientes ou até mesmo formulações químicas capazes de serem absorvidas pela raiz primária e, assim, influenciar de forma positiva ou até mesmo negativamente o crescimento e desenvolvimento inicial das plântulas e plantas.

Há uma diversidade de trabalhos referindo-se à importância da suficiente disponibilidade de nutrientes no estágio inicial de crescimento das plântulas e plantas. No caso de macronutrientes, a importância do teor de fósforo inicial, tanto no solo como na própria constituição das sementes, é ressaltada por diversos autores, os quais afirmam que sementes com alto teor de P originam plantas com crescimento da parte aérea, nodulação, e acumulação de N, particularmente sob baixa disponibilidade de P no solo, indicando que o P da semente pode assumir papel relevante no estabelecimento vegetal e na fixação biológica de N^2 (Thompson et al., 1991; Teixeira et al., 1999), o qual pode implicar até mesmo na produção final da cultura (Trigo et al, 1997).

Além do mais, no caso de milho semeado a lanço com sementes não recobertas e, assim, tendo baixo volume e superfície desuniforme, não há como haver precisão na aplicação de fósforo para o melhor desenvolvimento inicial das plântulas e, assim, estabelecimento da cultura. Isto, pois o fósforo é um elemento pouco móvel no solo, movendo-se apenas de 4 a 6cm em solos argilosos e, até 16cm em solos arenosos (Faria e Pereira, 1993), fato explicado basicamente pelas ligações covalentes com o solo e oxidróticos de ferro e alumínio presentes, principalmente, nos solos mais intemperizados da região do Cerrado.

Segundo diversos trabalhos, quando há a limitação de alguns nutrientes, principalmente N e P, as raízes se transformam em forte dreno de carboidratos. Segundo Nielsen et al. (1998), a maior destinação de C às raízes em condições de baixa disponibilidade de P, tanto para a produção de biomassa quanto para respiração de manutenção, pode constituir fator limitante ao crescimento vegetal como um todo.

Assim, cada espécie de semente e a interação de cada produto com suas características físicas e químicas particulares devem ser estudadas para a aplicação via o recobrimento, de forma que as sementes tratadas favoreçam a capacidade de crescimento e desenvolvimento das plantas em campo.

Uma vez que a técnica de recobrimento gera uma barreira física, além de modificar o ambiente salino, hídrico e térmico, é preferível que haja a melhor condição fisiológica das sementes para o máximo desempenho em termos de tolerância aos estresses salinos, hídricos e

variação de temperatura, possibilitando assim, a apropriada germinação da semente e emergência da plântula.

Neste aspecto, uma das alternativas passíveis de serem empregadas é o condicionamento fisiológico de sementes, o qual vem sendo estudado e utilizado há muitos anos (Heydecker e Coolbear, 1977), especialmente em espécies com sementes de tamanho reduzido e alto valor agregado.

Esta técnica baseia-se na hidratação controlada das sementes até a fase prévia à emissão da raiz primária e posterior secagem até o teor de água inicial, promovendo a reestruturação das membranas celulares, que é fundamental para a emergência das plântulas em campo, uma vez que as membranas organizadas limitam a liberação de exsudatos.

Para as sementes de alface, Valdes et al (1985) verificaram melhor desempenho, em condições de campo, após o condicionamento osmótico prévio à peletização das sementes, tanto em comparação às sementes nuas sem condicionamento osmótico, quanto às sementes peletizadas e sem condicionamento.

Por fim, há a possibilidade de combinar ambos os processos de peletização e condicionamento fisiológico para propiciar o máximo desempenho das plântulas e plantas em campo.

Referências

- FARIA, C.M.B.; PEREIRA, J. R. Movimento de fósforo no solo e seu modo de aplicação no tomateiro rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n.12, p.1363-1370, dez. 1993
- HEYDECKER, W; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance - survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.5, p.353-425, 1977.
- NIELSEN, K. L.; BOUMA, T. J.; LYNCH, J. P. & EISSENSTAT, D. M. Effects of phosphorus availability and vesicular-arbuscular mycorrhizas on the carbon budget of common bean (*Phaseolus vulgaris*). **New Phytol.**, 139:647-656, 1998
- SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n.80, p.8-9, 1997.
- TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. M. G.; ALMEIDA, D. L.; ARAÚJO, A.P.; FRANCO, A. A. Effect of seed phosphorus concentration on nodulation and growth of three common bean cultivars. **J. Plant Nutrition**, 22: 1599-1611, 1999
- THOMPSON, B. D.; BELL, R. W.; BOLLAND, M. D. A. Low seed phosphorus concentration depresses early growth and nodulation of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gunguru). **J. Plant Nutrition.**, 14:1355-1367, 1991
- TRIGO, L.F.N.; PESKE, S.T.; GASTAL, M.F.C.; VAHL, L.C. TRIGO, M.F.O.; Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 19, n. 1, p.111-115, 1997
- VALDES, V.M.; BRADFORD, K.J.; MAYBERRY, K.S. Alleviation of therm dormancy in coated lettuce seeds by seed priming. **Hortscience**, Alexandria, v.20, p.1112-1114, 1985

2 CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE MILHETO

Resumo

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar o condicionamento fisiológico de sementes de três lotes de milho cultivar BRS1501. Os tratamentos consistiram em a testemunha, sementes hidratadas em água pura (potencial zero) e em oito potenciais de solução aquosa de PEG 6000 (-0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4MPa). As sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, germinação (total e primeira contagem de germinação), emergência da plântula (total e índice de velocidade de emergência da plântula), testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica. Os resultados indicaram que as sementes de milho emitem a raiz primária ao atingirem 33% de água, porém como esperado, na medida em que aumentou a concentração de PEG, maior foi o período necessário para absorção de água, sendo que para os potenciais de -1,2 e -1,4MPa as sementes não absorveram mais do que 28% de água e, assim, não emitem a raiz primária. O condicionamento fisiológico das sementes de milho, utilizando água ou PEG 6000, não interfere no desenvolvimento inicial das plântulas.

Palavras-chave: *Pennisetum glaucum* (L.); teor de água; osmocondicionamento

Abstract

The objective of this study was to evaluate the physiologic conditioning of three pearl millet seed lots of the BRS1501 commercial cultivar. The treatments consisted on the non treated seeds, seeds hydrated with pure water, and seeds hydrated with water on eight different potentials provided by PEG 6000 (-0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4MPa). The seeds were evaluated on water content, germination (first counting of germination and final percentage), seedling emergence (final percentage and seedling emergence speed), accelerated aging and electrical conductivity. The results indicated that the pearl millet seeds emit the primary roots at 33% of water content, as expected however, as higher the PEG 6000 concentration, longer was the imbibitions period, while on the potentials of -1,2 and -1,4 MPa, the seeds did not absorbed more than 28% of water content, and thus, did not emit primary roots. The pearl millet seeds, cultivar BRS1501, emit the primary root when having 33% of water content, under a potential of zero MPa. In conclusion, it is possible to affirm that the physiological conditioning of pearl millet seeds, by the use of pure water or PEG 6000, does not interfere on the initial seedling development.

Keywords: *Pennisetum glaucum* (L.); seed water content; osmoconditioning

2.1 Introdução

Devido às diversidades de condições submetidas ao campo de produção de sementes de espécies gramíneas forrageiras e, ainda, aos métodos e equipamentos de beneficiamento de sementes após a colheita muitas vezes inapropriados, são muitos os casos em que os lotes de sementes são comercializados com qualidade insatisfatória ou, na pior das situações, descartados.

O estudo de tecnologias e tratamentos capazes de aprimorar a qualidade das sementes após a colheita é importante para o constante crescimento do mercado de sementes.

Uma vez que as sementes de milho apresentam tamanho reduzido, propiciam que grandes quantidades sejam tratadas ou manejadas para diferentes fins. Sendo o método de condicionamento fisiológico uma prática comum para as sementes de hortaliças, de mesma forma e muitas com tamanho reduzido, porém com alto valor agregado, é passível que a espécie de milho venha a se beneficiar das mesmas vantagens da tecnologia.

2.2 Desenvolvimento

2.2.1 Revisão Bibliográfica

O condicionamento fisiológico de sementes têm sido estudado e utilizado ao longo dos anos (Heydecker e Coolbear, 1977), especialmente para sementes pequenas e de alto valor agregado, como algumas espécies de hortaliças e de gramíneas que também têm sementes pequenas (Tallowin et al., 1994).

Para o condicionamento fisiológico, deve haver o controle da quantidade de água absorvida pela semente, com o desenvolvimento das fases iniciais da germinação (fases I e II), mas sem atingir o estágio de emergência da raiz primária (fase III), segundo o padrão trifásico proposto por Bewley e Black (1994).

O condicionamento osmótico é uma técnica que consiste no contato das sementes com solução osmótica, por tempo e temperatura previamente determinados (Anwar et al., 1978). As soluções osmóticas mais empregadas são o polietileno glicol (PEG), o manitol e os sais inorgânicos (NaCl, MgSO₄ e KNO₃).

Ao trabalharem com diferentes genótipos de sementes de girassol, Mwale et al. (2003) afirmaram que o condicionamento osmótico das sementes com PEG 8000 em potencial de -

0,6MPa causou efeitos positivos em diferentes aspectos da germinação da semente e emergência da plântula, porém não influenciou os resultados referentes à formação de matéria seca e produtividade das plantas subseqüentes. No entanto, salientaram que, embora os efeitos tenham sido observados apenas na fase inicial de desenvolvimento da cultura, tais ganhos foram positivos e essenciais para o estabelecimento das plantas em campo, sendo uma alternativa para sincronizar o desenvolvimento de genótipos diferentes para a produção de sementes de híbridos como, por exemplo, as linhagens “macho” ou “fêmea”.

Embora, dentre os sais, o polietileno glicol seja o produto mais utilizado para alterar o potencial osmótico da solução, por ser quimicamente inerte, não atravessar o sistema de membranas e não causar efeitos adversos ao embrião (Parera e Cantliffe, 1994), os resultados gerados têm variado quanto ao desempenho das sementes após o condicionamento. Enquanto alguns pesquisadores obtiveram respostas positivas (Chojnowski et al., 1997), outros observaram que o condicionamento com água pura ou “hidropriming” é suficiente para respostas efetivas (Prisco et al., 1992; Capron et al., 2000; Sivritepe e Eris, 2000; Fanan e Novembre, 2007).

Pesquisando diferentes tipos de condicionamento, Venkatasubramanian e Umarani (2007) demonstraram que o condicionamento fisiológico ideal varia de espécie para espécie, ao determinarem para as sementes de tomate que os resultados mais adequados foram obtidos com “hidropriming”, por 48h, enquanto que para as sementes de berinjela e de pimentas, o condicionamento ideal foi o mátrico utilizando areia com 80% de retenção de água.

No entanto, Smith e Cobb (1991), ao trabalharem com sementes de pimenta, concluíram que a resposta ao condicionamento osmótico é dependente da duração do tratamento e do potencial osmótico e independente do tipo de sal utilizado.

No caso de sementes de gramíneas forrageiras há quantidade limitada de estudos e informações a respeito do condicionamento fisiológico, sendo os resultados positivos mais comuns observados para as sementes de brachiárias (Bonome et al., 2005) e as de sorgo (Carvalho, 2000). Porém estudos realizados com outras espécies de gramíneas também têm sido promissores, como é o caso das sementes de cevada, para as quais segundo Abdulrahmani et al. (2007), houve eficiência dos condicionamentos com água pura, com PEG e CaCl_2 e, até mesmo, com soluções nutritivas de fósforo.

Para as sementes de milho, Gaspar e Nakagawa (2002) avaliaram a absorção de água pelas sementes de três lotes do cv. Comum sobre os resultados do teste de condutividade elétrica

para a avaliação do vigor, demonstrando que a fase I do padrão trifásico de absorção de água encerrou-se em torno de 12 horas, a 25°C, as sementes apresentando mais de 35% de água e após 20 horas de hidratação, mais de 80% das sementes apresentaram emissão de raiz primária.

Logo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o condicionamento fisiológico de sementes de milho através do condicionamento osmótico com PEG 6000 e com água pura.

2.2.2 Material e Métodos

O estudo foi realizado no laboratório de sementes do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP).

As sementes de milho foram representadas por três lotes do cultivar BRS1501, as quais foram submetidas à hidratação em água pura (zero MPa) e em oito concentrações de polietilenoglicol (PEG 6000) e água pura, que proporcionaram os seguintes potenciais a 25°C: 0,0; -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4MPa.

Para que fosse determinado o período de hidratação mais adequado para cada tratamento, foram realizadas avaliações para determinar a absorção de água pelas sementes de milho utilizando a água pura e as concentrações de PEG previamente indicadas. Para tal, quatro repetições de cinco gramas de sementes, com teor de água inicial previamente determinado, pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24h (Brasil, 1992), foram submetidas à hidratação em rolos de papel a 25°C. O teor de água das sementes foi avaliado em intervalos de uma hora até o momento da emissão da raiz primária. O ganho de água em porcentagem foi calculado pela fórmula: peso inicial x (100 – umidade inicial) = peso final x (100 – umidade final).

O período de hidratação escolhido para cada tratamento foi relativo ao tempo necessário para que a média de teor de água das sementes fosse suficiente para que não houvesse emissão da raiz primária de nenhuma semente em condicionamento. Logo, cada tratamento exigiu um período de hidratação específico, em função das diferenças de potencial osmótico das soluções. Sendo assim, os períodos de hidratação dos potenciais de 0,0; -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0MPa para o condicionamento fisiológico das sementes, foram de 6, 8, 8, 8, 10, 12 e 12 horas, respectivamente. Não havendo o condicionamento fisiológico com -1,2 e -1,4MPa. Totalizando assim, para cada lote de sementes, sete tratamentos de condicionamento fisiológico e a testemunha.

O condicionamento fisiológico consistiu em colocar cinco repetições de três gramas de sementes de cada lote entre duas camadas de folhas de papel toalha umedecidas com água ou com as soluções de PEG 6000, envolvidas em sacos plásticos e mantidas na posição vertical em um germinador a 25°C, até que as sementes atingissem os teores de água estabelecidos para cada período de hidratação, o qual foi monitorada por pesagens sucessivas em balança com precisão de 0,0001 e com intervalo de tempo mínimo de uma hora; em seguida as sementes foram lavadas em água corrente para retirar o excesso de solução de PEG 6000.

Finalmente, as sementes foram secas a 30°C, em estufa com circulação de ar, até atingirem teores de água similares aos iniciais. As sementes foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas a 20°C para as avaliações posteriores.

As soluções de polietileno glicol empregadas, para obter os potenciais hídricos respectivos, foram preparadas de acordo com a tabela de concentração de polietileno glicol, em função da temperatura e potencial osmótico, indicada por Villela et al. (1991).

As sementes foram avaliadas quanto ao teor de água, germinação (primeira contagem e germinação total) e quanto ao vigor pela emergência da plântula (porcentagem e índice de velocidade de emergência da plântula) e pelos testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica.

Teor de água (TA): determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 1992), com os resultados expressos em porcentagem de água (bu).

Primeira contagem de germinação (PCG): foi determinada pela porcentagem de plântulas normais germinadas no quarto dia após a instalação do teste de germinação (Brasil, 2009).

Germinação (G): quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento foram colocadas para germinar sobre folhas de papel toalha, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, a 25°C. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, determinada no sétimo dia após a instalação do teste de germinação (Brasil, 2009).

Emergência da plântula (EP): foi realizada com 400 sementes de cada tratamento, sendo cada repetição de 100 sementes distribuídas em sulcos com 5cm de profundidade de areia em bandejas de plástico (Aguilera et al, 2002). A avaliação das plântulas emergidas foi realizada no sétimo dia após semeadura. O resultado final obtido e, a média das repetições expressa em porcentagem.

Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVEP): as avaliações foram realizadas diariamente, utilizando a metodologia descrita por Aguilera et al, (2002). O número de plântulas emergidas diariamente foi dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência. O resultado foi expresso em número médio de plântulas emergidas por dia.

Envelhecimento acelerado (EA): as amostras das sementes de cada tratamento foram distribuídas sobre uma tela suspensa no interior de caixas plásticas contendo 40mL de água destilada. As caixas foram mantidas em incubadora tipo BOD, regulada a 41°C, durante 48 horas (Garcia e Menezes, 1999). Após este período de exposição, quatro repetições de 50 sementes foram colocadas para germinar conforme descrição anterior e com avaliação aos quatro dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Condutividade elétrica (CE): realizado seguindo as recomendações descritas por Vieira e Carvalho (1994), com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. As sementes foram pesadas previamente e colocadas em copos plásticos, contendo 100mL de água destilada e, a seguir, mantidas a 25°C; após 24 horas de hidratação foi determinada a condutividade elétrica da solução de hidratação das sementes e o resultado expresso em $\mu\text{S.cm.}^{-1}\text{g}^{-1}$ de semente.

Para realização da análise estatística foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em quatro repetições e oito tratamentos (água pura, seis concentrações de PEG 6000 e a testemunha) para os três lotes de sementes. Os dados referentes às avaliações fisiológicas foram submetidos à análise de variância através do teste de F a 5% de probabilidade, e estudo de regressão polinomial.

2.2.3 Resultados e Discussão

A evolução da absorção de água pelas sementes de milho, dos três lotes do cultivar BRS1501, em diferentes potenciais hídricos providos a partir de diferentes concentrações de PEG 6000 e água pura (potencial zero MPa), indicou que para o potencial zero há o início da protrusão

da raiz primária quando o teor de água das sementes é superior a 33%, cujo período mínimo de hidratação foi de 10 horas para as sementes de todos os lotes avaliados (Tabelas, 1, 2 e 3).

Tabela 1 - Teor de água (%) de sementes de milho do lote 1, cultivar BRS1501 durante a hidratação, a 25°C em diferentes potenciais hídricos

Hidratação (h)	Potenciais osmóticos (MPa)								
	Zero	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
0	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
2	24,6	21,0	23,2	16,8	18,6	16,9	18,0	15,1	14,7
4	27,5	25,2	23,8	19,8	23,4	20,2	22,5	18,6	20,9
6	30,4	26,5	26,2	23,0	25,2	21,5	23,9	20,0	24
8	31,6	28,6	28,9	24,9	27,6	23,5	25,6	22,9	25,3
10	33,2*	29,3	29,6	27,9	29,3	25,9	27,5	23,8	26
12	---	30,4*	30,1*	30,8*	29,9	28,7	29,3	27,2	26,6
14	---	---	---	---	30,4*	30,9*	30,1*	27,9	27
16	---	---	---	---	---	---	---	28,7	28,1
18	---	---	---	---	---	---	---	29,4	28,2
20	---	---	---	---	---	---	---	29,4	28,2

*emissão da raiz primária.

Tabela 2 - Teor de água (%) de sementes de milho do lote 2, cultivar BRS1501 durante a hidratação, a 25°C em diferentes potenciais hídricos

Hidratação (h)	Potenciais osmóticos (MPa)								
	Zero	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
0	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1
2	23,2	22,2	21,7	21,1	17,9	17,4	17,5	17,3	15,1
4	29,7	25,8	25,2	25,0	22,6	22,5	21,6	19,4	17,6
6	33,1	26,5	27,2	27,9	24,4	24,7	24,4	24,6	20,0
8	34,0	29,3	31,0	29,5	27,0	25,6	25,7	25,9	23,8
10	35,4*	31,0*	31,5	30,0	29,1	27,5	26,9	27,0	26,0
12	---	---	31,7*	30,9*	30,5*	30,6*	28,4	27,8	27,1
14	---	---	---	---	---	---	31,0*	29,2	28,2
16	---	---	---	---	---	---	---	29,2	28,5
18	---	---	---	---	---	---	---	29,2	28,5

*emissão da raiz primária.

Tabela 3 - Teor de água (%) de sementes de milho do lote 3, cultivar BRS1501 durante a hidratação, a 25°C em diferentes potenciais hídricos

Hidratação (h)	Potenciais osmóticos (MPa)								
	Zero	-0,1	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4
0	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
2	23,2	21,6	20,3	16,4	17,8	17,7	17,4	16,8	15,6
4	29,2	24,8	23,6	19,3	22,9	22,1	22,5	21,8	18,9
6	32,4	24,6	26,1	22,6	25,4	24,0	25,3	23,7	21,5
8	33,9	30,2	27,6	24,5	26,9	26,5	26,4	24,7	25,0
10	34,0*	31,8	31,7*	28,8	28,3	28,9	27,5	25,4	26,0
12	---	32,8*	---	32,8*	29,9	30,7	28,5	26,3	27,2
14	---	---	---	---	31,4*	31,7*	30,3*	26,9	27,9
16	---	---	---	---	---	---	---	28,0	28,4
18	---	---	---	---	---	---	---	28,5	28,5
20	---	---	---	---	---	---	---	28,9	28,9
22	---	---	---	---	---	---	---	29,7	28,9
24	---	---	---	---	---	---	---	29,7	28,9

*emissão da raiz primária.

Para os potenciais de -0,1; -0,2 e -0,4MPa, o período de hidratação necessário para protrusão da raiz primária foi, em média, de 12 horas. Sendo que, para as sementes do lote 1, o teor de água foi, em média, 3% menor do que o das sementes submetidas à embebição sob potencial zero e, para os lotes 2 e 3, o teor de água foi 4% e 1% inferior, respectivamente.

Para os potenciais de -0,6; -0,8 e -1,0MPa, o período de hidratação foi, em média de 14 horas, com exceção dos potenciais -0,6 e -0,8MPa do lote 2, para os quais foram necessárias 12 horas para o início da protrusão da raiz primária. Assim, ao serem comparados com o tratamento em potencial zero é possível observar que, ao haver o início da protrusão da raiz primária, o teor médio de água das sementes dos três lotes foi inferior para todos os tratamentos com potenciais negativos das soluções aquosas de PEG 6000.

O período mais significativo de absorção de água pelas sementes foram as duas horas iniciais de hidratação, cuja amplitude atingiu, no mínimo, 100% de incremento de água para os tratamentos com potencial zero, para todos os três lotes. Enquanto que para o potencial de -1,4MPa de PEG 6000, o incremento no teor de água nas duas horas iniciais foi, em média, de apenas 50%. Evidenciando assim, a amplitude do efeito do potencial negativo do meio aquoso nos primeiros momentos de embebição das sementes.

Resultados similares foram obtidos por Gaspar e Nakagawa (2002), os quais verificaram que a maior absorção de água pelas sementes de milho ocorreu nas duas horas iniciais, acompanhando o modelo trifásico de absorção de água durante o processo de germinação. Sendo que, a partir do período de 20 horas de hidratação, para as sementes dos lotes 1 e 2, e a partir de 22 horas, para as do lote 3, mais de 80% haviam emitido a raiz primária e em relação ao teor de água, as sementes dos três lotes tinham, no mínimo, 37% de água.

Para os potenciais de -1,2 e -1,4MPa, as sementes não atingiram 33% de água e, assim, não emitiram raiz primária, cessando a hidratação com apenas 28% de água para todos os lotes, com 16h de hidratação. Por essa razão, os tratamentos envolvendo o condicionamento das sementes com esses potenciais não foram avaliados nessa pesquisa.

De acordo com estes resultados, é possível considerar que potenciais negativos, iguais ou inferiores a -1,2 e -1,4MPa, interferem significativamente na absorção de água pelas sementes de milho, comprometendo a germinação e a emergência da plântula em campo.

Como observado na tabela 4, o condicionamento fisiológico, tanto com água como com PEG 6000, não apresentou efeitos significativos para as avaliações de germinação, índice de velocidade de emergência e emergência das plântulas e teor de água das sementes. Porém, o condicionamento fisiológico, lote e interação entre lotes, foram significativos para as avaliações de envelhecimento acelerado e de primeira contagem de germinação, além de efeitos significativos para lote e tratamento no teste de condutividade elétrica.

Tabela 4 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1ª Contagem), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE) e total de emergência da plântula (EP), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos tratamentos.

	1ª Cont.	Germinação	EA	CE	IVE	EP	TA
Cond. Fisiol. (CF)	*	Ns	**	*	ns	ns	ns
Lotes (L)	***	Ns	*	*	ns	ns	ns
T x L	***	Ns	**	ns	ns	ns	ns
CV (%)	7,28	7,15	10,3	8,22	9,45	8,92	17,9

* Significativos: P<0,05*; P<0,01**; P<0,001***; ns=não-significativo (P>0,05)

A avaliação de primeira contagem, como observado na figura 1, demonstrou haver um ajuste cúbico para o efeito de condicionamento fisiológico sob diferentes potenciais osmóticos para a porcentagem de plântulas normais observada, cujo coeficiente de determinação de 0,95 explica a variação para o lote de menor qualidade fisiológica inicial (lote 1).

As sementes do lote 1 apresentaram resultados com variação de até 14 pontos percentuais entre as sementes não condicionadas e as condicionadas sob o potencial osmótico de -0,8MPa. Enquanto que, para as sementes do lote 3, apenas os potenciais osmóticos abaixo de -0,1MPa foram inferiores às sementes não condicionadas, o que é explicado pelo coeficiente de determinação de 0,83. No entanto, o lote 2 demonstrou resultados inversos aos demais lotes ao haver porcentagens inferiores de plântulas normais observadas em todos os potenciais de -0,2 à -1,0MPa.

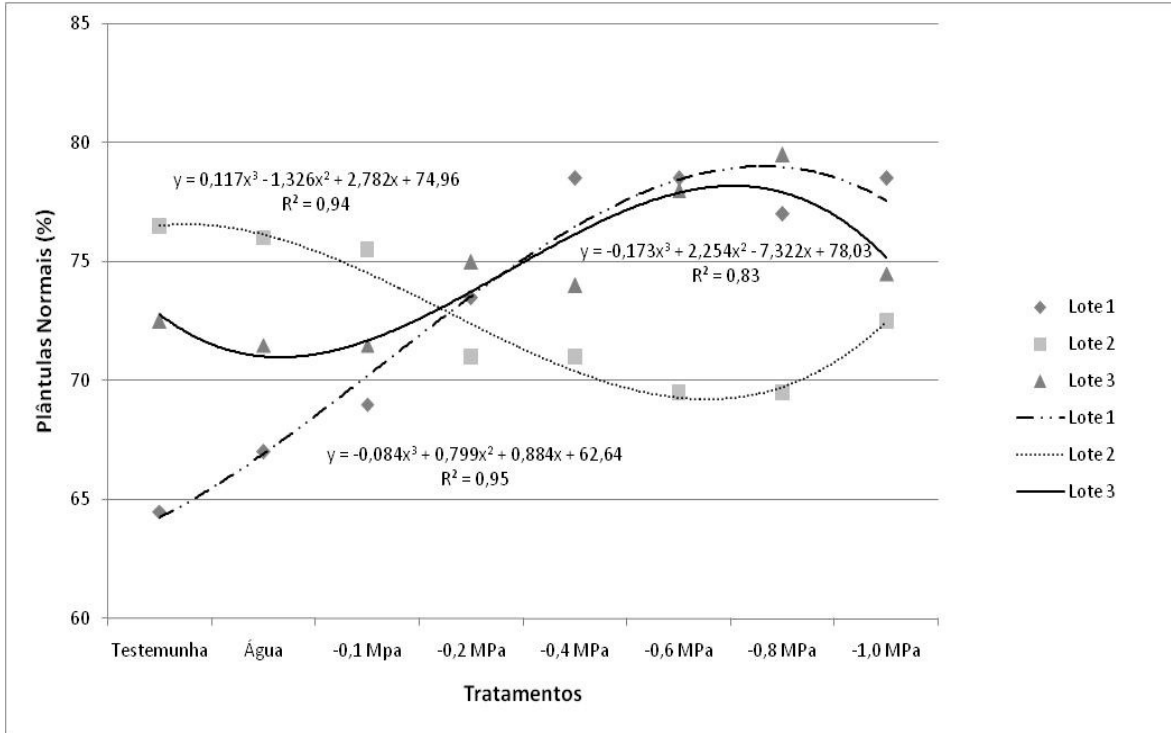


Figura 1 - Plântulas normais (%) obtidas na primeira contagem do teste de germinação para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa.

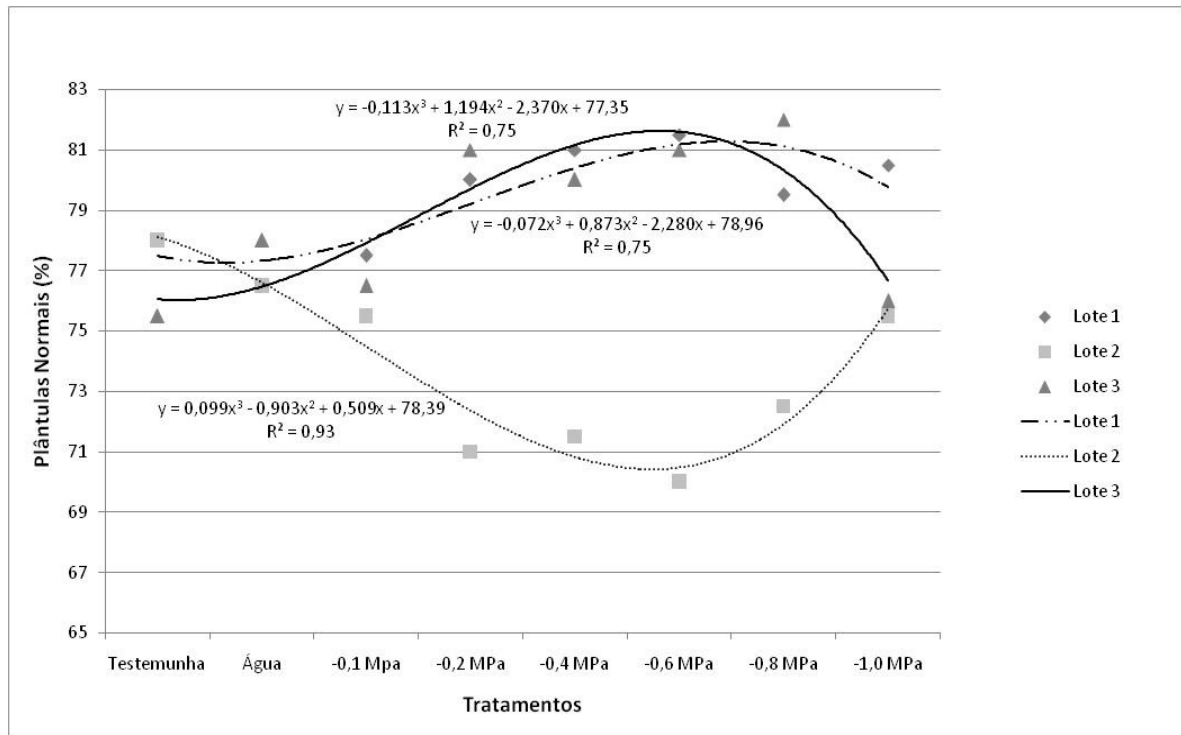


Figura 2 - Plântulas normais (%) obtidas no teste de germinação para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial osmótico de 0,0MPa e, condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa.

Apesar de não terem sido constatados resultados significativos para o teste de germinação, observou-se que quase a totalidade dos tratamentos de condicionamento fisiológico para os lotes 1 e 3, proporcionou resultados superiores ao das sementes não condicionadas (testemunha). Enquanto que para as sementes do lote 2, nenhum tratamento de condicionamento fisiológico apresentou porcentagem de plântulas normais superior à da testemunha.

Resultado obtido por Carvalho (2000), para diferentes lotes de sementes de sorgo, indicou que a hidratação das sementes por 10 horas sob potenciais de -1,2 e zero MPa aumentou a velocidade de emergência e de estabelecimento das plântulas. Para o condicionamento osmótico de sementes de *Brachiaria brizantha*, Bonome et al. (2005) constataram que as soluções aeradas de PEG 6000, KNO₃ e da mistura PEG 6000 + KNO₃, por um período de 12 horas, incrementaram a velocidade de protrusão radicular em relação à testemunha.

Como observado na tabela 4 e figura 3, foram constatadas observações semelhantes na avaliação de envelhecimento acelerado em relação às avaliações de germinação, com variações significativas para todas as variáveis, além de um ajuste cúbico para a porcentagem de plântulas normais, cujo coeficiente de determinação de 0,96 explica quase a totalidade da variação para o lote 1, que novamente apresentou o menor número de plântulas normais para as sementes não condicionadas. No entanto, para os lotes 2 e 3, não foram observados valores superiores para as sementes não condicionadas, com exceção do tratamento com potencial osmótico de -1,0MPa para o lote 3.

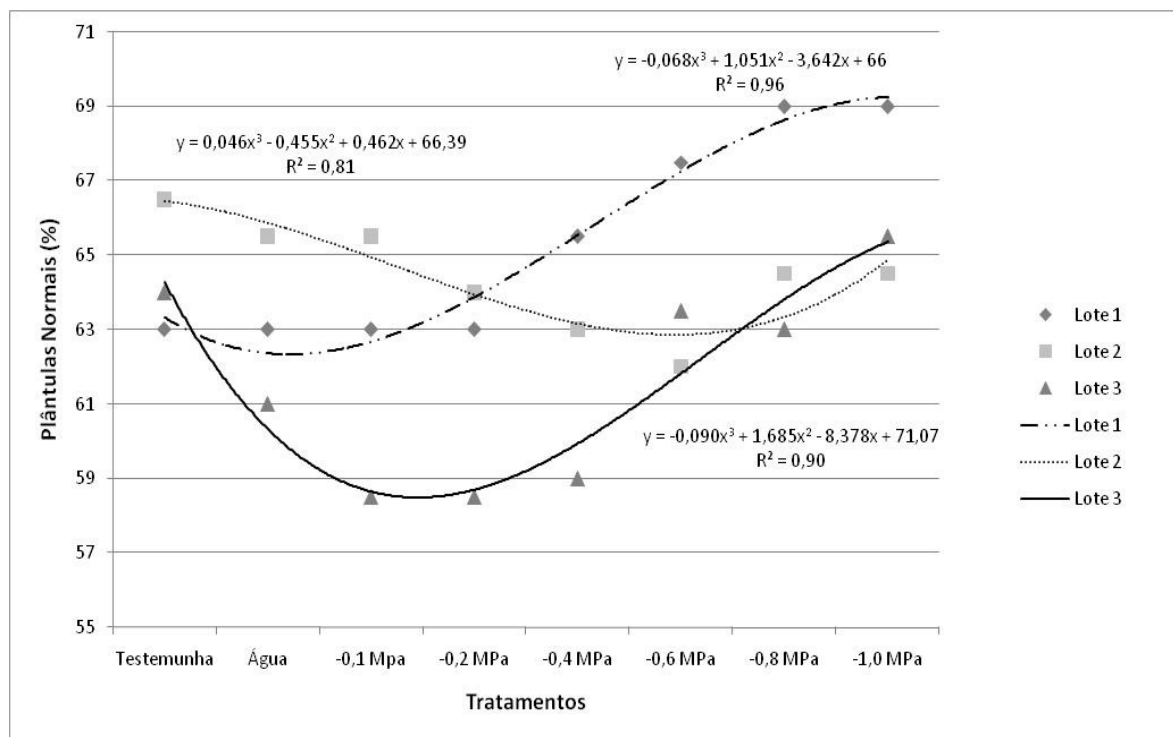


Figura 3 - Plântulas normais (%) obtidas após o teste de envelhecimento acelerado para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa

Bittencourt et al. (2004) obtiveram resultados similares para as sementes de aspargo, para os quais o condicionamento osmótico aumentou significativamente a germinação, porém apenas para as sementes de menor qualidade fisiológica, além de que os resultados do condicionamento osmótico foram mais expressivos para a velocidade de emergência e para o crescimento das plântulas.

No caso da avaliação de condutividade elétrica, a análise de variância indicou que há significância apenas para lotes e tratamentos, sem haver interação entre as demais variáveis (Tabela 4). Assim, como observado na figura 6, o efeito do condicionamento fisiológico, avaliado pelos diferentes potenciais osmóticos obtidos com os tratamentos com água e com PEG 6000, apresentou relação cúbica para a condutividade elétrica de todos os lotes, expresso em $\text{uS.cm.}^{-1}\text{g}^{-1}$ de semente, com um coeficiente de determinação de 0,82; 0,82 e 0,81 para os lotes 1, 2 e 3 respectivamente.

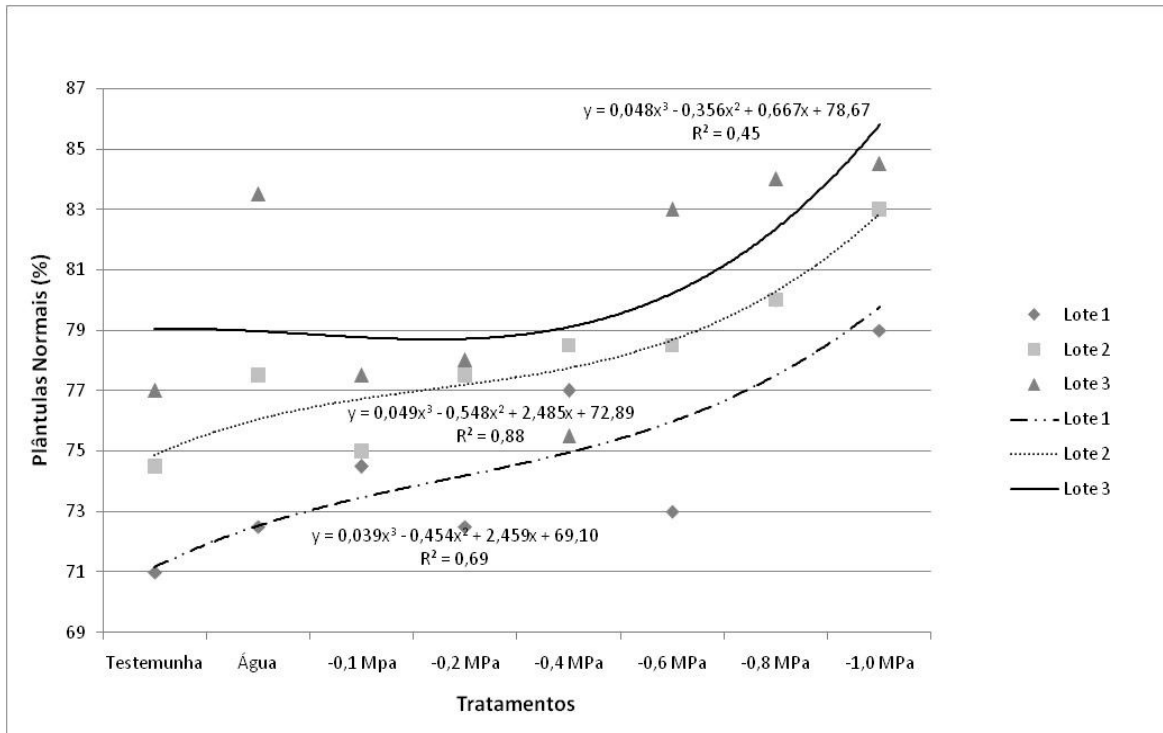


Figura 4 - Plântulas normais (%) obtidas no teste de emergência da plântula para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa.

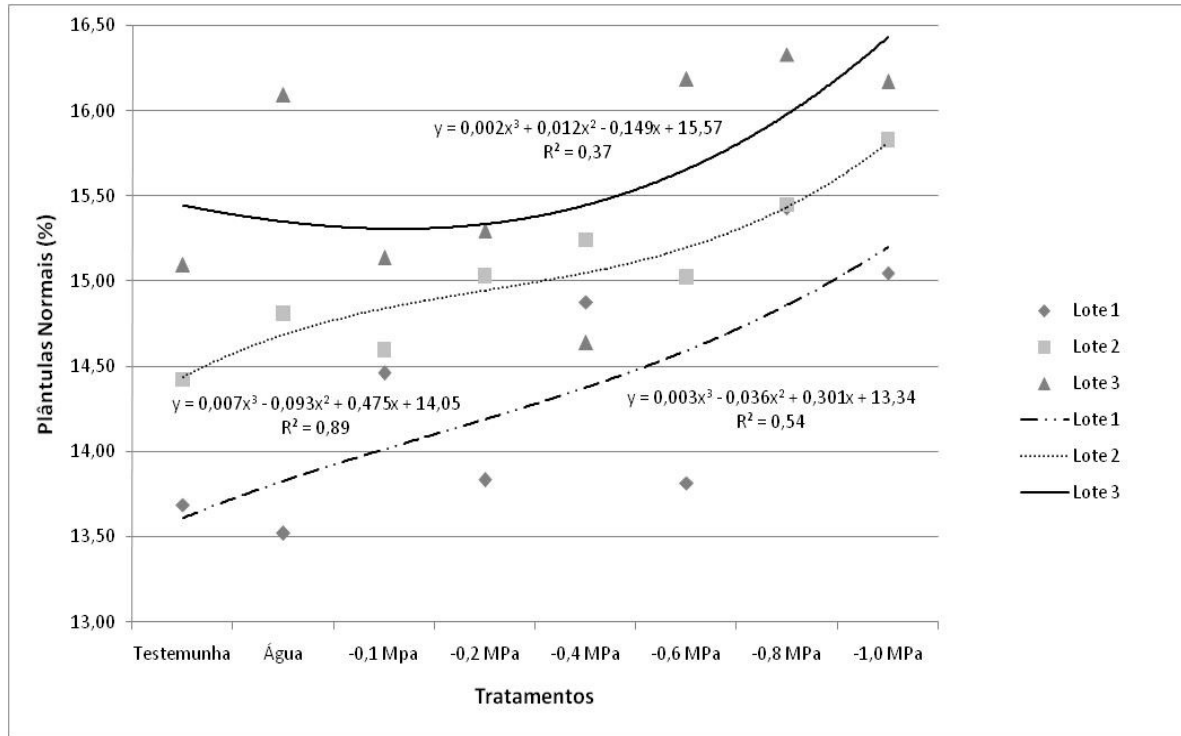


Figura 5 – Número de plântulas emersas por dia no teste de índice de velocidade de emergência da plântula para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa

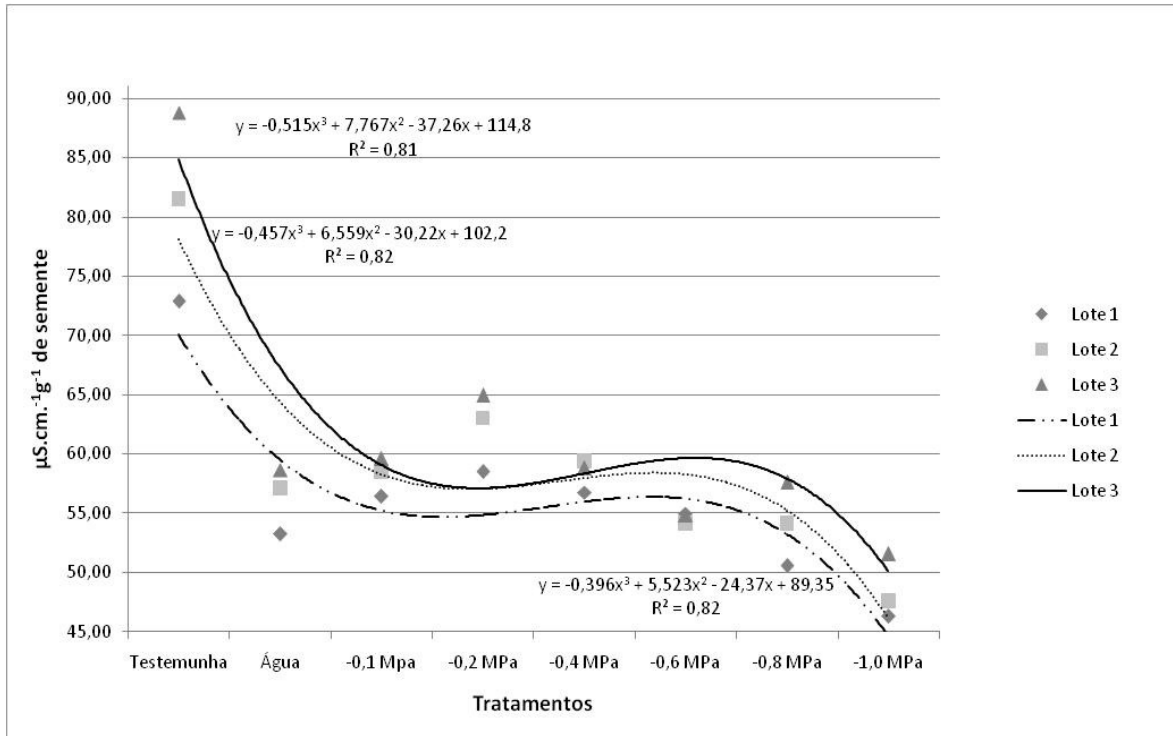


Figura 6 - Resultados de conduvidade elétrica obtidos para as sementes de milho dos lotes 1, 2 e 3 (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial osmótico de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potencias osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa

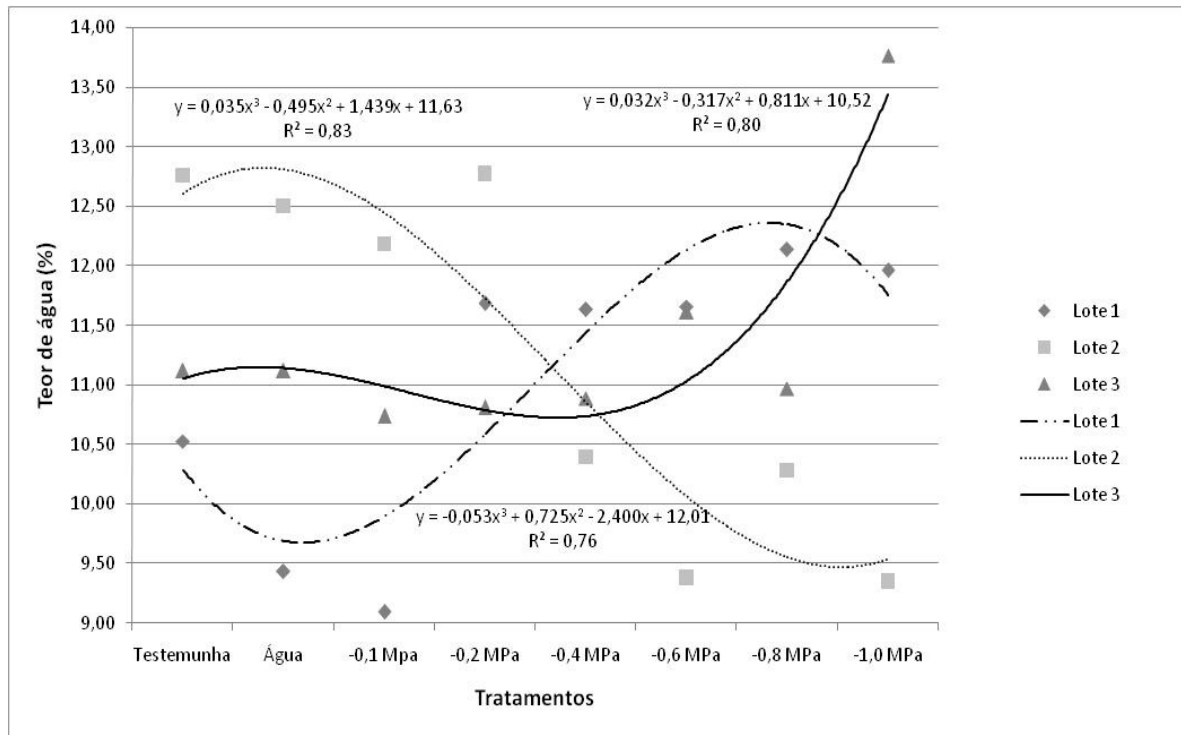


Figura 7 - Teor de água determinado para os lotes 1, 2 e 3 de sementes de milho (cultivar BRS1501) não condicionadas (testemunha), condicionadas com água em potencial de 0,0MPa e condicionadas com PEG 6000 em potenciais osmóticos de -0,1; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa

Os resultados do teste de condutividade elétrica indicam que, apesar dos tratamentos de condicionamento fisiológico terem possibilitado a reorganização das membranas, em função da quantidade menor de eletrólitos liberada pelas sementes na água (Krzyzanowski et al., 1999), as alterações não foram suficientes para afetar a germinação, a emergência das plântulas e o índice de velocidade de emergência das plântulas (IVE) das sementes não condicionadas (Figuras 2, 4 e 5), as quais, muitas vezes, apresentaram resultados inferiores aos dos tratamentos com condicionamento, mas que não foram suficientes para causar diferenças significativas, como indicado pela análise de variância (Tabela 4).

2.3 Conclusão

O condicionamento fisiológico das sementes de milho, utilizando água ou PEG 6000, não interfere no desenvolvimento inicial das plântulas.

Referências

- ABDULRAHMANI, B.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; VALIZADEH, M.; FEIZI, V.A.S.L. Seed priming and seedling establishment of barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.5, p.179-184, 2007.
- AGUILERA, L.A.; MELO, P.T.B.S.; MAIA, M.S.; VILLELA, F.A. Testes para avaliação da qualidade fisiológica de Sementes de milheto. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n 2, p.108-112, 2002
- ANWAR, A.K.; KAR-LING, T.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B.; LOYD, E.P. Osmotic conditioning of seed: physiological and biochemical changes. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.1, n.83, p.267-278, 1978.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2nd ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BITTENCOURT, M.L.C.; DIAS, D.C.F. dos S.; DIAS, L.A. dos S.; ARAÚJO, E.F. Efeito do condicionamento osmótico das sementes na germinação e no crescimento das plântulas de aspargo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.26, n.1, p.50-56, 2004.
- BONOME, L.T.S.; GUIMARÃES, R.M.; OLIVEIRA, J.A.; ANDRADE, V.C.; CABRAL, P.S. Efeito do condicionamento osmótico em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n.3, p.422-428, 2005.
- BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Londrina, 1992. p.183-186.
- CAPRON, I.; CORBINEAU, F.; DACHER, F.; JOB, C.; CÔME, D.; JOB, D. Sugarbeet seed priming: effects of priming conditions on germination, solubilization of 11-S globulin and accumulation of LEA proteins. **Seed Science Research**, Cambridge, v.10, p.243-254, 2000.
- CARVALHO, L.F.; FILHO, S.M.; ROSSETTI, A.G.; TEÓFILO, E.M. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.22, n.1, p.185-192, 2000.
- CHOJNOWSKI, M.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. **Seed Science Research**, Cambridge, v.7, p.323-331, 1997.
- FANAN, S; NOVENBRE, A.D.L.C. Condicionamento fisiológico de sementes de berinjela. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p.675-683, 2007.
- GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L. de. Teste de envelhecimento precoce para sementes de azevém, aveia preta e milheto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29 n.2, p.233-237, 1999.

GASPAR, C.M.; NAKAGAWA, J. Teste de condutividade elétrica em função do período e da temperatura de embebição para sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.24, n.2, p.82-89, 2002.

HEYDECKER, W; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance - survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.5, p.353-425, 1977.

KHAN, A.A.; PTASZNIK, W. Matriconditioning of seeds to improve stand establishment and yield. In: **Proceedings of the Fourth International Workshop on Seeds: Basis and applied aspects of seed biology**, Angers, v.3, p.20-24, 1992.

KRYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

MWALE, S.S.; HAMUSIMBI, C.; MWANSA K. Germination, emergence and growth of sunflower (*Helianthus annuus L.*) in response to osmotic seed priming. **Seed Science & Technology**, Zurich, v.31, p.199-206, 2003.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. e FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2.1 – 2.24.

PARERA, C.A.; CANTLIFFE, D.J. Presowing seed priming. **Horticultural Reviews**, Oxford, v.16, p.109-141, 1994.

PRISCO, J.T.; BAPTISTA HADDAD, C.R.; PINHEIRO BASTOS, J.L. Hydration-dehydration seed pre-treatment and its effects on seed germination under water stress conditions. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.15, p.31-35, 1992.

SALTON, J.C.; KICHEL, A.N. Milheto: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.80, p.8-9, 1997.

SIVRITEPE, H.O.; ERIS, A. The effects of post-storage priming treatments on viability and repair of genetic damage in pea seeds. **Acta Horticulturae**, Leuven, v.517, p.143-149, 2000.

SMITH, P.T.; COBB, B.G. Accelerated germination of pepper seed by priming with salt solution and water. **Horticultural Science**, Alexandria, v.26, p.417-419, 1991.

TALLOWIN, J.R.B.; ROOK, A.J.; BROOKMAN, S.K.E. The effects of osmotic pre-sowing treatment on laboratory germination in a range of wild flower species. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.124, p.363-370, 1994.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

VILLELA, F.A; FILHO, L.D.; SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11/12, p.1957-1968, 1991.

3 PELETIZAÇÃO DE SEMENTES DE MILHETO

Resumo

A semente de milho é pequena e tem variação de tamanho que dificulta a distribuição das sementes no solo. A peletização é uma técnica que aumenta o peso, o volume e uniformiza o tamanho das sementes. Os objetivos da pesquisa foram determinar as características físicas do pélete e a qualidade fisiológica das sementes. As análises foram efetuadas com sementes de milho do cultivar BRS1501, representadas por um lote. As avaliações fisiológicas foram: primeira contagem de germinação, germinação final, índice de velocidade de emergência e emergência da plântula. Já, as avaliações físicas foram: massa de mil sementes, volume de mil sementes e porcentagem de fragmentação do pélete. A máquina utilizada para a peletização das sementes de milho consistiu em um tambor convexo inclinado e com velocidade de rotação ajustável. O delineamento experimental consistiu de quatro repetições de 37 tratamentos, os quais foram combinações de: quatro adesivos (bentonita, acetato de polivinilina, polivinilpirrolidona e metil celulose), nove produtos em pó (microcelulose, gesso, vermiculita, termofosfato magnésiano, fitina, fosfato bicálcico, fosfato super simples, fosfato monocálcico e fosfato natural reativo) e a testemunha (sementes nuas). Para a peletização das sementes de milho os produtos mais eficientes são os adesivos PVA ou metil celulose e o enchimento e, ou, cobertura com a vermiculita ou a microcelulose.

Palavras-chave: *Pennisetum glaucum* (L.); recobrimento; qualidade fisiológica

Abstract

The pearl millet seed is small and its size varies, making sowing more difficult. The pelleting technique increases and homogenizes seed size, but it is essential to determine the physical and physiological characteristics of pelleted seeds. The physiological analysis consisted of: first germination count, final germination, speed emergence index, and seedling emergence. Physical analysis consisted of determining the 1000-seed weight, 1000-seed volume and fragmentation. The control treatment did not receive any coating, and the other 36 treatments combined four binders: bentonite, polyvinyl acetate (PVA), polyvinylpyrrolidone (PVP) and methyl cellulose (Methocel®), and nine powder coating products: microcellulose, plaster, vermiculite, magnesium thermophosphate (Yoorin®), phytic acid, dicalcium phosphate, super simple phosphate (SS), monoamonic phosphate (MAP) and reactive phosphate. Among the materials used to form the pearl millet pellet, the most efficient binders were the polyvinyl acetate and the methyl cellulose, and as coaters, the vermiculite and the microcellulose.

Keywords: Coating; *Pennisetum glaucum* (L.); binders; physiological quality

3.1 Introdução

As sementes de milho possuem tamanho reduzido, sendo na maioria dos casos, semeadas à lanço e, assim, diminuindo drasticamente o aproveitamento dos recursos naturais como água, luz e, principalmente, nutrientes.

A tecnologia de peletização, usualmente empregada em espécies com sementes de tamanho reduzido, forma desuniforme e alto valor agregado como as hortaliças, pode vir a ser um potencial avanço no manuseio e plantio de sementes de milho em campo.

Porém, são muitos os produtos passíveis de compor o pélete e, poucos os estudos demonstrando as características do produto final, o qual envolve, muitas vezes, combinações de mais de dois produtos em pó, utilizados como enchimento ou cobertura, e adesivo.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Revisão Bibliográfica

A planta do milho, forrageira anual cultivada tanto no verão como no inverno, é utilizada para alimentação de bovinos para pastoreio direto ou formação de forragem pelo corte das plantas, e feno, além de possibilitar silagem, para a produção de grãos ao consumo humano e cultivo para a produção de palha em sistema de cultivo por semeadura direta (Salton e Kichel, 1997).

Gardner e Vanderlip (1989) e Maiti et al. (1990) observaram que a desuniformidade de crescimento e desenvolvimento das plantas de milho é problema, causado principalmente pela diversidade do tamanho das sementes, comprometendo o estabelecimento de uma população de plantas adequadas para a cultura, o espaçamento ideal entre as plantas e, assim, sua potencial produtividade, devido ao aproveitamento reduzido dos recursos naturais, como água e energia solar.

A peletização, técnica de recobrimento de sementes, é uma alternativa potencial para melhorar a eficiência da semeadura, ao proporcionar aumento do peso e volume das sementes, além de uniformizar o tamanho em termos de comprimento, largura e espessura. Além dessas alterações, a superfície externa do pélete que contém as sementes não tem asperezas e deformações, facilitando sua distribuição no sistema de semeadura mecanizada (Silva, 1998).

No entanto, a peletização (recobrimento) é uma técnica desenvolvida e utilizada apenas em sementes que possuem alto valor agregado como as de fumo, de eucalipto e várias espécies de hortaliças e de plantas ornamentais, havendo menos interesse para as sementes de tamanho reduzido e com baixo valor agregado, como as de muitas gramíneas, porém, com exceção de algumas cultivares de milho e braquiárias.

Os materiais utilizados para o recobrimento das sementes classificam-se em dois grupos: os adesivos e, ou, cimentantes e os de enchimento e, ou, cobertura (Giménez-Sampaio e Sampaio, 1994).

Os adesivos rotineiramente usados para a inoculação de sementes leguminosas na agricultura atual são essencialmente derivados de polímeros, ou seja, são formados por compostos de alto peso molecular. Como, por exemplo, a goma arábica, as metil celulosas, o polivinilpirrolidona (PVP) e o acetato de polivinilina (PVA). Dentre esses produtos, segundo Silva e Nakagawa (1998), o adesivo de PVA da marca “Cascorez Extra” foi o que apresentou os melhores resultados, quanto ao desempenho fisiológico, para o recobrimento de sementes de pepino, alface e tomate.

Howieson et al (1987) afirmaram que o polivinil pirrolidona (PVP) é o adesivo apropriado para sementes que serão submetidas aos impactos e abrasões durante a semeadura ou para as que serão misturadas aos fertilizantes.

As metil celulosas, como as Methofas, Cellofas e o Methocel, são éteres de celulose não-iônicos e solúveis em água, indicadas para aplicação, por serem polímeros semi-sintéticos, além de terem custo reduzido devido à utilização em baixas concentrações (Scott, 1989).

A bentonita, outro produto estudado por Silva et al. (2002) como adesivo e, ou, cimentante para formar o núcleo do pelete de sementes de alface; esses pesquisadores ao avaliarem diferentes combinações entre a bentonita e o PVA, afirmaram que a bentonita é uma argila que agrega as partículas utilizadas como enchimento e a utilização de 100% de bentonita, após a secagem a 36°C, favorece a qualidade das sementes.

Em termos de produtos usados como enchimento e, ou, cobertura, há vários materiais promissores, como é o caso da celulose microcristalina (microcelulose), pó fino, branco, inodoro

e cristalino, obtido de hidrólises ácido parcial, que resultam em despolimerização das cadeias de celulose. Essas partículas não são fibrosas, ligam-se umas às outras e podem ser comprimidas para formar tabletes que, ao serem colocados em água, desintegram-se rapidamente (Almeida, 2004).

No entanto, há outros produtos potenciais para serem utilizados como enchimento e, ou, cobertura, para a peletização de sementes, mas irá depender da compatibilidade com os adesivos e os demais materiais aplicados em associação às sementes.

Este trabalho teve como objetivo determinar as características físicas do pelete e a qualidade fisiológica das sementes, de milho peletizadas, envolvendo diferentes produtos como enchimento e, ou, cobertura e adesivos.

3.2.2 Material e Métodos

As sementes de milho utilizadas foram representadas por um lote, cultivar BRS1501, previamente classificadas manualmente com auxílio de peneiras de crivo oblongo de $5/64 \times 3/4$ (2,0mm de espessura), obtendo-se padrões de classificação por espessura.

A peletização das sementes foi realizada no Laboratório de Sementes do IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais), agregado à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP).

A máquina utilizada para o processo de peletização é formada por um tambor inclinado de inox, com velocidade de rotação ajustável e automatizada. A aplicação dos produtos de enchimento em forma de pó foi feita manualmente com o auxílio de uma peneira de tela, enquanto que a aplicação dos adesivos diluídos em água foi realizada com auxílio de aspersor de plástico com capacidade de aspersão de 10mL de adesivo a cada 40 aspersões. Os adesivos misturados em forma de pó aos produtos de enchimento adicionados às sementes no tambor exigiram aspersão paralela de água pura durante o processo de peletização.

A técnica de peletização consistiu em inserir 15 gramas de sementes nuas no interior do tambor em movimento, aplicando-se inicialmente 5 mL de adesivo intercalado com 3 gramas do produto em pó de enchimento e, ou, cobertura, até que fosse atingido diâmetro suficiente para classificação dos peletes por peneiras de crivo circular de diâmetro de 3,0mm. As sementes que

não atingiram a largura mínima estabelecida foram colocadas novamente na máquina para completar a peletização e, assim, o processo foi repetido até que todos os peletes atingissem o tamanho mínimo estabelecido de 3,0mm de largura.

Esta pesquisa envolveu 37 tratamentos, correspondentes à utilização de quatro adesivos: bentonita, acetato de polivinilina (PVA), polivinilpirrolidona (PVP) e metil celulose (Methocel), e nove produtos de cobertura em pó: microcelulose, gesso, vermiculita, termofosfato magnésiano (Yoorin), fitina, fosfato bicálcico, fosfato super simples (SS), fosfato monocálcico (MAP) e fosfato natural reativo, além do tratamento de sementes sem revestimento (testemunha).

Com a finalidade de determinar a resistência física do pélete com a adição de celulose microcristalina aos compostos individuais de enchimento, foram adicionados 20% (vol./vol.) de celulose microcristalina (proporção 4:1) aos produtos de enchimento referentes à cada tratamento e, assim, comparados tratamentos sem celulose microcristalina misturada ao composto de enchimento e, ou, cobertura, como descrito na tabela 5.

Tabela 5 - Combinação de adesivos e produtos em pó usados na peletização do Cultivar BRS1501.

Adesivos		Produtos em pó							
Bentonita									
Methocel	Microcel.	Term. Magnes.	Fosf. Bicálc.	Fitina	Fosf. Reativo	SS	MAP	Gesso	Vermiculita
PVA									
PVP									
Bentonita									
Methocel	Microcel.	Term. Magnes. + Microcel. (4:1)	Fosf. Bicálc. + Microcel. (4:1)	Fitina + Microcel. (4:1)	Fosf. Reativo + Microcel. (4:1)	SS + Microcel. (4:1)	MAP + Microcel. (4:1)	Gesso + Microcel. (4:1)	Vermiculita + Microcel. (4:1)
PVA									
PVP									

Os tratamentos sem celulose microcristalina misturada ao produto de enchimento e, ou, cobertura, foram avaliados apenas quanto às características físicas de fragmentação do pélete, enquanto que os demais tratamentos com 20% (vol./vol.) de celulose microcristalina misturado ao pó de enchimento e, ou, cobertura, aplicados às sementes foram avaliados quanto às características físicas do pelete e fisiológica da semente.

Os adesivos utilizados foram aplicados nos seguinte modos: a bentonita foi preparada adicionando 80g de bentonita em 1L de água pura; o PVA foi diluído na proporção de 20% (vol./vol.) em água pura; o metil celulose foi misturado ao produto em pó (enchimento) na proporção de 10% (vol./vol.) e o PVP foi diluído na proporção de 10% (vol./vol.) em água pura.

Após a peletização, as sementes foram submetidas à secagem, utilizando ar aquecido artificial à temperatura de 30°C por 30 minutos, sendo ao final, separadas quatro amostras para posterior avaliação do teor de água do conjunto semente - pélete, contendo dois gramas cada.

As análises foram conduzidas para avaliar as características físicas dos peletes e fisiológicas das sementes. Dentre as avaliações físicas, foram determinados a massa de mil sementes, o volume de mil sementes e a fragmentação. A massa de mil sementes foi determinada conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2009), usando oito repetições de 100 sementes. O volume de mil sementes foi obtido a partir da média de duas repetições de uma massa conhecida de sementes, as quais foram despejadas (queda livre) em uma proveta graduada e determinado o volume ocupado.

O teste de fragmentação consistiu na avaliação visual e contagem (com auxílio de lupa com aumento de 10x) do número total de sementes com pélete (recobrimento) rachado ou quebrado. Para tanto, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, acondicionadas em um saco plástico e agitadas manualmente por um minuto. Os resultados foram expressos em número total de sementes fragmentadas (Mendonça et al; 2007).

Dentre as avaliações fisiológicas, foram determinadas: primeira contagem de germinação (PCG), germinação final aos 7 dias (G), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE) e emergência final aos 7 dias (EF), conforme a descrição a seguir:

Primeira contagem de germinação (PCG): foi determinada pela porcentagem de plântulas normais germinadas no quarto dia após a instalação do teste de germinação (Brasil, 2009).

Germinação (G): quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento foram colocadas para germinar sobre folhas de papel toalha, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, a 25°C. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, determinada no sétimo dia após a instalação do teste de germinação (Brasil, 2009).

Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE): as avaliações foram realizadas diariamente, utilizando a metodologia descrita por Aguilera et al, (2002). O número de plântulas emergidas diariamente foi dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência. O resultado foi expresso em número médio de plântulas emergidas por dia.

Emergência final da plântula (EF): foi realizada com 400 sementes por tratamento, sendo cada repetição de 100 sementes distribuídas em sulcos de areia com 5cm de profundidade em bandejas de plástico (Aguilera et al, 2002). A avaliação das plântulas emergidas foi realizada no sétimo dia após semeadura. O resultado final obtido e, a média das repetições expressa em porcentagem.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Sendo que o pesquisa consistiu de um fatorial de 4 x 9 (adesivos x enchimento) mais a testemunha. A análise estatística inclui a análise de variância e a comparação das médias pelo teste de Dunnett e Tukey, a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

3.2.3 Resultados e Discussão

A análise de fragmentação do material peletizado (tabela 6) indicou que houve influência significativa da celulose microcristalina, adicionada aos produtos em pó na quantidade de 20% (vol./vol.), sobre a integridade das sementes peletizadas, pois este produto aumentou a resistência do pelete da maioria dos tratamentos.

Tabela 6 – Fragmentação média (%) dos diferentes peletes de sementes de milho cultivar BRS1501 peletizados com diferentes produtos em pó e adesivos

Fragmentação (sem adição de microcelulose)					
	Bentonita	Methocel	PVA	PVP	Média
Microcelulose	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0
Termofosfato magnésiano	32Cc	0Aa	2Aa	22Bb	14,2
Fosfato reativo	39Cc	0Aa	5Aa	31Bc	18,8
Fitina	36Cc	0Aa	19Bbc	31Cc	21,7
Super simples	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0
MAP	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0
Fosfato bicálcico	23Bb	0Aa	24Bc	37Cc	20,8
Gesso	35Cc	2Aa	13Bb	32Cc	20,5
Vermiculita	5Aa	0Aa	0Aa	0Aa	1,2
Média	19	0,2	6	17	
CV%		28,8			
Fragmentação (20% de microcelulose adicionada)					
Microcelulose	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0
Termofosfato magnésiano	20Bc	0Aa	0Aa	1Aa	5,2
Fosfato reativo	28Cde	0Aa	0Aa	10Bb	9,7
Fitina	23Bcd	0Aa	0Aa	4Aa	7,0
Super simples	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0
MAP	0Aa	0Aa	0Aa	0Aa	0
Fosfato bicálcico	12Bb	0Aa	0Aa	3Aa	3,8
Gesso	31Ce	0Aa	5Aa	20Bc	14
Vermiculita	0a	0a	0a	0a	0
Média	12,8	0	0,5	4,3	
CV%		31,2			

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de probabilidade de 5%.

Os produtos em pó (enchimento) que apresentaram mais fragmentação foram o FNR, termofosfato magnésiano, a fitina e o gesso, na associação com o adesivo bentonita sem adição de celulose microcristalina. Enquanto que o número de sementes fragmentadas decresceu, principalmente na associação entre a microcelulose cristalina (20%) e o adesivo PVP e PVA com os demais produtos.

Na associação com PVP, os produtos que mostraram maior fragmentação foram o FNR, fitina, fosfato bicálcico e gesso. Já na associação com PVA, ocorreu maior fragmentação com fitina e fosfato bicálcico.

Segundo Silva e Nakagawa (1998), a resistência da ligação entre as partículas do cimentante e do enchimento definem a consistência do pélete. Assim, quanto maior a proporção do ingrediente cimentante, ou maior a superfície de contato, considerando tanto o tamanho quanto a porosidade das partículas do produto usado como enchimento, maior é a ação de fixação das estruturas do pelete.

Considerando essas informações, os materiais de enchimento em pó usados nesta pesquisa que apresentaram significativos resultados na integridade do pélete foram a microcelulose, o fosfato super simples, o fosfato monocálcico (MAP) e a vermiculita.

Ainda, os resultados desta pesquisa, relativos à combinação de vermiculita com o adesivo de PVA, em termos de integridade do pélete, foram similares aos obtidos por Mendonça et al (2007), que demonstraram a superioridade dos peletes formados com vermiculita e o adesivo à base de acetato de polvinilina em relação aos demais tratamentos.

Como observado na tabela 7, nenhum tratamento apresentou valor significativo de massa de mil sementes em relação à testemunha, porém o volume de mil sementes foi significativamente superior à testemunha para todos os tratamentos avaliados.

Quanto às avaliações fisiológicas, todos os tratamentos que tinham materiais de enchimento como o fosfato natural reativo (FNR), fosfato super simples (SS) e fosfato monocálcico (MAP) foram significativamente inferiores à testemunha, além de fosfato bicálcico com os adesivos de bentonita e metil celulose (Methocel) e termofosfato magnésiano associado à bentonita.

Estes resultados enfatizam as conclusões de outros autores para sementes de diferentes espécies. Ao trabalhar com sementes de tomate, Oliveira et al., (2003) concluíram que sementes peletizadas com diferentes combinações de microcelulose, areia e, ou, calcário, apresentaram velocidade de germinação inferior em relação às sementes nuas.

Tabela 7 – Análise de variância dos resultados de massa de mil sementes, volume de mil sementes, germinação aos 7 dias (G), primeira contagem de germinação (PG), índice de velocidade de emergência (VE) e emergência final da plântula (EF) de sementes de milho, cultivar BRS1501, peletizadas com diferentes adesivos e produtos em pó contendo 20% de microcelulose, comparados com as sementes nuas

Tratamento x Testemunha	Aderido	Adesivo	Massa mil sementes	Volume mil sementes	PG	G	IVE	EF
1	Microcelulose	Bentonita	ns	+	ns	ns	ns	ns
2	Microcelulose	Methocel	ns	+	ns	ns	ns	ns
3	Microcelulose	PVA	ns	+	ns	ns	ns	ns
4	Microcelulose	PVP k30	ns	+	ns	ns	ns	ns
5	Yoorin	Bentonita	ns	+	-	-	-	-
6	Yoorin	Methocel	ns	+	ns	ns	ns	ns
7	Yoorin	PVA	ns	+	ns	ns	ns	ns
8	Yoorin	PVP k30	ns	+	ns	ns	ns	ns
9	FNR	Bentonita	ns	+	-	-	-	-
10	FNR	Methocel	ns	+	-	-	-	-
11	FNR	PVA	ns	+	-	-	-	-
12	FNR	PVP k30	ns	+	-	-	-	-
13	Fitina	Bentonita	ns	+	ns	ns	ns	ns
14	Fitina	Methocel	ns	+	ns	ns	ns	ns
15	Fitina	PVA	ns	+	ns	ns	ns	ns
16	Fitina	PVP k30	ns	+	ns	ns	ns	ns
17	Fosf. Bicálcico	Bentonita	ns	+	-	-	-	-
18	Fosf. Bicálcico	Methocel	ns	+	-	-	-	-
19	Fosf. Bicálcico	PVA	ns	+	ns	ns	ns	ns
20	Fosf. Bicálcico	PVP k30	ns	+	ns	ns	ns	ns
21	SS	Bentonita	ns	+	-	-	-	-
22	SS	Methocel	ns	+	-	-	-	-
23	SS	PVA	ns	+	-	-	-	-
24	SS	PVP k30	ns	+	-	-	-	-
25	MAP	Bentonita	ns	+	-	-	-	-
26	MAP	Methocel	ns	+	-	-	-	-
27	MAP	PVA	ns	+	-	-	-	-
28	MAP	PVP k30	ns	+	-	-	-	-
29	Gesso	Bentonita	ns	+	ns	ns	ns	ns
30	Gesso	Methocel	ns	+	ns	ns	ns	ns
31	Gesso	PVA	ns	+	ns	ns	ns	ns
32	Gesso	PVP k30	ns	+	ns	ns	ns	ns
33	Vermiculita	Bentonita	ns	+	ns	ns	ns	ns
34	Vermiculita	Methocel	ns	+	ns	ns	ns	ns
35	Vermiculita	PVA	ns	+	ns	ns	ns	ns
36	Vermiculita	PVP k30	ns	+	ns	ns	ns	ns

+ Significativo e superior à testemunha, segundo o teste de Dunnet à 5% de probabilidade;
 - Significativo e inferior à testemunha, segundo o teste de Dunnet à 5% de probabilidade;
 ns não significativo, segundo o teste de Dunnet à 5% de probabilidade;

3.2.3.1 Avaliações físicas

Como observado na tabela 8, o material de enchimento que proporcionou maior aumento na massa das sementes foi o fosfato super simples (SS), seguido do termofosfato magnésiano, fosfato bicálcico e MAP.

Tabela 8 – Massa e volume de mil sementes de milho cultivar BRS1501 peletizadas com diferentes produtos em pó e adesivos

Massa de mil sementes (g)					
	Bentonita	Methocel	PVA	PVP	Média
Microcelulose	19,3Acd	18,7Ade	19Ad	16,6Aef	18,4
Termofosfato magnésiano	23,1Cbc	36Bab	40Aa	22,2Ccd	30,3
Fosfato reativo	11,4Df	22,3Bcd	26,6Ac	17,8Cdef	19,5
Fitina	16,8Ade	17,2Ae	18,7Ad	16,4Aef	17,3
Super simples	35,3Ba	39,1ABa	42,3Aa	38,8ABa	38,9
MAP	23,4Abc	26,4Ac	26,7Ac	23,8Ac	25,1
Fosfato bicálcico	26,6Bb	31,5Ab	32,7Ab	28,8ABb	25,9
Gesso	16,3Bde	17,6ABde	18,8ABd	20,4Acde	18,3
Vermiculita	12,5Aef	15,5Ae	15,2Ad	14,7Af	14,5
Média	20,5	24,9	26,7	22,2	
Testemunha		9,6			
CV%		8,9			
Volume de mil sementes (mL)					
	Bentonita	Methocel	PVA	PVP	Média
Microcelulose	34,4Abc	31,2ABb	33,2Ad	27,3Bcd	31,5
Termofosfato magnésiano	27,1Cde	37,8Bb	45,6Abc	25,7Ccd	34
Fosfato reativo	21,2Ce	37Ab	41,2Ac	30,5Bbc	32,5
Fitina	24,1Ade	23,8Ac	25,6Aef	23,3Ad	24,2
Super simples	42,9Ba	45,7Ba	55,2Aa	48,5Ba	48,1
MAP	40,8Aab	45,6Aa	45,5Abc	43,8Aa	43,9
Fosfato bicálcico	42,3Ba	48ABa	49,2Aab	42,6Ba	45,5
Gesso	30,1Acd	32,8Ab	32,2Ade	35,3Ab	32,6
Vermiculita	20,6Ae	23,6Ac	24,5Af	23,3Ad	23
Média	31,5	36,2	39,1	33,4	
Testemunha		12,8			
CV%		8,9			

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de probabilidade de 5%.

Em relação à massa de mil sementes, o incremento em massa das sementes peletizadas variou dentre os produtos em pó aplicados e, em menor grau, dentre os adesivos utilizados.

A vermiculita, o gesso, a fitina e a celulose microcristalina foram os materiais de enchimento que apresentaram os menores valores em relação à massa e volume de mil sementes comparativamente aos demais materiais.

Dentre os adesivos, a bentonita foi o produto menos eficiente em aumentar a massa de mil sementes. O PVA e o metil celulose foram os mais eficientes em aumentar a massa de mil sementes e formar o pélete com mínima presença de fragmentação. Sendo observada fragmentação aos péletes formados com o MAP, SS, fosfato bicálcico, fitina e termofosfato magnésiano.

De maneira geral, os materiais que apresentaram maior incremento de volume foram o SS, MAP e Fosfato bicálcico. Enquanto que os materiais peletizados que apresentaram menor incremento de volume foram a vermiculita e a fitina, no entanto trabalhos de outros autores destacam a eficiência da vermiculita como material de enchimento/cobertura para a peletização de sementes. Ao avaliarem modificações nas condições físicas de sementes de cenoura peletizadas em um protótipo de máquina de recobrimento, Medeiros et al. (2004) utilizaram a combinação de diferentes proporções de vermiculita associadas ao adesivo à base de acetato de polivinilina (PVA), obtendo resultados significativos quanto à massa de mil sementes e rendimento da máquina.

De modo genérico, em relação aos adesivos, os que apresentaram melhores resultados em relação ao incremento de massa e volume de mil sementes, foram o PVA e a metil celulose.

3.2.3.2 Avaliações fisiológicas

Como observado nas tabelas 9 e 10, a utilização do MAP e do SS foram prejudiciais para qualidade das sementes de milho, por causarem redução significativa da germinação da semente e da emergência da plântula. Resultados similares foram obtidos por Soratto et al (2003), os quais observaram um efeito degenerativo prolongado através do período no qual as sementes estiveram misturadas e em contato com os fertilizantes fosfatados, os quais são, por sua vez, obtidos através de reações de acidez do processamento de rochas fosfatadas com o uso de ácido sulfúrico e fosfóricos, os quais formam resíduos que afetam negativamente a germinação e vigor das sementes se misturadas com fertilizantes.

Tabela 9 - Primeira contagem de germinação e germinação final de sementes de milho, cultivar BRS1501, peletizadas com diferentes produtos em pó e adesivos

Primeira contagem de germinação (%)					
	Bentonita	Methocel	PVA	PVP	Média
Microcelulose	69,5Ab	66,5Ab	70Aa	73Aa	69,7
Termofosfato magnésiano	69Ab	76Aab	71Aa	71,5Aa	71,8
Fosfato reativo	64Ab	70Aab	66Aa	71Aa	67,7
Fitina	81Aa	78ABa	70,5Ba	73,5ABa	75,7
Super simples	0Ac	0Ac	0Ab	0Ab	0
MAP	0Ac	0Ac	0Ab	0Ab	0
Fosfato bicálcico	66,5Ab	70Aab	72,5Aa	73,5Aa	70,6
Gesso	69,5Ab	66,5Ab	68,5Aa	69,5Aa	68,5
Vermiculita	69Ab	69Aab	69Aa	68,5Aa	68,8
Média	54,2	55,1	54,1	55,6	
Testemunha		76,5			
CV%		8,7			
Germinação final (%)					
Microcelulose	72,5Aab	70Aa	71,5Aa	76Aa	72,5
Termofosfato magnésiano	72,5Aab	77,5Aa	77,5Aa	74,5Aa	75,5
Fosfato reativo	70,5Ab	72Aa	71Aa	75,5Aa	72,2
Fitina	82,5Aa	80Aa	75,5Aa	75Aa	78,2
Super simples	0Ac	0Ab	0Ab	0Ab	0
MAP	0Ac	0Ab	0Ab	0Ab	0
Fosfato bicálcico	66,5Bb	72ABa	75Aa	78Aa	72,8
Gesso	72,5Aab	70Aa	72Aa	72,5Aa	71,7
Vermiculita	74Aab	76Aa	73,5Aa	74Aa	74,3
Média	56,7	57,5	57,3	58,3	
Testemunha		78			
CV%		8			

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de probabilidade de 5%.

Quanto aos demais produtos de enchimento, particularmente se associados ao adesivo bentonita, resultados significativamente superiores foram observados com a fitina, especialmente na primeira contagem de germinação. Na germinação final foi observado significativo inferioridade do fosfato reativo e fosfato bicálcico em relação aos demais produtos de enchimento (tabela 9).

Dentre os adesivos, não houve diferenças acentuadas na germinação das sementes.

Tabela 10 - Índice de velocidade de emergência e emergência final (%) de plântulas originadas de sementes de milho, cultivar BRS1501, peletizadas com diferentes produtos em pó e adesivos

Índice de velocidade de emergência					
	Bentonita	Methocel	PVA	PVP	Média
Microcelulose	13,4Bab	14,1Bbcd	14Bb	17,1Aa	14,7
Termofosfato magnésiano	12,2Ab	13,2Abcd	13,5Ab	14,5Aab	13,3
Fosfato reativo	11,9ABb	12,1ABd	9,9Bc	12,6Ab	11,6
Fitina	13,5Bab	17,1Aa	15,2ABab	14,6Bab	15,1
Super simples	0Ac	0Ae	0Ad	0Ac	0
MAP	0Ac	0Ae	0Ad	0Ac	0
Fosfato bicálcico	11,9Bb	12,5Bcd	15,7Aab	15,4Aab	13,9
Gesso	14,3Aab	15,3Aabc	15,7Aab	14,6Aab	15
Vermiculita	15,2Aa	15,5Aab	16,9Aa	15,7Aa	15,8
Média	10,2	11,1	11,2	11,6	
Testemunha			15,5		
CV%			11,6		
Emergência final (%)					
Microcelulose	63Ba	65,5ABabc	67,5ABa	75,2Aa	67,8
Termofosfato magnésiano	57,5Ba	66,5ABabc	68Aa	68Aab	65
Fosfato reativo	55,5ABa	57Ac	47Bb	58,5Ab	54,5
Fitina	62Ba	76Aa	69,5ABa	67,5ABab	68,7
Super simples	0Ab	0Ad	0Ac	0Ac	0
MAP	0Ab	0Ad	0Ac	0Ac	0
Fosfato bicálcico	56Ba	58Bbc	76,5Aa	69,5Aab	65
Gesso	66,5Aa	72Aa	71,5Aa	68Aab	69,5
Vermiculita	67Aa	69,5Aab	74,5Aa	70,5Aab	70,3
Média	47,5	51,6	52,7	53	
Testemunha			72		
CV%			10,5		

*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de probabilidade de 5%.

Como observado na tabela 10, os resultados de IVE e emergência final de plântulas indicaram que existem diferenças significativas entre a utilização da bentonita e os demais adesivos. No entanto o adesivo de PVA marca “Cascorez Extra” pode ter causado fitotoxicidade nas plântulas de milho emergidas, identificada por clorose das folhas, visível logo após a emergência das plântulas, porém sem influência nos valores médios de IVE e emergência final das plântulas. Resultados similares foram observados por Silva e Nakagawa (1998) ao averiguarem que o adesivo à base de acetato de polivinilina (PVA) da marca “Grudi Extra”

causou fitotoxicidade em sementes de pepino e tomate, observada nos testes de germinação, de emergência e no índice de velocidade de emergência da plântula.

Dentre os materiais de enchimento, houve homogeneidade dos resultados em ambas as avaliações de germinação e emergência, com exceção do fosfato natural reativo, o qual foi significativamente inferior aos demais, além do fosfato super simples e fosfato monocálcico que impediram a germinação das sementes.

Ao manter a porcentagem de germinação e emergência similar ao da testemunha, os resultados obtidos com a utilização de vermiculita foram similares aos obtidos por Medeiros et al (2006) para sementes de cenoura, os quais avaliaram o desempenho fisiológico de sementes de cenoura peletizadas com vermiculita como material de enchimento e, acetato de polvinilina (PVA) como adesivo, concluindo que o uso de vermiculita como material de enchimento na proporção de 3:1 (vermiculita:semente) associado ao adesivo PVA e aos fungicidas Thiram + Carbendazin não afetam a germinação.

Os resultados das análises fisiológicas referentes aos tratamentos com termofosfato magnésiano em sementes de milho, demonstraram não haver diferença significativa entre a testemunha e os demais tratamentos, exceto com bentonita. Porém, estes resultados são contrastantes com estudos realizados com outras espécies. Segundo Silva e Nakagawa (1998b), sementes de alface peletizadas com termofosfato magnésiano (Yoorin) têm a emergência da plântula, a germinação e o índice de velocidade de germinação das sementes negativamente afetadas pelo recobrimento.

No entanto, em um trabalho que avaliou o revestimento de sementes de sorgo com diferentes fertilizantes, Magalhães et al. (1994) observaram que o tratamento com termofosfato magnésiano (Yoorin) apresentou os melhores resultados em todas as avaliações fisiológicas.

3.3 Conclusão

Os materiais mais eficientes para enchimento e, ou, cobertura, para a formação de peletes em sementes de milho são a vermiculita e a celulose microcristalina.

Os produtos em pó denominados de fosfato super simples e fosfato monoamônico são significativamente prejudiciais ao desempenho fisiológico de sementes de milho recobertas.

Os adesivos mais eficientes, tanto em termos físicos como fisiológicos, são o acetato de polvinilina e o metil celulose.

Referências

AGUILERA, L.A.; MELO, P.T.B S.; MAIA, M.S.; VILLELA, F.A. Testes para avaliação da qualidade fisiológica de Sementes de milheto. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n 2, p.108-112, 2002.

ALMEIDA, N.O. **Implantação de matas ciliares por plantio direto utilizando-se sementes peletizadas**. 2004. Lavras. Dissertacao na área de Florestas de produção, Universidade Federal de Lavras, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

GARDNER, J.C.; VANDERLIP, R.L. Seed size and density effects on field performance of pearl millet. **Transactions of the Kansas Academy of Science**, Lawrence, v.92 n.1/2, p.49-59, 1989

GIMÉNEZ-SAMPAIO, T.; SAMPAIO, N.V. Recobrimento de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.4, n.3, p.20-52, 1994.

HOWIESON, J.G.; EWING, M.A.; THORN, C.W. Inoculation and lime pelleting of medic seed. Victoria: Western Australian Department of Agriculture, 1987. 5p.

DEAKER, R.; ROUGHLEY, R.J.; KENNEDY, I.R. Legume seed inoculation technology—a review. **Soil Biology & Biochemistry**, Curlevski, v.36, p.1275–1288, 2004.

MAGALHÃES, P.C.; FERREIRA, D.M.N.; VASCONCELOS, C.A.; AZEVEDO, J.T. ;BORBA, C.S. Efeito da peletização na germinação e desenvolvimento de cultivares de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.16 n.1, p.20-25, 1994.

MAITI, R.K.; RAJU, P.S.; BIDINGER, F.R. Seedling vigor in pearl millet. I. Role of seed size. **Turrialba (IICA)**, Andhra Pradesh, v.40, n.3, p.353-355, 1990.

MEDEIROS, E.M.; BAUDET, L.; PERES, W.B.; EICHOLZ, E.D. Modificações na condição física das sementes de cenoura em equipamento de recobrimento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.26, n.2, p.70-75, 2004.

MEDEIROS, E.M.; BAUDET, L.; PERES, W.B.; PESKE, F.B. Recobrimento de sementes de cenoura com aglomerante em diversas proporções e fungicida. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.28, n.3, p.94-100, 2006.

MENDONÇA, E.A.F.; CARVALHO, N.M.; RAMOS, N.P. Revestimento de sementes de milho superdoce (sh2). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.29, n.2, p.68-79, 2007.

OLIVEIRA, J.A.; PEREIRA, C.A.; GUIMARÃES, R.M.; VIEIRA, A.R.; SILVA, J.B.C. Efeito de diferentes materiais de peletização na deterioração de sementes de tomate durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.25, n.2, p.20-27, 2003.

SALTON, J.C., KICHEL, A.N. Milheto: alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. In: **Informações Agronômicas**, Piracicaba, 1997. p.8-9.

SCOTT, J.M. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. In: **Advances in Agronomy**, San Diego, v.42, p.43-83, 1989.

SORATTO, R.P.; LIMA, E.V.; MAUAD, M.;BOAS, R.L.V.;NAKAGAWA, J. Millet seeds mixed with phosphate fertilizers. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.573-579, 2003.

SILVA, J.B.C. Utilização de sementes peletizadas. In: EMBRAPA/CNPH **Comunicado Técnico**, Brasília, v.10, p.1-4, 1998.

SILVA, J.B.C.; SANTOS, P.E.C.; NASCIMENTO, W.M. Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.67-70, 2002.

SILVA, J.B.C.; NAKAGAWA, J. Metodologia para avaliação de materiais cimentantes para peletização de sementes. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.16, n.1, p.31-37, 1998.

SILVA, J.B.C.;NAKAGAWA, J. Métodos para avaliação de materiais de enchimento utilizados na peletização de sementes. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v.16, n.1, p.44-49, 1998b.

4 APLICAÇÃO DE FÓSFORO EM SEMENTES DE MILHETO

Resumo

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a aplicação de fósforo via o recobrimento de sementes de milho, cultivar BRS1501, as características físicas do pélete, a conservação das sementes e as relações com o desenvolvimento de plântulas e plantas em campo. Para tanto, foram avaliadas as aplicações de três quantidades de fósforo de três produtos (termofosfato magnésiano, fitina e fosfato bicálcico), além de um produto inerte, celulose microcristalina, e as sementes sem cobertura. As sementes de milho foram avaliadas após a aplicação dos produtos e em intervalos de dois meses, durante seis meses de armazenamento. Para estabelecer a interferência dos produtos utilizados, as sementes foram avaliadas quanto aos parâmetros físicos (peso e volume de mil sementes e fragmentação dos peletes) e fisiológicos (primeira contagem de germinação, germinação final, germinação em temperatura baixa, emergência final de plântula, índice de velocidade de emergência e teor de água das sementes) e as plântulas, pelo conteúdo total de fósforo e atividade de fosfatase ácida, e as plantas, quanto à massa seca, altura e produção de grãos. A cobertura das sementes de milho (peletização) com fosfato bicálcico, fitina e termofosfato magnésiano constitui fonte eficiente de disponibilização de fósforo para o crescimento inicial das plântulas e plantas de milho, sem afetar a qualidade fisiológica das sementes ao longo do armazenamento (com exceção das maiores doses de fosfato bicálcico), havendo reflexos positivos no desenvolvimento das plantas e produção de matéria seca.

Palavras-chave: *Pennisetum glaucum*; recobrimento; macronutriente

Abstract

The objective of this research was to evaluate the efficiency of phosphorous application through pearl millet seed pelleting, the consequent pellet physical characteristic, its storing capacity for 6 months, physiological and field performance. Thus, it was evaluated the application of three quantities of three sources of phosphorous: magnesium thermophosphate, phytin and bicalcic phosphate, as well as an inert product, the microcellulose and the check. The pelleted seeds were evaluated after the product application and by 2 months interval until a total of six months of storage. To establish the influence of the applied products, the seeds were evaluated through physic (one thousand seed weight and volume, and percentage of pellet fragmentation) and physiologic evaluations (first germination counting, final germination, germination in low temperature, seedling emergence index, final emergence, seedling length and moisture content), as well as, phosphor evaluations (total phosphor content and acid phosphatase) and plant yield (dry matter, height and grain production). The seed pelleting is a reliable method for phosphorous disponibilization on initial seedling and plant growth, without affecting physiological quality during storing up to six months, bringing positive effects on dry matter production.

Keywords: *Pennisetum glaucum*; pelleting; macronutrient

4.1 Introdução

O fósforo é um macronutriente essencial ao metabolismo de espécies vegetais logo no seu estágio inicial de crescimento, o qual quando em escassez, é capaz de reduzir significativamente a estabilização, crescimento e produção final da cultura por área.

Devido à baixa capacidade de movimentação do fósforo no solo, principalmente em solos com alta ocorrência de fixação com ferro e alumínio presentes e, ainda à usual semeadura de milho via lanço e dispersão na área de semeadura, pouca é a utilização e alcance de fósforo por raízes de plântulas e plantas novas de milho.

A aplicação detalhada de fósforo junto às sementes dispostas em campo pode aprimorar significativamente o desenvolvimento inicial da cultura e, por fim, incrementar a produção de matéria seca ou, até mesmo, a de grãos por área de produção.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Revisão Bibliográfica

A semeadura do milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) pode ser em linha ou a lanço, mas em ambos os casos há necessidade de estabelecimento da época, densidade de semeadura, espaçamento, sistema e profundidade de semeadura, dentre outros fatores não menos importantes, como o manejo de plantas daninhas, de pragas e doenças, da fertilidade e o manejo de água como no caso de produção de sementes (Pereira Filho et al., 2003).

No caso do milho, quando as sementes são distribuídas a lanço na semeadura, há prejuízo na precisão da aplicação de fósforo para o melhor desenvolvimento inicial das plântulas e, assim, o estabelecimento ideal da cultura; pois o fósforo é um elemento pouco móvel no solo, movendo-se apenas de 4 a 6cm em solos argilosos e até 16cm em solos arenosos (Faria e Pereira, 1993).

Além disto, solo e planta competem entre si pelo fertilizante aplicado e, em muitos casos, o dreno-solo é maior que o dreno-planta. Em condições extremas de intemperismo, como acontece em alguns Latossolos do Cerrado, são necessários grandes quantidades de fertilizante fosfatado devido ao forte dreno observado, valor o qual equivale a $2\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$, ou seja, $4.000\text{ Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P (Ker, 1995).

Segundo Raij et al (1982), nos solos de regiões tropicais, bastante intemperizados e com baixos teores de P disponível, as grandes culturas de interesse econômico, com elevadas taxas de crescimento, normalmente necessitam de elevadas aplicações de fertilizante fosfatado, os quais variam de 20 a 50Kg.ha⁻¹ anualmente.

Isto ocorre devido à alta fixação por ligações covalentes do P com o solo (Parfitt, 1978) e com oxidróxidos de Ferro e de Alumínio por reações de adsorção com troca de ligantes (Laboski e Lamb, 2003), os quais causam limitada reversibilidade.

Segundo Rossi e Monteiro (1999), a baixa disponibilidade de fósforo nos solos brasileiros causa prejuízo à produção das plantas de modo geral e, por reduzir o perfilhamento e retardar o desenvolvimento das gramíneas forrageiras, faz com que o pasto tenha uma cobertura deficiente, facilitando o estabelecimento das espécies invasoras.

Grant et al. (2001) enfatizaram a importância da correta disponibilidade de fósforo nos estágios iniciais de desenvolvimento das culturas, sugerindo diversas práticas de disponibilização do nutriente, como aplicação dentro ou ao lado da linha de semeadura, aumento das concentrações de fósforo da semente, manipulação da rotação de culturas, aumento na atividade de mycorrizhas e outros agentes microbiológicos e até mesmo seleção genética de cultivares eficientes na absorção.

A exigência quanto ao fósforo pelas plantas difere entre os gêneros, as espécies e os cultivares de forrageiras (Salinas e Sanchez, 1976). Martinez e Haag (1980) estudaram as respostas de sete gramíneas tropicais em relação às doses de fósforo e concluíram que a *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickert e *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf foram as espécies mais eficientes na absorção e utilização desse nutriente. Para as demais gramíneas a seqüência, em termos de eficiência de aproveitamento, foi: *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum* Jacq., *Digitaria decumbens* Stent, *Brachiaria decumbens* Stapf e *Melinis minutiflora* Pal de Beauv.

Especificamente para as gramíneas, a baixa disponibilidade de fósforo no solo restringe o perfilhamento e as plantas apresentam crescimento lento, secagem prematura das folhas maduras e reduzido desenvolvimento do sistema radicular (Werner, 1986).

Todos os organismos vivos têm fósforo na sua composição. Nos tecidos das plantas o fósforo corresponde a $0,4 \text{ g kg}^{-1}$ da matéria úmida e $3,0 \text{ g kg}^{-1}$ da matéria seca (Bioleski e Ferguson, 1983).

O fosfato de reserva da planta está armazenado como fitina nas sementes e nos frutos e na forma inorgânica nos tecidos vegetativos (Butler e Jones, 1973). A concentração de fósforo fítico em grãos de cereais é relativamente alta, representando cerca de 70% a 80% do fósforo total, enquanto que, em leguminosas, esse valor não ultrapassa 50% (Common, 1940).

Segundo Mukherji et al. (1971), a degradação dos fitatos pelas fitases, conduz ao rápido declínio do fósforo ligado ao fitato durante a germinação de sementes de arroz, diminuindo de 2,67 a 0,80mg de fósforo por grama de matéria seca em menos de 72 horas.

O fósforo é móvel nos tecidos da planta e concentra-se nas áreas mais ativas de crescimento, em função de estar relacionado aos processos metabólicos da planta (Stauffer e Sulewski, 2004).

São várias as funções do fósforo nas plantas, nos processos metabólicos de transferência de energia na fase inicial das partes reprodutivas, no desenvolvimento radicular e na formação de frutos e sementes (Raij, 1991).

Segundo Besford (1979) somente a deficiência de fósforo provoca, de forma significativa, o aumento da atividade da fosfatase ácida nas folhas e por isso é comum sugerir que esta enzima pode ser utilizada para detectar deficiência de fósforo nas plantas.

Estudos da atividade da fosfatase ácida em forrageiras no Brasil são escassos. Silva (1996) estudou a atividade da fosfatase em *Panicum maximum*, *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, observando que a mesma decrescia de modo linear à medida que aumentava a concentração de fósforo no tecido vegetal, em resposta ao aumento da dose de fósforo em solução nutritiva.

Cerca de 30 a 70% do fósforo total do solo está na forma orgânica e esta fração é hidrolisada liberando Pi para as plantas. Esta reação é catalisada pela ação de enzimas genericamente denominadas fosfatases, proporcionando a liberação de Pi para as plantas

(Novais e Smyth, 1999). Em condições de adequada disponibilidade desse nutriente, o acúmulo ocorre na forma inorgânica, compartimentalizado no vacúolo, ou via síntese de compostos de reserva como polifosfatos e ácido fítico (Bielecki, 1973).

Estudando o desenvolvimento das plantas de milho sob a influência de diferentes disponibilidades de água e de fósforo, Payne et al. (1991) observaram que houve incremento na biomassa em até 343% nos tratamentos com aplicação de fósforo no solo sem estresse hídrico.

Há uma diversidade de trabalhos referindo-se à importância da suficiente disponibilidade de nutrientes no estágio inicial de crescimento das plântulas e plantas. No caso de macronutrientes, a importância do teor de fósforo inicial, tanto no solo como na própria constituição das sementes, é ressaltada por diversos autores, os quais afirmam que sementes com alto teor de P originam plantas com crescimento da parte aérea, nodulação, e acumulação de N, particularmente sob baixa disponibilidade de P no solo, indicando que o P da semente pode assumir papel relevante no estabelecimento vegetal e na fixação biológica de N² (Thompson et al., 1991; Teixeira et al., 1999), o qual pode implicar até mesmo na produção final da cultura (Trigo et al, 1997).

Ao estimarem a contribuição do fósforo proveniente da semente para o fósforo total absorvido pela parte aérea da planta de milho, cultivada em vermiculita na ausência de fósforo, Larsen e Gunary (1964) observaram que a contribuição do fósforo proveniente da semente para o fósforo total na parte aérea da planta de milho é constante e independente da condição do fósforo presente no solo.

O recobrimento de sementes é uma técnica que possui diversas vantagens, pelo fato de proteger as sementes dos agentes exteriores e possibilitar associar nutrientes, reguladores de crescimento, fungicidas, bactericidas e herbicidas às sementes (Scott, 1989).

O termo recobrimento refere-se tanto à peletização de sementes, como ao revestimento com filmes de polímeros (película) e outros produtos para encapsulamento da semente (Baudet e Peske, 2007).

A partir dessas técnicas, é possível associar às sementes diferentes produtos essenciais ao desenvolvimento inicial da planta e capazes de melhorar o estabelecimento das plântulas em campo.

Ao desenvolverem uma pesquisa envolvendo recobrimento de sementes de cevada com fósforo, Zelonka et al. (2005) concluíram que o recobrimento das sementes reduziu a velocidade de emergência das plântulas, mas aumentou significativamente a produção das plantas subseqüentes. Houve também influência positiva do tratamento das sementes na atividade fisiológica da próxima geração de sementes, melhorando sua capacidade de absorção de fósforo.

Estes dados embasam a importância da presença de fósforo no desenvolvimento das plântulas e, assim, para a uniformidade do estande em campo.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a aplicação de fósforo via o recobrimento de sementes de milho, as características físicas do pélete, a conservação das sementes e as relações com o desenvolvimento de plântulas e plantas em campo.

4.2.2 Material e Métodos

As sementes de milho utilizadas foram representadas por três lote do cultivar BRS1501, previamente classificadas manualmente com auxílio de peneiras de crivo oblongo de $5/64 \times 3/4$ (2,0mm de espessura), obtendo-se padrões de tamanho por espessura.

Os tratamentos do experimento estão explicitados na tabela 11.

Tabela 11 – Tratamentos referentes à peletização de sementes de milho, lotes 1, 2 e 3, cv BRS1501, incluindo testemunha e combinações de fontes de fósforo e de material inerte, classificadas por peneiras de crivo oblongo e circular

Nº	Nomenclatura	Adesivo	Nomenclatura das peneiras	Peneira	Especificação (mm)
1	Testemunha	-	0	$5/64 \times 3/4$	1,98 x 19,05
2	Inerte	PVP k30	1	8/64	2,18
3	Inerte	PVP k30	2	$8^{1/2}/64$	2,38
4	Inerte	PVP k30	3	9/64	2,58
5	Term. Magnésiano	PVP k30	1	8/64	2,18
6	Term. Magnésiano	PVP k30	2	$8^{1/2}/64$	2,38
7	Term. Magnésiano	PVP k30	3	9/64	2,58
8	Fitina	PVP k30	1	8/64	2,18
9	Fitina	PVP k30	2	$8^{1/2}/64$	2,38
10	Fitina	PVP k30	3	9/64	2,58
11	Fosf. Bicálcico	PVP k30	1	8/64	2,18
12	Fosf. Bicálcico	PVP k30	2	$8^{1/2}/64$	2,38
13	Fosf. Bicálcico	PVP k30	3	9/64	2,58

A peletização das sementes foi realizada no Laboratório de sementes do IPEF (Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais), agregado à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP).

O processo envolveu agitar 100 gramas de sementes no interior de uma panela de peletização, inclinada com rotação uniforme e de velocidade automatizada e ajustável (figura 8), junto à fonte de fósforo empregada, a qual foi limitada pela largura máxima do pélete formado segundo a especificação da peneira utilizada. A fixação do produto em pó, contendo o fósforo em sua constituição, foi associada à aplicação de adesivo à base do composto polivinil pirrolidona (PVP k30).



Figura 8 – Equipamento para aplicação de produtos à superfície das sementes.

O recobrimento de sementes, denominado de peletização, foi obtido por meio do movimento constante das sementes associado à aplicação dos adesivos e do produto em pó dentro de uma panela específica para a aplicação de produtos que possibilita o recobrimento das sementes.

Para que houvesse recobrimento uniforme das sementes peletizadas, assim como a alteração do tamanho e da forma das sementes, devido ao processo de peletização, a classificação das sementes foi controlada utilizando peneiras de crivos circulares. As sementes que não atingiram a largura mínima estabelecida foram colocadas novamente na máquina para completar a peletização e, assim, o processo foi repetido até que todos os peletes atingissem o tamanho mínimo estabelecido de 2,18, 2,38 e 2,58mm de largura para cada produto testado segundo a tabela 11.

Imediatamente após, foi determinado o teor de água das sementes e, em seguida, efetuada a secagem, em estufa com circulação de ar à temperatura de 30°C por 15 minutos, com o intuito de reduzir a água do pélete e para armazenar as sementes em caixas plásticas.

4.2.2.1 Experimento em laboratório

Logo após o término do processo de recobrimento, foram realizadas avaliações físicas, referentes às sementes peletizadas e nuas, descritas a seguir.

Massa de mil sementes: foi determinada conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2009), usando oito repetições de 100 sementes. Expresso em gramas por mil sementes.

Volume de mil sementes: foi obtido a partir da média de duas repetições de uma massa conhecida de sementes, as quais foram despejadas (queda livre) em uma proveta graduada de 100mL. Expresso em mL por mil sementes.

Teste de fragmentação: duas amostras de 50 sementes peletizadas foram agitadas no interior de um saco plástico por um minuto e, posteriormente, analisadas em uma lupa de aumento de 6 vezes quanto à presença de rachaduras e fragmentos. O resultado foi expresso em porcentagem de peletes fragmentados.

Durante o período de seis meses, as sementes da testemunha e as recobertas foram armazenadas em condições de umidade relativa e temperatura do ar controladas e avaliadas, periodicamente, com 60 dias de intervalo, no início e aos 60, 120 e 180 dias, pelos seguintes testes:

Germinação (G): quatro repetições de 50 sementes foram colocadas para germinar entre folhas de papel toalha, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel, a 25°C. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais avaliadas no sétimo dia após a instalação do teste de germinação.

Primeira contagem de germinação (PCG): quatro repetições de 50 sementes foram colocadas para germinar entre folhas de papel toalha, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel, a 25°C. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais avaliadas no quarto dia após a instalação do teste de germinação.

Teor de água (TA): determinado pelo método da estufa, conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (Brasil, 2009). Resultado expresso em porcentagem de água (bu).

Emergência da plântula (EP): 400 sementes por tratamento foram semeadas em areia, a 5cm de profundidade (Aguilera et al., 2002). A avaliação das plântulas emergidas foi realizada no sétimo dia após semeadura. O resultado foi expresso em porcentagem de plântulas emersas.

Índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP): 400 sementes por tratamento foram semeadas em areia, a 5cm de profundidade (Aguilera et al., 2002). Contagens diárias das plântulas emergidas foram realizadas, dividida pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a emergência. O resultado foi expresso por um índice, o qual representa o número médio de plântulas emergidas por dia.

Germinação em temperatura baixa (GTB): quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento, colocadas para germinar entre folhas de papel toalha, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel, a 18°C. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais obtida no sétimo dia após a instalação do teste (Popinigis, 1985).

Comprimento de plântulas (CP): quatro repetições de 10 plântulas de cada tratamento, colocadas para germinar entre folhas de papel toalha, umedecidas com

quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel, a 25°C. Os resultados foram expressos em centímetros por plântula, folha e raiz no sétimo dia após a instalação do teste, segundo metodologia de Bahry et al (2007).

As avaliações diretamente relacionadas com a eficiência do uso do fósforo, presente no pélete ao redor das sementes, pelas plântulas de milho ao emergirem foram: conteúdo total de fósforo nas sementes e plântulas e atividade da fosfatase ácida do tecido vegetal das plântulas.

A análise qualitativa da fosfatase ácida foi realizada no Laboratório de Biotecnologia em Sementes da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” (FAEM), Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), e está descrita a seguir.

Fosfatase ácida: para a caracterização do padrão de expressão isoenzimático, quatro amostras de 25 sementes de cada tratamento foram colocadas para germinar sobre folhas de papel toalha, umedecidas com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel, a 18°C e a 25°C. Posteriormente, a matéria vegetal das raízes e folhas primárias de 10 plântulas, avaliadas aos 4 e aos 7 dias no teste de germinação, foi removida e macerada em cadinho de porcelana sobre cubos de gelo e imersa na solução extratora (9 partes de tris-citrato 0,2M, pH 8,3 e 1 parte de borato de lítio 0,2M, pH 8,3 + 0,15% de 2-mercaptoetanol), na proporção 3:1 (p.v-1), permanecendo 18 horas em refrigerador, conforme o protocolo de extração empregado por Malone et al. (2006; 2007). As amostras foram posteriormente centrifugadas por cinco minutos e 25 µL do sobrenadante foram aplicados em gel de poliacrilamida 6%.

A eletroforese foi realizada em gel de poliacrilamida vertical, no sistema tampão contínuo, conforme descrito por Scandális (1969), com diferença de potencial de 10V cm⁻¹, em câmara fria, a 4°C, por período suficiente para que a linha de frente formada pelo azul de bromofenol atingisse a parte inferior do gel. Os resultados foram interpretados com base na análise visual dos géis de eletroforese, levando em consideração a presença e, ou, ausência e intensidade das bandas formadas.

A análise quantitativa de fósforo total, por sua vez, foi realizada no laboratório do Instituto de Nutrição de Plantas da Faculdade de Ciências em Agricultura, da Universidade de Hohenheim, localizada em Stuttgart, Alemanha.

Fósforo total: as sementes, raízes e folhas das plântulas, no sétimo dia de germinação a 25°C,

e folhas de plantas no estágio de desenvolvimento “ED2” (14 dias após a emergência da plântula) foram avaliadas em relação ao teor total de fósforo segundo o método colorimétrico de Gericke e Kurmies (1952).

O princípio do método baseia-se na formação de um composto amarelo do sistema vanadomolibdofosfórico em acidez de 0,2 a 1,9N. Assim, a cor desenvolvida é medida em fotocolorímetro ou em espectrofotômetro utilizando um filtro de cor complementar à da amostra, medindo a porcentagem de transmissão, de absorbância ou a densidade ótica.

A matéria seca do material vegetal foi inicialmente pesada dentro de uma vasilha de porcelana e, em seguida, mantida a 500°C por 5h. Para retirar o SiO₂, após o resfriamento, as cinzas foram molhadas com algumas gotas de H₂O e evaporadas com 5 mL de HNO₃ (3:1) por duas vezes. Após, as amostras foram dissolvidas com 5 mL de HCL (3:1) e transferidas para um frasco volumétrico de 25 mL. A solução foi fervida por, no mínimo, 2 min. e completada com água até atingir 25 mL.

Ao final, uma alíquota dessa solução foi misturada com a solução de Vanato-molybdato e completada com HCl (30:1) até atingir 10 mL. Em seguida, o material foi levado ao espectrofotômetro para avaliação do fósforo total, sendo a leitura realizada em miligramas de fósforo por litro. O resultado foi expresso em gramas de fósforo por quilograma de matéria seca.

4.2.2.2 Experimento em campo

Em relação à implantação do experimento em campo, a semeadura foi realizada manualmente, com espaçamento de 40 cm entre linhas e a profundidade de semeadura de 5cm. Sendo considerada uma população equivalente a 150.000 plantas por hectare, em um delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições, sendo que cada bloco

teve 39 parcelas com 4 linhas de 3 metros de comprimento cada, abrangendo os 13 tratamentos dos três lotes de sementes.

Foram instaladas duas áreas experimentais em campo, em função da análise do solo dessas áreas. Assim, uma em solo com baixa quantidade de fósforo para o desenvolvimento da planta de milho e outra em solo com alta quantidade de fósforo, como observado na tabela 12.

Tabela 12 – Resultados da análise química do solo de duas áreas experimentais.

Amostra		pH CaCl ₂	M.O. g.dm ⁻³	P mg.dm ⁻³	Resultado						V %
Área	Ident.				K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	
1	Am. A	4,6	11	47	3,0	14	7	31	24	55	44
2	Am. B	4,8	12	8	2,0	18	7	28	27	55	49

Inicialmente, ambas as áreas receberam aplicação prévia de calcário dolomítico para haver correção (elevação) do pH por meio de distribuição superficial e posterior gradagem dos solos. A aplicação de KCl, por sua vez, foi realizada no momento da semeadura, distribuído paralelamente à linha semeada.

As avaliações realizadas durante o desenvolvimento da planta em campo foram:

Matéria seca das folhas: folhas de 10 plantas foram coletadas nos estádios de desenvolvimento ED1, ED2 e ED3 (Durães et al., 2003), respectivamente ao redor de 5, 10 e 33 dias após a emergência da plântula em campo e colocadas em sacos de papel, a seguir, foram mantidas em estufa com circulação de ar, a 80°C, até atingirem peso constante (BRASIL, 1992). A massa de matéria seca das folhas foi determinada em balança, com precisão de 0,001g, e os resultados médios expressos em gramas por total de folhas secas por planta.

Comprimento da parte aérea: determinado em centímetros, a partir do colo até o meristema apical de 10 plantas por parcela durante os estádios de desenvolvimento ED1,

ED2 e ED3 (Durães et al, 2003), respectivamente ao redor de 5, 10 e 33 dias após a emergência da plântula em campo. O resultado foi expresso em centímetros.

Matéria de grãos por planta: ao final do ciclo da cultura os grãos de cada planta de duas linhas da parcela foram secados em secador, para que atingissem teor de água de 13%, determinado pelo método de estufa a $105^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas (BRASIL, 2009). Para a pesagem foi utilizada uma balança centesimal. O resultado foi expresso em gramas por planta.

Teor de água: foi determinado pelo método da estufa a $105^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$, conforme as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009). Resultado expresso em porcentagem de água (bu).

Inicialmente foi efetuada a contagem total de plântulas emersas aos sete dias após início de emergência, para que assim, fosse calculada a quantidade total de plântulas estabelecidas em campo.

Para realização da análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância através do teste de F a 5% de probabilidade e estudo de regressão polinomial. Além disto, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os testes realizados em campo, o delineamento utilizado foi de blocos completamente ao acaso, sendo 13 tratamentos, três lotes e três repetições.

4.2.3 Resultados e Discussão

Os resultados apresentados na tabela 13 indicam que há variação da quantidade de fósforo, em função do produto aplicado para a cobertura das sementes de milho.

Como a quantidade de fósforo é diferente em cada produto aplicado, percebe-se que alguns produtos forneceram mais fósforo por pélete ao redor das sementes do que outros. Assim, o fosfato bicálcico foi o que mais contribuiu em adicionar fósforo ao pélete quando comparado aos demais, uma vez que tem 16,6% de fósforo (determinado em teor de P) em sua constituição, enquanto que a fitina e o termofosfato magnésiano possuem 7,4% e 7,8%, respectivamente.

Considerando que uma média de 3,84 mg de fósforo foram aplicados ao pélete de cada semente por meio da maior dose de fosfato bicálcico e que para a densidade de semeadura recomendada de 500 mil sementes/ha para produção de forragem (Pereira Filho et al., 2003), somente com o fertilizante utilizado para peletizar as sementes, há contribuição de 1.900g por hectare. Este valor corresponde a 20% da quantidade recomendada de fósforo a ser aplicada em solos com níveis médios de fertilidade.

Tabela 13 – Especificação de produtos e doses aplicados em sementes de milho do cv. BRS1501 e total de fósforo (mg) aplicado por semente

Produto	P (%)	Peneira	Produto Aplicado (g / 100g semente)			Média	Fósforo (mg) / Semente			Média
			1	2	3		1	2	3	
Microcelulose	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	43,5	43,6	37,8	0	0	0	0	0
		2	57,4	52,3	63,1	0	0	0	0	0
		3	107,9	100,2	98,8	0	0	0	0	0
Termofosfato Magnésiano	7,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	73,1	83,8	93,4	6,50	0,54	0,62	0,67	0,61
		2	156,2	156,8	167,3	12,48	1,16	1,17	1,20	1,18
		3	174,7	231,8	174,4	15,10	1,30	1,73	1,25	1,43
Fitina	7,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	35,8	37,7	36,9	2,72	0,25	0,26	0,25	0,25
		2	81,7	76,4	87,9	6,06	0,58	0,54	0,59	0,57
		3	104,5	112,2	121,6	8,34	0,74	0,79	0,82	0,789
Fosfato Bicálcico	16,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	45,1	101,4	96,2	13,42	0,71	1,61	1,46	1,26
		2	107,3	104	116,7	18,15	1,71	1,65	1,78	1,71
		3	222,6	261,8	250,1	40,64	3,54	4,17	3,8	3,84

4.2.3.1 Análise Física em Laboratório

A análise de variância referente à massa de mil sementes e ao volume de mil sementes de milho demonstrou haver significância para os fatores de produto e peneira, além da interação entre eles. Enquanto que, para a análise de fragmentação, todos os fatores e interações foram significativos.

Tabela 14 - Resultado da análise de variância para a massa de mil sementes (PMS), o volume de mil sementes (VMS) e a fragmentação de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores.

Causas de variação	MMS	VMS	Fragmentação
Lote	ns	ns	*
Produto	**	***	*
Peneira	**	**	*
Lote.Produto	*	ns	*
Lote.Peneira	ns	ns	*
Produto.Peneira	**	**	*
Lote.Produto.Peneira	ns	ns	*
CV (%)	6,3	18,5	26,88

* Significativos: $P < 0,05$ *; $P < 0,01$ **; $P < 0,001$ ***; ns=não-significativo ($P > 0,05$).

Como observado nas figuras 9 e 10, a massa de mil sementes e o volume de mil sementes, respectivamente, aumentaram significativamente para todos os produtos na medida em que a especificação da largura do crivo da peneira do produto aplicado aumentou, cujos coeficientes de determinação, foram todos acima de 0,9, explicando quase a totalidade da variação.

É possível verificar também que a microcelulose e a fitina proporcionaram os menores incrementos em massa e volume de mil sementes, enquanto que o termofosfato magnésico e o fosfato bicálcico os maiores incrementos. Esses resultados podem ser explicados, uma vez que a microcelulose e a fitina são produtos de constituição comparativamente mais leves.

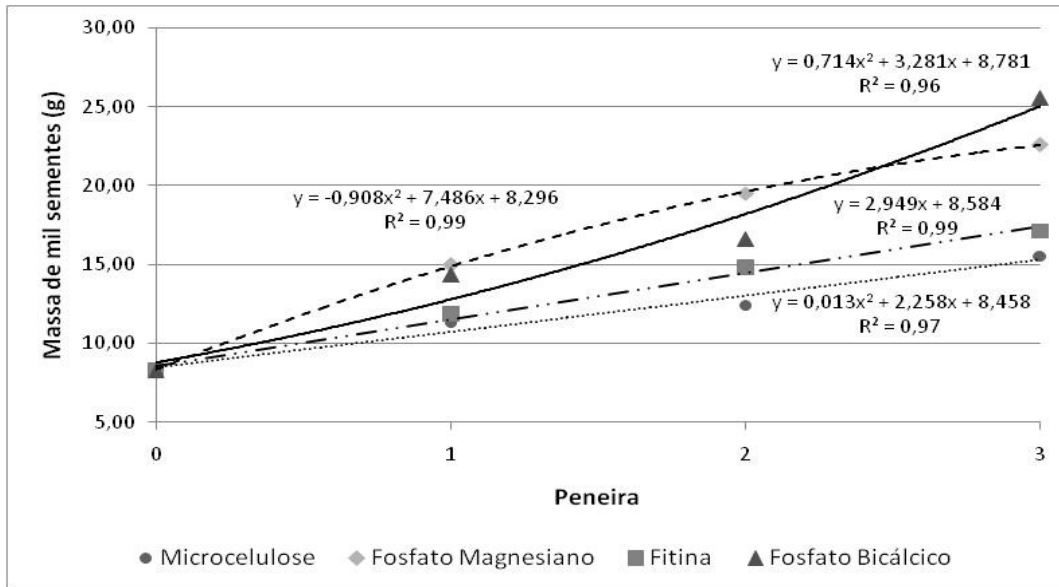


Figura 9 - Massa de mil sementes (g), em função dos produtos e das peneiras utilizados para as sementes de milho, lotes 1, 2 e 3, cultivar BRS1501

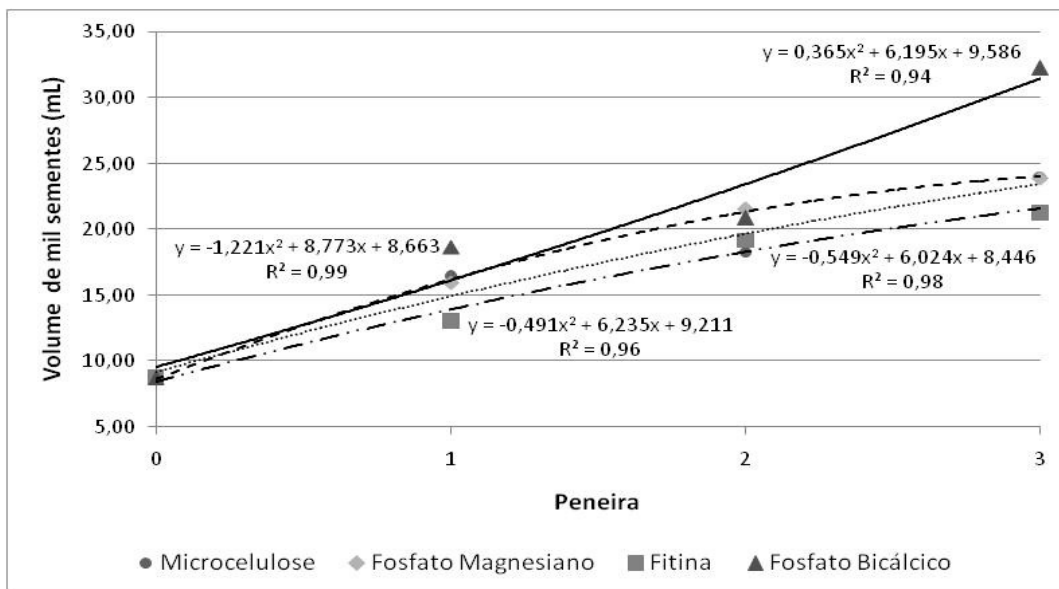


Figura 10 - Volume de mil sementes (mL), em função dos produtos e das peneiras utilizados para as sementes de milho, lotes 1, 2 e 3, cultivar BRS1501

As imagens obtidas da análise de raios X (Figura11) indicam que os produtos aplicados como enchimento aos péletes, apresentaram alta densidade na formação da integridade dos péletes de sementes de milho, com exceção dos tratamentos de microcelulose.

A análise de raios X corrobora os resultados apresentados pelo volume de mil sementes, a qual demonstra que o aumento da especificação da largura do crivo aplicado às sementes e, assim aumento do produto aplicado, propicia o aumento da espessura da camada de pélete.

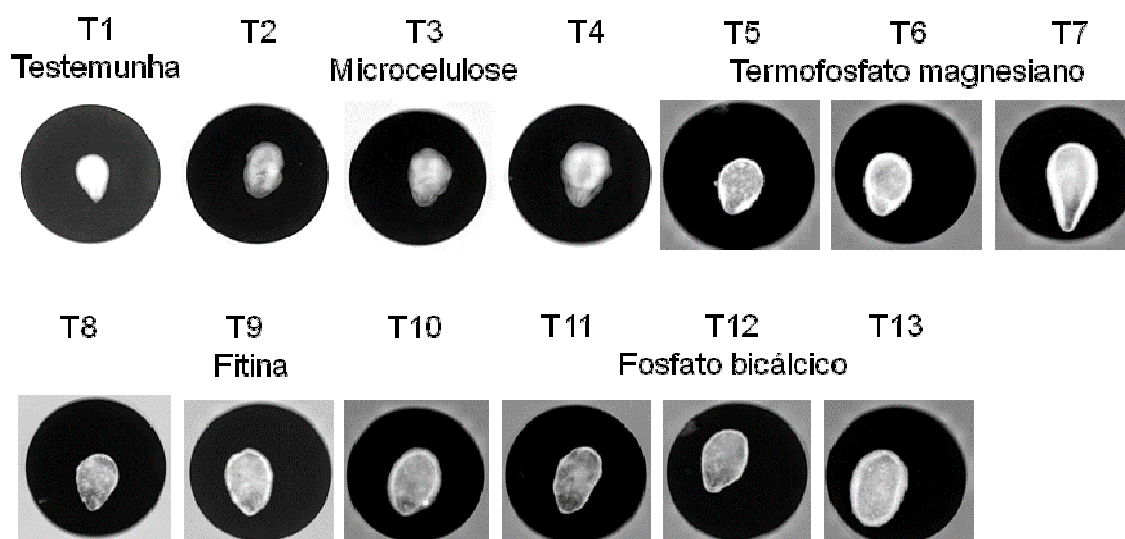
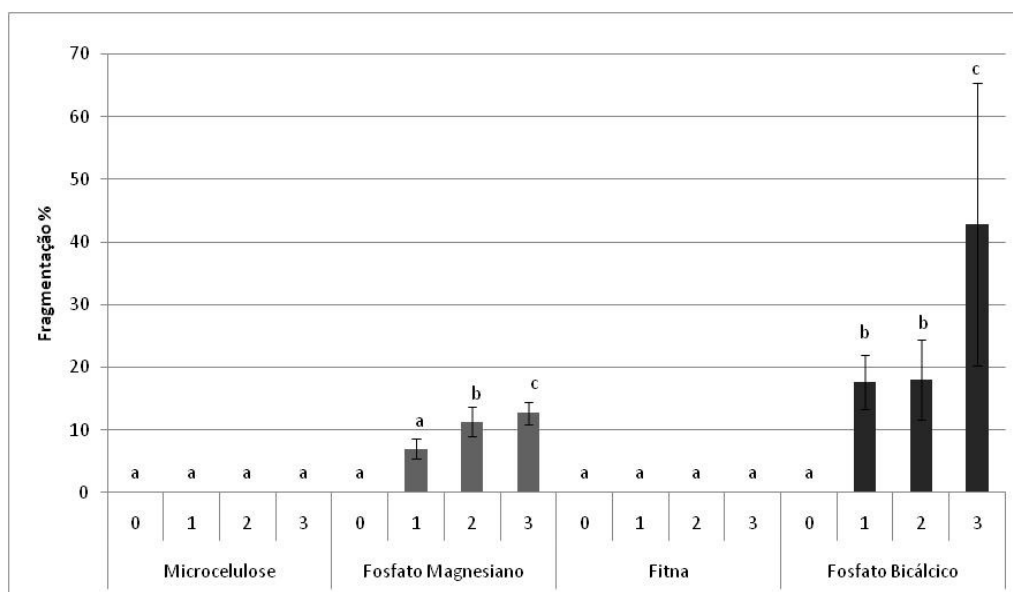


Figura 11 - Análise de raios X dos peletes envolvendo a testemunha, três peneiras de microcelulose, termofosfato magnésiano, fitina e fósforo bicalcico, usados para o recobrimento das sementes de milho, cv. BRS1501

Como observado na figura 12 a porcentagem de fragmentação de sementes pelletizadas de milho indicou que dentre os produtos utilizados, apenas a microcelulose e a fitina não apresentaram nenhuma fragmentação dos péletes. No entanto, o fósforo magnésiano e o fósforo bicalcico apresentaram algumas sementes fragmentadas na população observada, principalmente no tratamento de peneira com a maior especificação da largura do crivo e, assim maior volume de fósforo bicalcico empregado como

enchimento no pélete das sementes, o qual teve uma média de 40% de fragmentação para os três lotes e um erro padrão de 22,48. No lote dois, a maior especificação da largura do crivo da peneira utilizada para aplicar fosfato bicálcico apresentou uma fragmentação média de 87,5%, indicando que este tratamento apresentou alterações durante o processo de recobrimento, cuja causa não foi identificada.



* As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, teste de Tukey (5%).

Figura 12 - Porcentagem de fragmentação de sementes peletizadas de milho, cv. BRS1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para a formação dos péletes

Os resultados obtidos nas avaliações físicas demonstram haver o incremento gradativo da massa e do volume de mil sementes na medida em que a quantidade de produto aplicado ao redor das sementes é aumentada. da mesma forma, observa-se o aumento na porcentagem de fragmentação dos peletes dos produtos de fosfato magnésiano e fosfato bicálcico na medida em que há o incremento da quantidade aplicada, com exceção da microcelulose e fitina.

4.2.3.2 Análise Fisiológica Inicial e Durante o Período de Armazenamento

A tabela 15 demonstra a análise de variância para as avaliações fisiológicas realizadas no início do período de armazenamento das sementes de milho, dos lotes 1, 2 e

3, do cultivar BRS1501, sob ambiente controlado. Pode-se observar que o fator lote foi significativo para as avaliações de primeira contagem de germinação, germinação final, comprimento de plântula e de raiz. Enquanto que o fator produto somente não foi significativo para primeira contagem de germinação e comprimento de raiz.

O fator peneira apresentou significância apenas para o índice de velocidade de emergência da plântula, comprimento da plântula e da raiz, além do teor de água do conjunto pélete-semente.

Tabela 15 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1ª Cont.), germinação em temperatura baixa (GTB), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE), total emergência da plântula (EP), comprimento de folha (CF), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores para a primeira época de armazenamento (0 meses)

Causas de variação	1ª Cont.	G	GTB	IVE	EP	CF	CP	CR	TA
Lote	***	**	ns	ns	ns	ns	*	**	*
Produto	ns	**	**	***	**	**	**	ns	Ns
Peneira	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	*	*
Lote.Produto	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
Lote.Peneira	ns	*	*	ns	ns	ns	**	**	Ns
Produto.Peneira	**	*	ns	*	*	ns	**	ns	Ns
Lote.Produto.Peneira	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	***
CV (%)	10,2	9,3	11,2	10,08	9,1	19,9	19,7	28,9	14,7

* Significativos: P<0,05*; P<0,01**; P<0,001***; ns=não-significativo (P>0,05).

Em relação à segunda época de armazenamento (2 meses), como observado na tabela 16, praticamente todas as variáveis significativas na primeira época mantiveram-se na segunda época de avaliação, com exceção do fator peneira, o qual apresentou significância apenas para a avaliação de primeira contagem de germinação. Quanto ao fator produto, apenas a avaliação de emergência de plântula não foi significativa, porém a avaliação de comprimento de raiz, por sua vez, foi significativa (P<0,05).

Tabela 16 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1ª Cont.), germinação em temperatura baixa (GTB), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE), total emergência da plântula (EP), comprimento de folha (CF), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores para a segunda época de armazenamento (2 meses)

Causas de variação	1ª Cont.	G	GTB	IVE	EP	CF	CP	CR	TA
Lote	*	**	**	ns	ns	ns	*	**	ns
Produto	ns	**	***	**	ns	*	***	*	ns
Peneira	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Lote.Produto	*	***	ns	ns	ns	*	ns	***	ns
Lote.Peneira	***	***	ns	ns	**	*	ns	ns	*
Produto.Peneira	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	*	**
Lote.Produto.Peneira	**	ns	*	ns	ns	**	ns	*	**
CV (%)	11,8	9,5	16,0	9,54	14,6	21,0	15,6	20,7	28,0

* Significativos: P<0,05*; P<0,01**; P<0,001***; ns=não-significativo (P>0,05).

Os resultados obtidos na terceira época de armazenamento (4 meses) divergem em relação aos anteriores. Como observado na tabela 17, as únicas avaliações significativas quanto ao fator lote foram a germinação final e germinação em temperatura baixa. Percebe-se ainda que a única avaliação significativa no fator produto foi o comprimento de plântula (P<0,01), enquanto que o índice de velocidade de emergência da plântula foi significativo para as variáveis lotes (P<0,001) e peneiras (P<0,01).

Da mesma forma, foram observadas poucas interações entre variáveis na terceira época de armazenamento, salientando os resultados significativos para as avaliações de comprimentos de folha e de raiz para a interação de lote e produto, lote e peneira e, ainda, lote com produto e peneira (P<0,05).

Tabela 17 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1^a Cont.), germinação em temperatura baixa (GTB), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE), total emergência da plântula (EP), comprimento de folha (CF), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores para a terceira época de armazenamento (4 meses)

Causas de variação	1 ^a Cont.	G	GTB	IVE	EP	CF	CP	CR	TA
Lote	ns	*	*	***	ns	ns	ns	ns	Ns
Produto	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	Ns
Peneira	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	*
Lote.Produto	ns	ns	ns	ns	***	**	**	ns	Ns
Lote.Peneira	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	Ns
Produto.Peneira	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns
Lote.Produto.Peneira	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	Ns
CV (%)	9,4	8,9	12,5	17,0	9,9	17,8	12,0	15,1	15,8

* Significativos: P<0,05*; P<0,01**; P<0,001***; ns=não-significativo (P>0,05).

Os resultados obtidos na quarta época de armazenamento (6 meses) demonstraram novamente similaridade com as duas primeiras épocas de armazenamento, nas quais foi observada significância das avaliações de emergência da plântula, comprimento da folha e da plântula para o fator de produto (tabela 18).

Quanto ao fator peneira, a quarta época apresentou significância para a maioria das avaliações realizadas e apenas a germinação em temperatura baixa e o comprimento da folha e da raiz não foram significativas (P>0,05).

A interação entre lote, produto e peneira foi observada em quase todas as avaliações, com exceção da germinação em temperatura baixa, comprimento da plântula e emergência da plântula.

Tabela 18 - Resultado da análise de variância para os testes de germinação (G), primeira contagem da germinação (1º Cont.), germinação em temperatura baixa (GTB), índice de velocidade de emergência da plântula (IVE), total emergência da plântula (EP), comprimento de folha (CF), comprimento de plântula (CP), comprimento de raiz (CR) e teor de água (TA) de sementes de milho do cultivar BRS1501, em função dos fatores para a quarta época de armazenamento (6 meses)

Causas de variação	1ª Cont.	G	GTB	IVE	EP	CF	CP	CR	TA
Lote	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Produto	ns	ns	ns	*	*	ns	**	ns	*
Peneira	**	***	ns	***	*	ns	***	ns	*
Lote.Produto	**	**	ns	ns	ns	**	ns	***	ns
Lote.Peneira	ns	ns	**	ns	***	ns	***	ns	ns
Produto.Peneira	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns
Lote.Produto.Peneira	***	***	ns	***	ns	**	ns	***	ns
CV (%)	10,5	9,9	13,3	10,4	9,9	20,1	17,4	26,7	8,55

* Significativos: P<0,05*; P<0,01**; P<0,001***; ns=não-significativo (P>0,05).

Como observado nas figuras 13, 14 e 15, a fitina foi o produto que apresentou o maior incremento na porcentagem de plântulas normais das avaliações de primeira contagem de germinação, germinação final e germinação em temperatura baixa das sementes peletizadas, cujos coeficientes de determinação da primeira contagem de germinação no início e aos 2, 4 e 6 meses, podem explicar 0,75; 0,96; 0,96 e 0,82 da variação, respectivamente.

É possível ainda observar que, de forma geral, os tratamentos aplicados permitiram uma proteção da semente em relação à temperatura baixa (figura 15), sendo a fitina e o termofosfato magnésiano, os produtos relacionados com os maiores percentuais de plântulas normais, os quais foram 5 a 15% superiores à testemunha (semente nua) em todas as épocas de avaliação.

Magalhães et al. (1994), ao avaliarem a qualidade fisiológica de sementes peletizadas de três cultivares de sorgo, observaram que nas avaliações de índice de velocidade de germinação e germinação final, o tratamento com termofosfato magnésiano destacou-se como o melhor produto para revestimento de sementes. Havendo, na

germinação final, um acréscimo médio de 7 pontos percentuais de plântulas normais em relação à testemunha.

Por outro lado, a aplicação de fosfato bicálcico causou redução da porcentagem de plântulas normais observadas na primeira contagem de germinação, germinação final e germinação em temperatura baixa na primeira época, sendo que ao longo do período de armazenamento, apresentou menos de 50% de plântulas normais observadas no teste de germinação final a partir do segundo mês em diante, na qual o coeficiente de determinação de 0,89 explica quase a totalidade da variação. Sendo que, quanto à avaliação de germinação em temperatura baixa, houve um decréscimo gradual ao longo do período de armazenamento, o qual partiu de uma média de 57% para pouco menos de 35% de plântulas normais observadas aos 6 meses de armazenamento.

Em termos de emergência da plântula, não houve significância para o fator lote em nenhuma época de armazenamento (tabelas 15 a 18), no entanto, houve significância tanto para o fator peneira como para produto na última época de armazenamento (6 meses), cujo coeficiente de determinação de 0,97 para o fosfato bicálcico explica quase a totalidade da variação na época 4 (figura 17), na qual percebe-se o declínio na porcentagem média de plântulas observadas na medida em que há maior especificação da largura do crivo da peneira utilizada, atingindo menos de 52% de emergência da plântula.

Resultados similares foram obtidos por Soratto et al. (2003), que observaram um efeito degenerativo na porcentagem de emergência das plântulas através do período no qual as sementes estiveram misturadas e em contato com os fertilizantes fosfatados, obtidos através de reações de acidez do processamento de rochas fosfatadas com o uso dos ácidos sulfúrico e fosfórico, utilizados junto à alguma fonte de cálcio (Ca^{++}) para a produção de fosfato bicálcico e, assim, liberam resíduos que afetam a germinação e o vigor das sementes.

Em relação à qualidade fisiológica das sementes, a tabela 20 mostra que as do lote 3 superaram as demais em relação à porcentagem de plântulas normais observadas na primeira contagem de germinação, germinação final e germinação em temperatura baixa durante todo o período de armazenamento, enquanto que, a qualidade das sementes do lote

2 foi inferior aos dos demais. Porém, é importante notar que houve o declínio gradual de quase 8 pontos percentuais na qualidade fisiológica das sementes do lote 1, observada tanto na porcentagem de plântulas normais da primeira contagem de germinação, quanto na germinação final, a qual atingiu menos de 64% no sexto mês de armazenamento.

Deve-se ainda salientar que, com exceção do fosfato bicálcico, não houve impactos negativos advindos dos tratamentos em relação à qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento, as quais mantiveram a média de plântulas normais em quase todas as avaliações, cujos valores demonstraram-se similares entre o primeiro e o sexto mês de armazenamento, observada pelos índices de velocidade de emergência da plântula e a emergência da plântula (tabela 19).

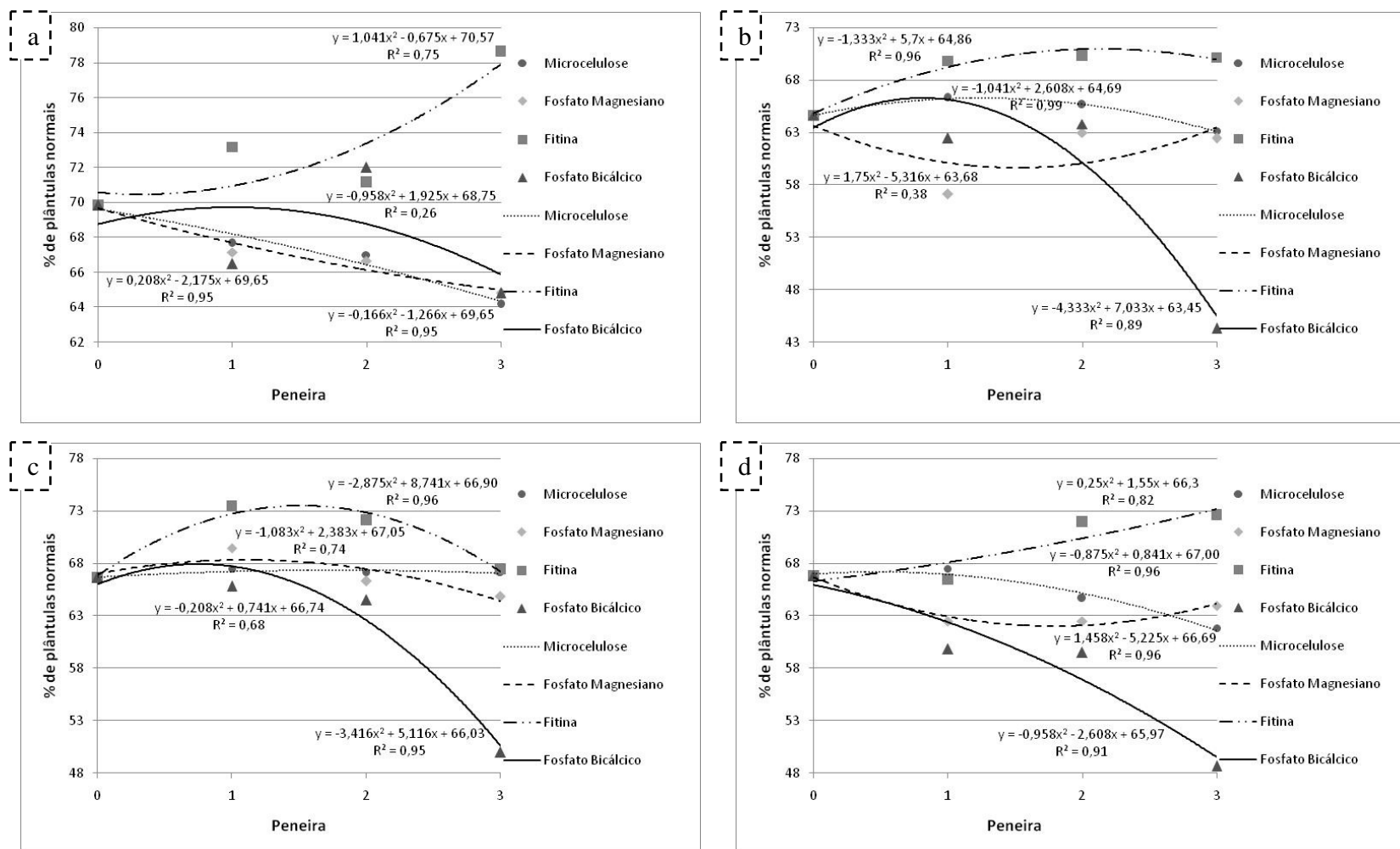


Figura 13 – Plântulas normais (%) observadas na primeira contagem de germinação dos três lotes das sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliadas no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente)

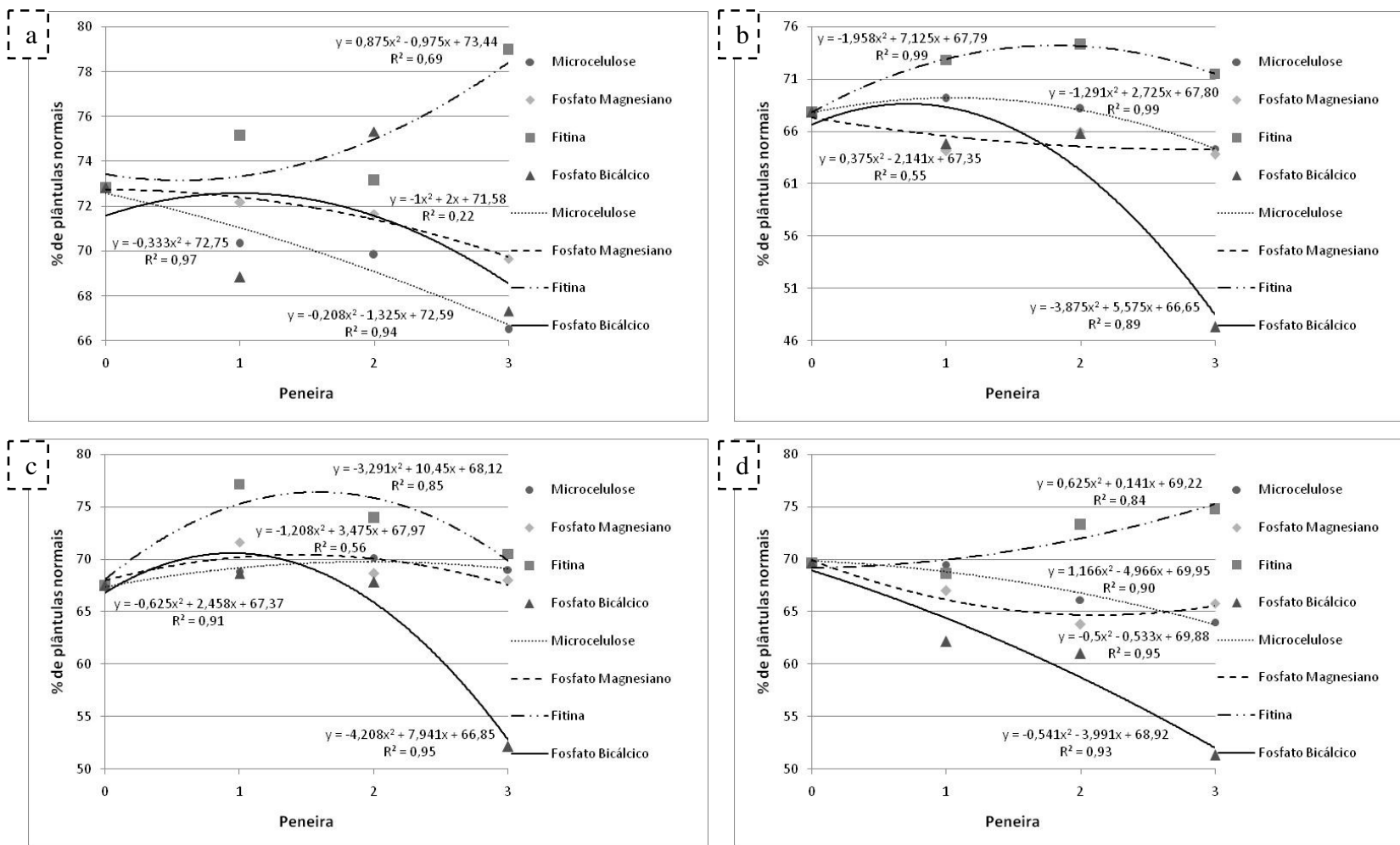


Figura 14 - Plântulas normais (%) observadas na germinação final dos três lotes das sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliadas no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente)

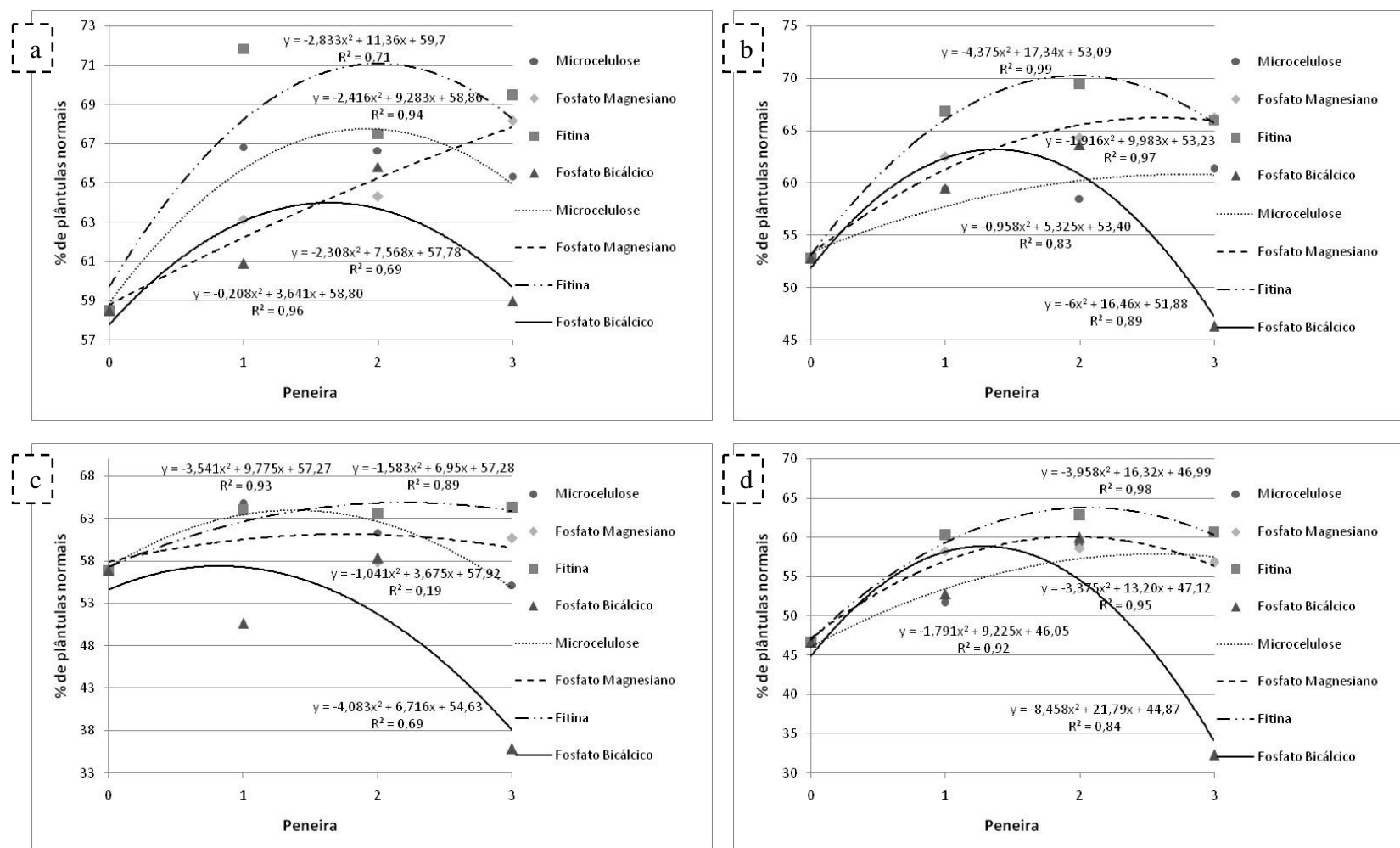


Figura 15 - Plântulas normais (%) observadas na germinação em temperatura baixa dos três lotes das sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliadas no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente)

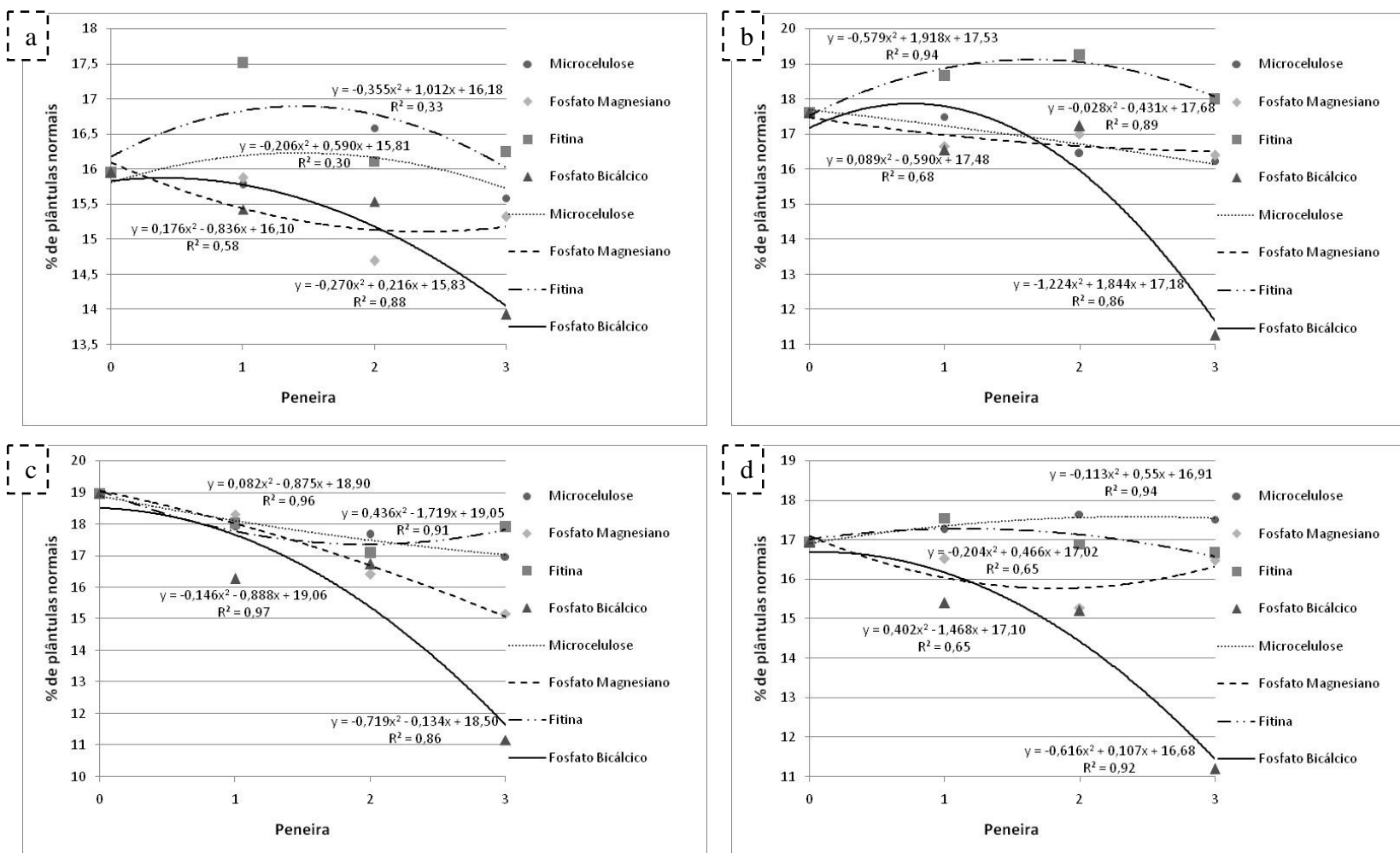


Figura 16 – Índice de velocidade de emergência da plântula dos três lotes das sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliado no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente), expresso em número médio de plântulas emergidas por dia

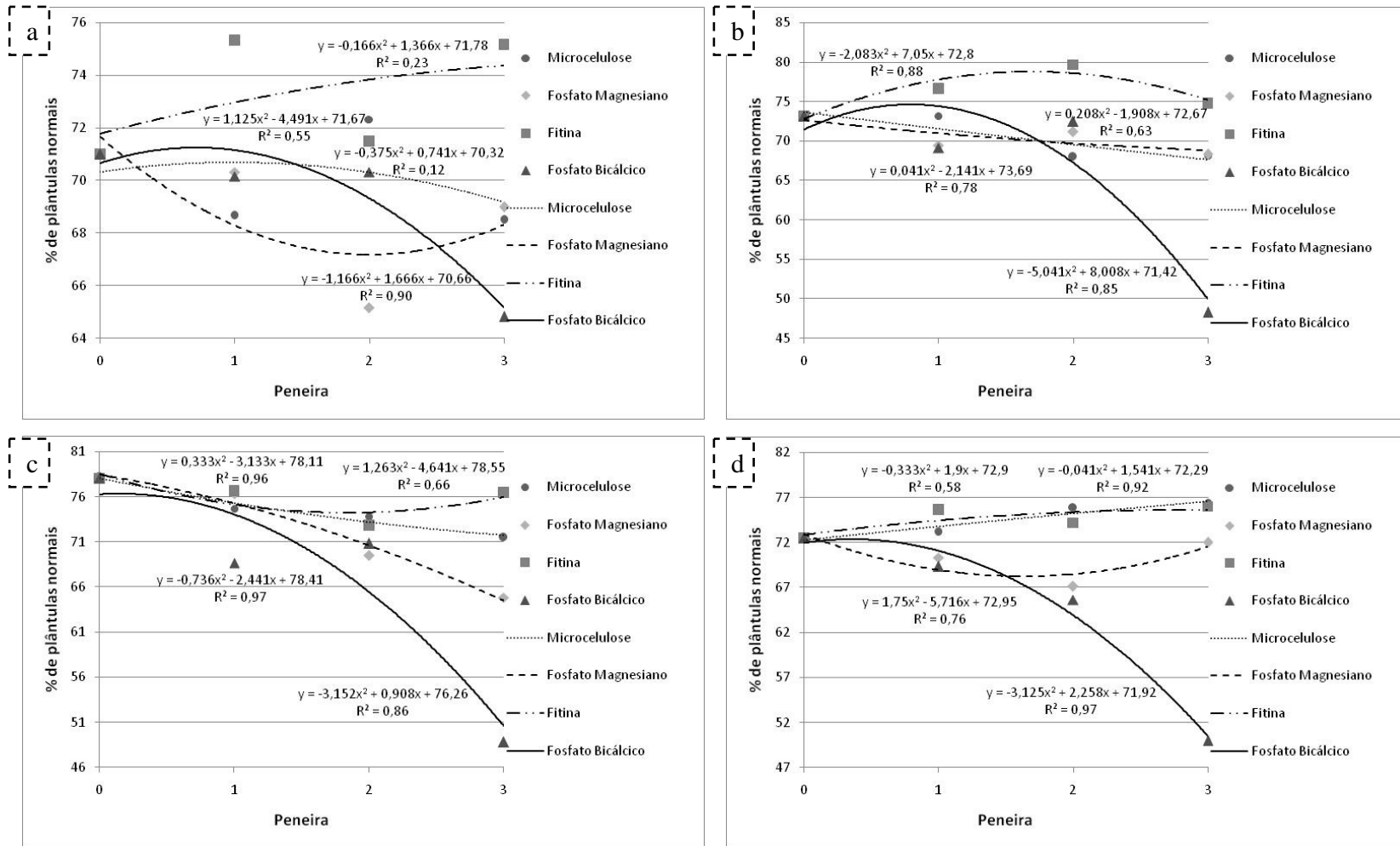


Figura 17 - Plântulas normais (%) observadas na emergência final das plântulas originadas de sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliadas no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente)

Tabela 19 – Plântulas normais (%) observadas nas avaliações de primeira contagem de germinação (PG), germinação final (G), germinação em temperatura baixa (GTB), emergência final (EM), índice de velocidade de emergência (IVE) e, comprimento de folhas (CF), plântulas (CP) e raízes (CR), expresso em centímetros e, teor de água (TA) de três lotes de sementes do cultivar de milho BRS1501, peletizadas com 4 produtos diferentes e, armazenados e avaliados aos zero, 2, 4 e 6 meses

	PG	G	GTB	EM	IVE	CF	CP	CR	TA
%				cm.....			%
Zero meses de armazenamento									
Microcelulose	67,1b	69,8b	64,3ab	70,1ab	15,9ab	6,9c	16,0b	9,1b	11,1
Term. Magn.	67,1b	71,5ab	63,5ab	68,8b	15,4b	7,5ab	17,7a	10,2a	7,4
Fitina	73,2a	75,0a	66,8a	73,2a	16,4a	7,5a	17,5a	10,0a	10,1
Fosf. Bicálc.	68,2b	71,0b	61,0b	69,0b	15,2b	7,3b	17,3a	10,0a	8,6
2 meses de armazenamento									
Microcelulose	64,9ab	67,3b	58,0bc	70,6b	16,9b	8,8ab	16,0ab	9,1a	11,1
Term. Magn.	61,8bc	65,4b	61,5ab	70,5b	16,9b	8,9ab	17,7a	10,2a	7,4
Fitina	68,7a	71,6a	63,8a	76,0a	18,3a	9,0a	17,5a	10,0a	10,1
Fosf. Bicálc.	58,8c	61,4c	55,5c	65,8c	15,6c	8,7b	17,3b	10,0b	8,6
4 meses de armazenamento									
Microcelulose	67,1a	68,8b	59,5b	74,5ab	17,8a	9,2b	23,5b	14,4a	8,4
Term. Magn.	66,8a	68,9b	59,8a	72,2b	17,2a	9,6a	24,1a	14,5a	6,7
Fitina	69,9a	72,3a	62,1a	76,0a	17,9a	9,7a	23,9a	14,3a	9,9
Fosf. Bicálc.	61,7b	64,0c	50,4b	66,6c	15,7b	9,3b	23,7b	14,4a	7,3
6 meses de armazenamento									
Microcelulose	65,2b	67,3b	53,6bc	74,4a	17,3a	9,0b	19,0b	10,2c	9,2
Term. Magn.	63,9bc	66,5b	55,1ab	70,5b	16,3b	9,7a	19,7ab	10,3c	6,7
Fitina	69,5a	71,6a	57,6a	74,6a	17,0ab	9,4ab	20,3ab	10,8b	9,5
Fosf. Bicálc.	58,7c	61,0c	47,9c	64,3c	14,6c	9,2ab	20,9a	11,4a	7,6

* As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si dentro da coluna e época de armazenamento, segundo Tukey à 5 % de probabilidade.

Tabela 20 – Plântulas normais (%) obtida nas avaliações de primeira contagem de germinação (PG), germinação final (G), germinação em temperatura baixa (GTB), emergência final da plântula (EM), índice de velocidade de emergência (IVE) e, comprimento de folhas (CF), plântulas (CP) e raízes (CR), expresso em centímetros e teor de água (TA) de cada lote de sementes do cultivar de milho BRS1501, peletizadas com 4 produtos diferentes e armazenados e avaliados aos zero, 2, 4 e 6 meses

	PG	G	GTB	EM	IVE	CF	CP	CR	TA
%				cm.....		%
Zero meses de armazenamento									
Lote 1	70,7a	73,0a	61,7b	69,0 a	15,6a	7,3 a	17,4 a	10,0 a	8,8
Lote 2	65,9b	69,2b	62,3b	70,4 a	15,7a	7,3 a	16,8b	9,5b	9,3
Lote 3	70,1a	73,4a	67,7a	71,5 a	15,8a	7,4 a	17,2 ab	9,8 ab	9,8
2 meses de armazenamento									
Lote 1	65,4 a	68,1 a	60,6 a	70,3b	16,8b	8,4c	22,4b	14,0 a	6,4
Lote 2	61,5b	64,3b	56,5b	66,8c	16,0c	8,8b	22,7 ab	13,4b	6,8
Lote 3	63,8 ab	66,9 ab	62,0 a	75,0 a	17,9 a	9,4 a	23,0 a	13,5b	7,8
4 meses de armazenamento									
Lote 1	67,2 a	68,9b	56,6b	74,9 a	17,7 a	9,0c	23,2c	14,2c	8,1
Lote 2	62,2b	63,9c	55,1b	66,8b	15,8b	10,0 a	24,3 a	14,3b	7,9
Lote 3	69,7 a	72,7 a	62,2 a	75,2 a	18,0 a	9,4b	23,9b	14,5 a	8,2
6 meses de armazenamento									
Lote 1	63,3b	65,5b	51,7b	72,9 a	16,8 a	7,7 b	18,7 a	11,3 a	7,8
Lote 2	61,8b	64,4b	52,4 ab	66,4b	15,1b	10,0 a	19,5ab	9,4b	8,0
Lote 3	67,8 a	69,9 a	56,5 a	73,5 a	17,0 a	10,2 a	21,6 a	11,4 a	8,9

* As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si dentro da coluna e época de armazenamento, segundo Tukey à 5 % de probabilidade.

As avaliações dos comprimentos de folha, plântula e raiz (figuras 18,19 e 20, respectivamente), demonstram diferenças significativas dos tratamentos envolvendo fósforo em relação aos tratamentos com microcelulose (sem fósforo). Sendo que, durante todo o período de armazenamento, os tratamentos com microcelulose propiciaram as menores taxas de crescimento aos 7 dias após início do teste de germinação. Porém, houve algumas exceções nas quais os tratamentos com fosfato bicálcico apresentaram as menores taxas de crescimento, como pode ser observado na segunda época de avaliação (2 meses) para todas as avaliações de comprimento.

Pode-se observar nas figuras 19 e 20, referentes ao comprimentos da plântula e da raiz, que na primeira época de avaliação não houve diferença maior do que 0,5 cm entre a maior especificação da largura do crivo das peneiras aplicadas entre os produtos, com exceção da microcelulose que apresentou mais de 2 cm de diferença no comprimento de plântulas.

Os resultados demonstram, ainda, que há diferenças na resposta inicial de comprimento entre folhas, plântulas e raízes. Como observado na figura 19, pode-se afirmar que apenas o fosfato magnésiano e a fitina apresentaram incrementos significativos de comprimento de folha em relação à testemunha, os quais têm quase que a totalidade de suas variações explicadas pelos coeficientes de determinação da última época (6 meses) de 0,87 e 0,99, respectivamente.

No entanto, em termos de comprimento de raízes (figura 20), cuja interação (tabela 18) entre lote, produto e peneira da última época apresentou significância ($P < 0,001$), o tratamento com fosfato bicálcico apresentou os maiores valores observados aos 4 e aos 6 meses de avaliação e superou a testemunha em mais de 1,0 e 2,5 cm, respectivamente, os quais têm quase a totalidade de suas variações explicadas pelos coeficientes de determinação de 0,99 e 0,90.

Observando, particularmente ao final de seis meses de armazenamento, os resultados das sementes de cada lote relacionados à avaliação do comprimento da plântula (figura 21), percebe-se que todos os tratamentos apresentaram incremento no comprimento com 7 dias após início da germinação das sementes, porém novamente, há a exceção dos tratamentos com microcelulose e a maior especificação da largura do crivo da peneira utilizada para aplicação de fosfato bicálcico no lote 2, os quais apresentaram fitotoxicidade às plântulas, em função da redução de comprimento. No entanto, a mesma largura do crivo da peneira utilizada para aplicar fosfato

bicálcico aos lotes 1 e 3, propiciou um incremento de até 2,5 cm e 4 cm em relação à testemunha, respectivamente.

É interessante ressaltar, ainda, que o crescimento inicial, avaliado aos 7 dias após o início da germinação, é diferente para folhas e raízes. No caso de folhas (figura 22), verifica-se que o aporte em crescimento por parte dos tratamentos com fosfato bicálcico ao lote 1 foi inferior aos demais tratamentos envolvendo produtos com fósforo e assemelha-se aos tratamentos com microcelulose. Porém, no caso de raízes (figura 23), os tratamentos com fosfato bicálcico, também do lote 1, propiciaram os aportes mais substanciais em comprimento.

No caso da fitina e do termofosfato magnésiano, não foi observado nenhum resultado inferior à média da testemunha de cada lote, salientando-se que houve incrementos no comprimento das plântulas que variam de 0,8 cm a até 4 cm de comprimento de plântulas aos 7 dias após início da germinação.

Resultados similares foram relatados também por magalhães et al (1994), os quais ao avaliarem a matéria seca de plântulas originadas por sementes peletizadas de três cultivares de sorgo, observando um significativo acréscimo de 26mg do tratamento com termofosfato magnésiano em relação à testemunha para o cultivar Savana 5, além de resultados, da mesma forma, positivos para os demais cultivares.

Porém, estudos diversos evidenciam que a resposta da cultura à peletização de sementes com fósforo depende significativamente do produto aplicado. Ros et al (2000), ao avaliarem o uso de superfosfato simples, fosfato potássico e fosfato natural, observaram que apesar de propiciar elevação na taxa de crescimento da planta de arroz, houve decréscimo significativo na emergência das plântulas resultantes das sementes recobertas.

Trabalhando com sementes de cevada, Abdulrabmani et al. (2007) constataram que o condicionamento fisiológico das sementes associado às soluções nutritivas de fósforo foi eficiente em elevar o índice de germinação, germinação final, condutividade elétrica e comprimento de folhas e raízes das plântulas tratadas e avaliadas em condições de laboratório. Além de elevar a média de matéria seca das raízes e das folhas em 25 e 12,5%, respectivamente. Assim, demonstrando tanto a eficiência dos métodos de condicionamento fisiológico, como o de fornecimento de fósforo para o estabelecimento inicial das plântulas em campo.

As avaliações de teor de água das sementes (figura 24), realizadas ao longo do período de armazenamento, mostraram que os tratamentos envolvendo a microcelulose e a fitina apresentaram os teores mais elevados de água em todas as épocas de avaliação. Constata-se ainda que, quanto maior a especificação da largura do crivo da peneira utilizada para a aplicação dos produtos, menor foi o teor de água. Porém, segundo Taylor et al (1997), nem o método de estufa e nem o medidor de capacitância são capazes de determinar com precisão o verdadeiro teor de água de sementes peletizadas e intactas.

Este fato ocorre, pois o método de estufa utilizado para quantificar o teor de água não é o mais indicado para aferições com sementes peletizadas, sendo que, ao contrário de quantificar o teor de água das sementes, o método de estufa quantifica o teor de água do conjunto pélete-semente. Assim, explicando a razão pela qual há o decréscimo no teor de água na medida em que aumenta a especificação da largura do crivo da peneira utilizada para a aplicação dos produtos para o enchimento dos péletes.

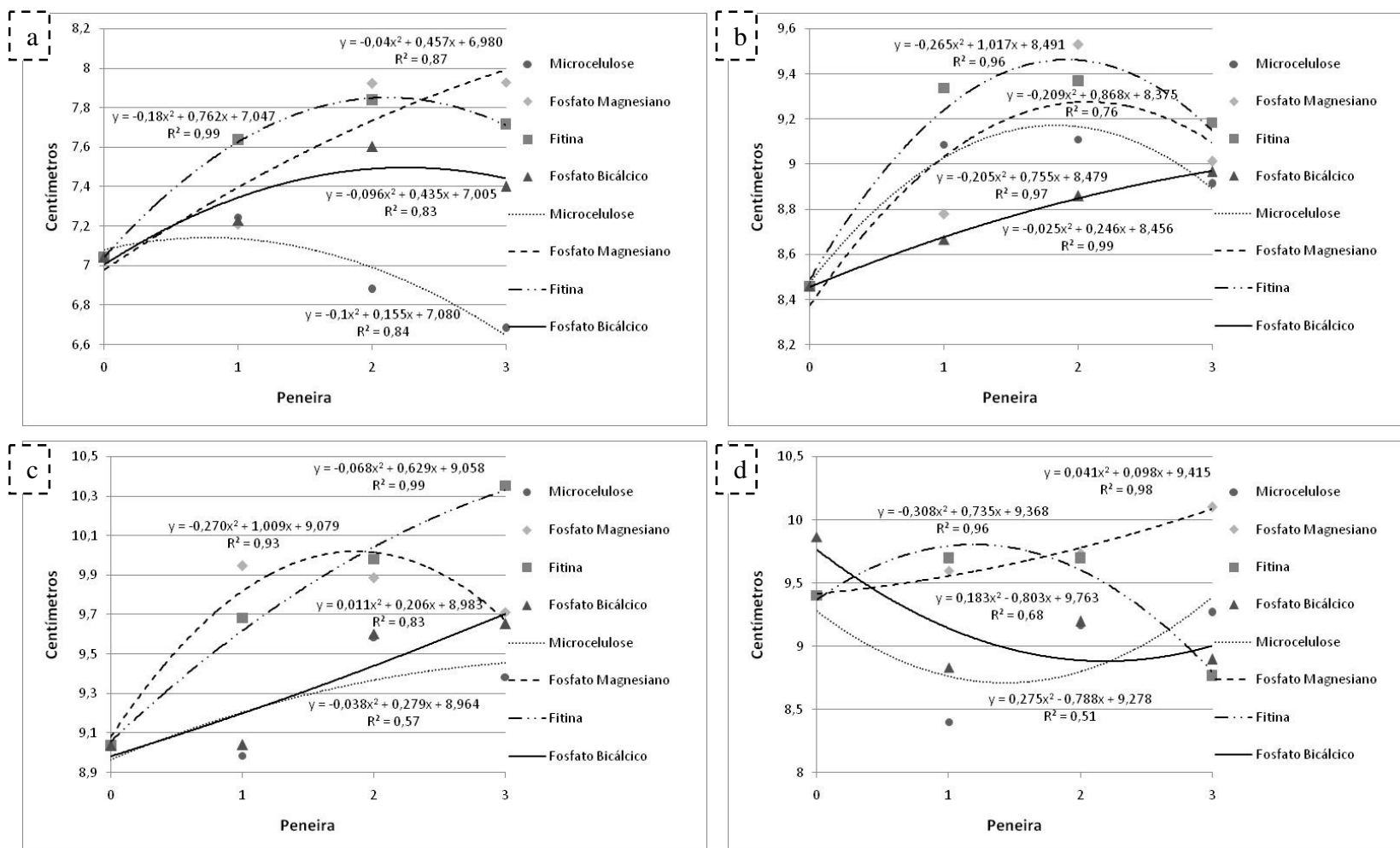


Figura 18 – Comprimento de folhas (cm) de plântulas originadas de sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para a formação dos péletes, avaliado no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente)

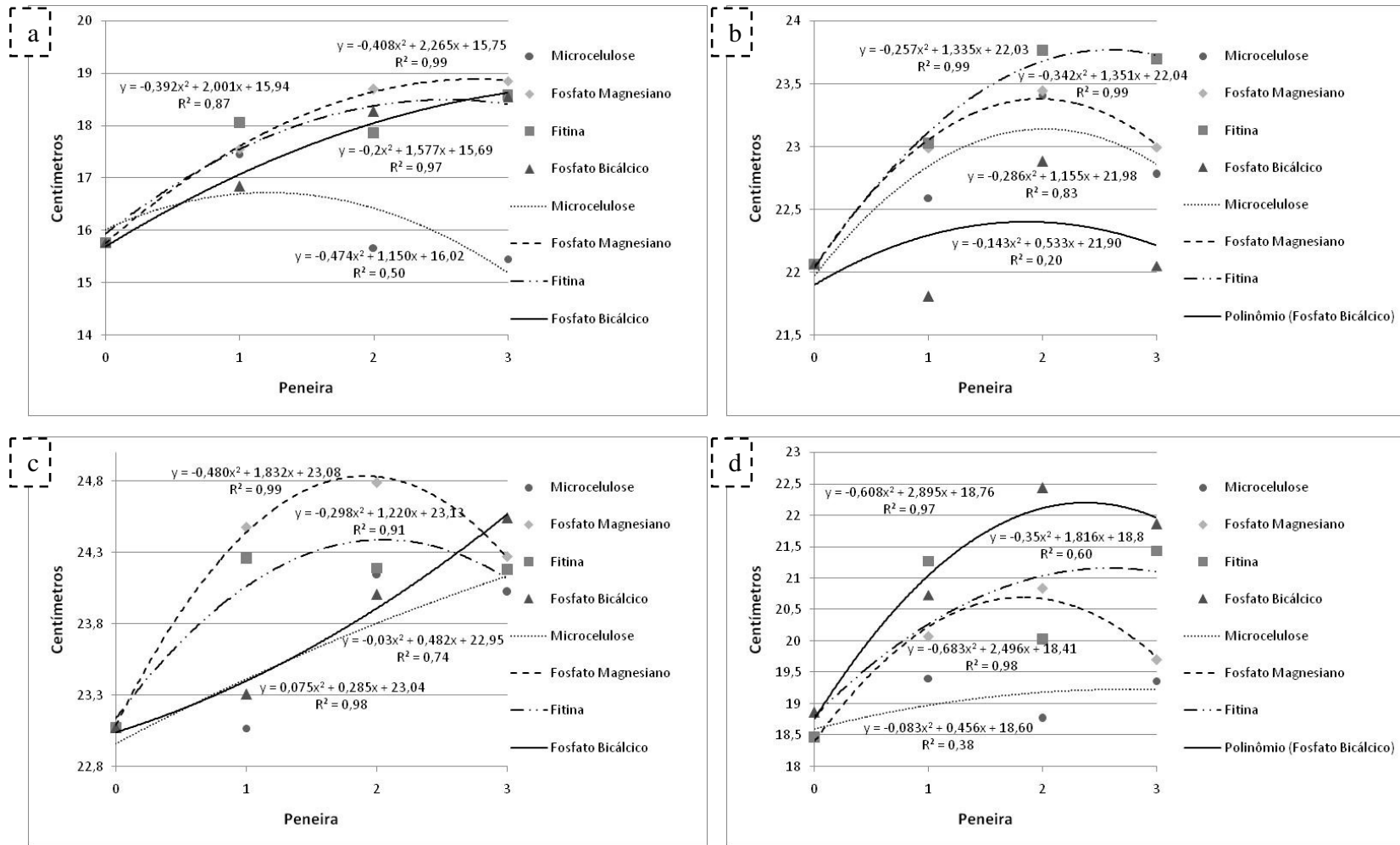


Figura 19 – Comprimento de plântulas (cm) originadas de sementes pelotizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliado no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente)

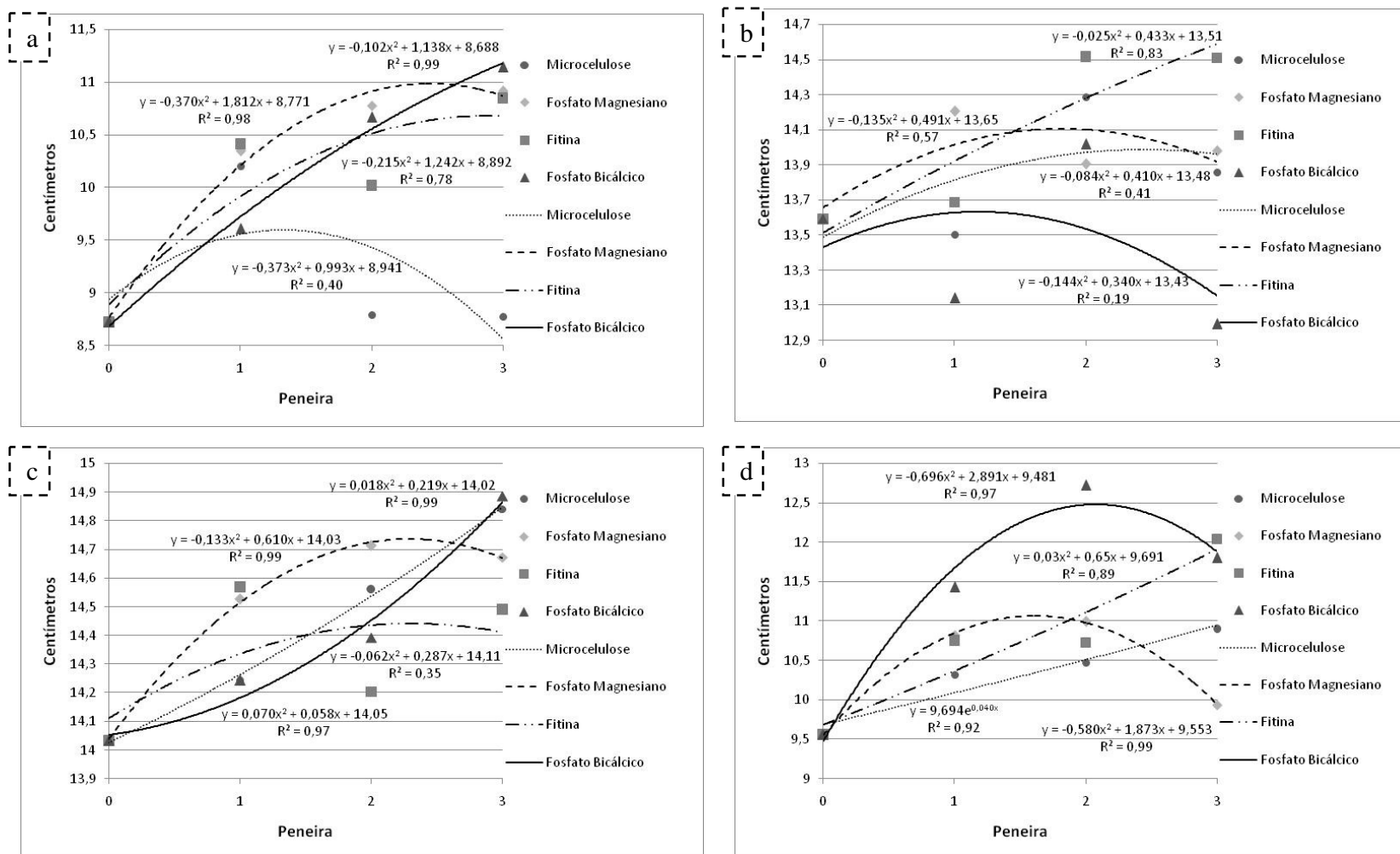


Figura 20 – Comprimento de raízes (cm) de plântulas originadas de sementes peletizadas de milho, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para a formação dos péletes, avaliado no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente)

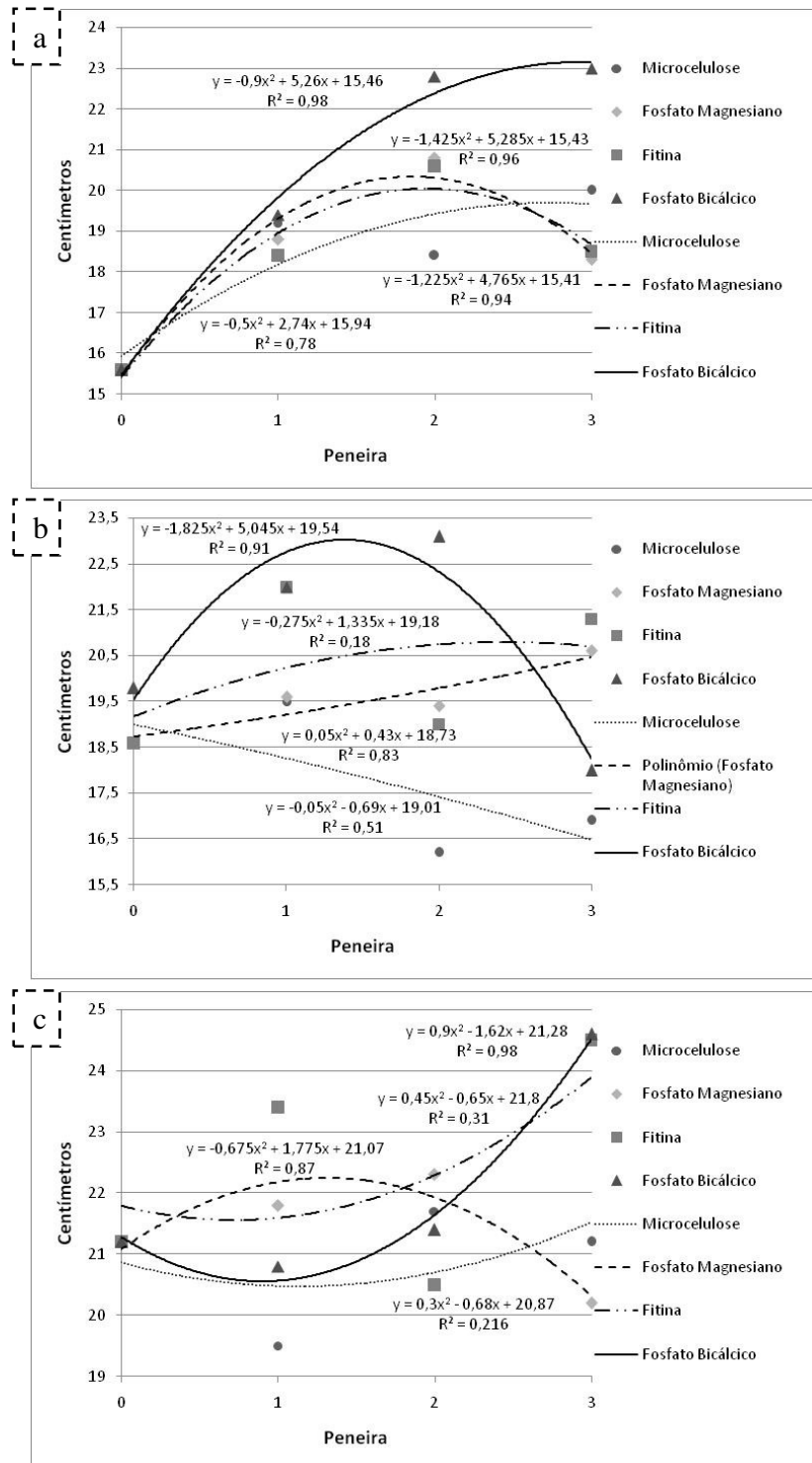


Figura 21 – Comprimento de plântulas (cm) originadas de sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente) cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliado aos 6 meses de armazenamento

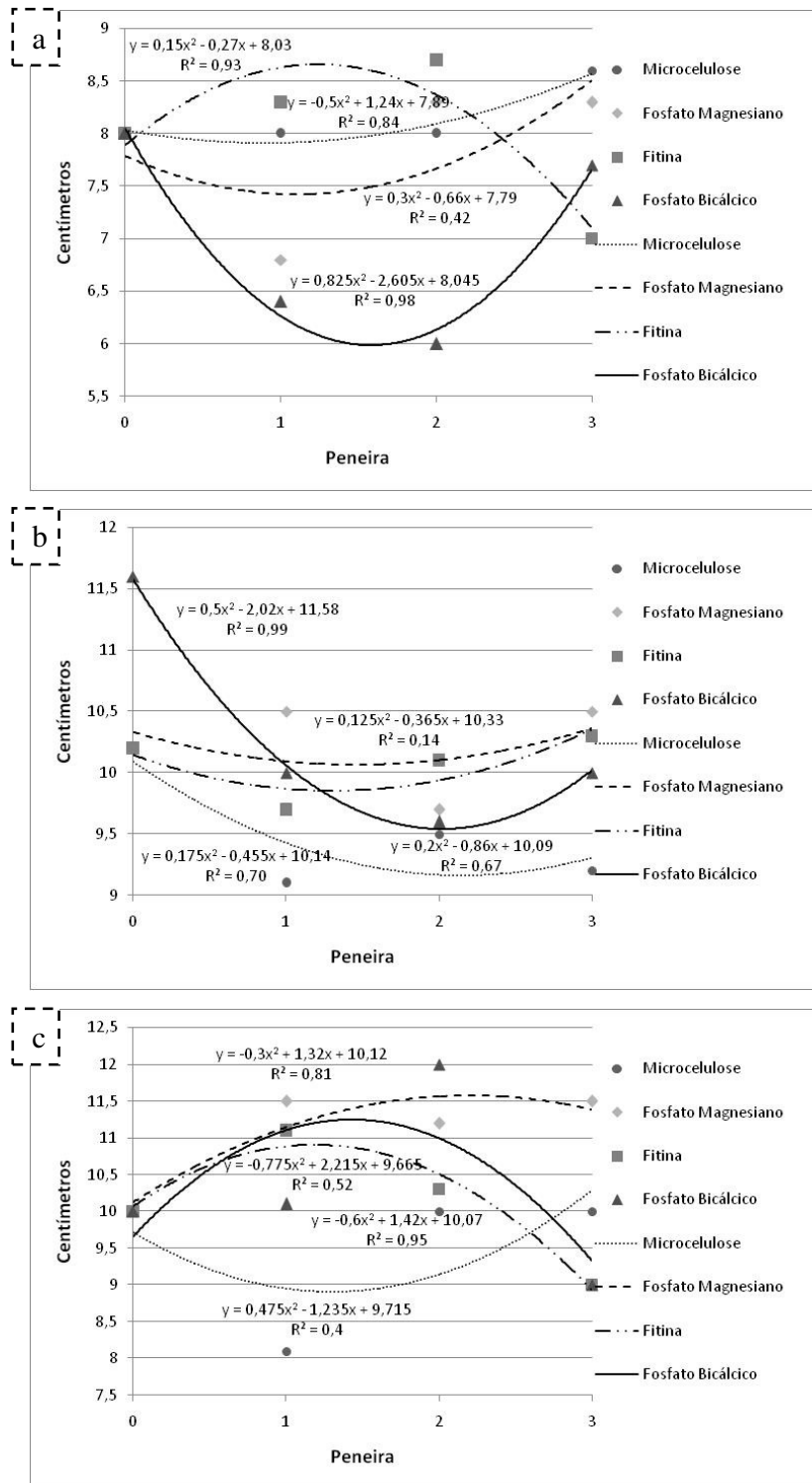


Figura 22 – Comprimento de folhas (cm) de plântulas originadas de sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente) cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes, avaliado aos 6 meses de armazenamento

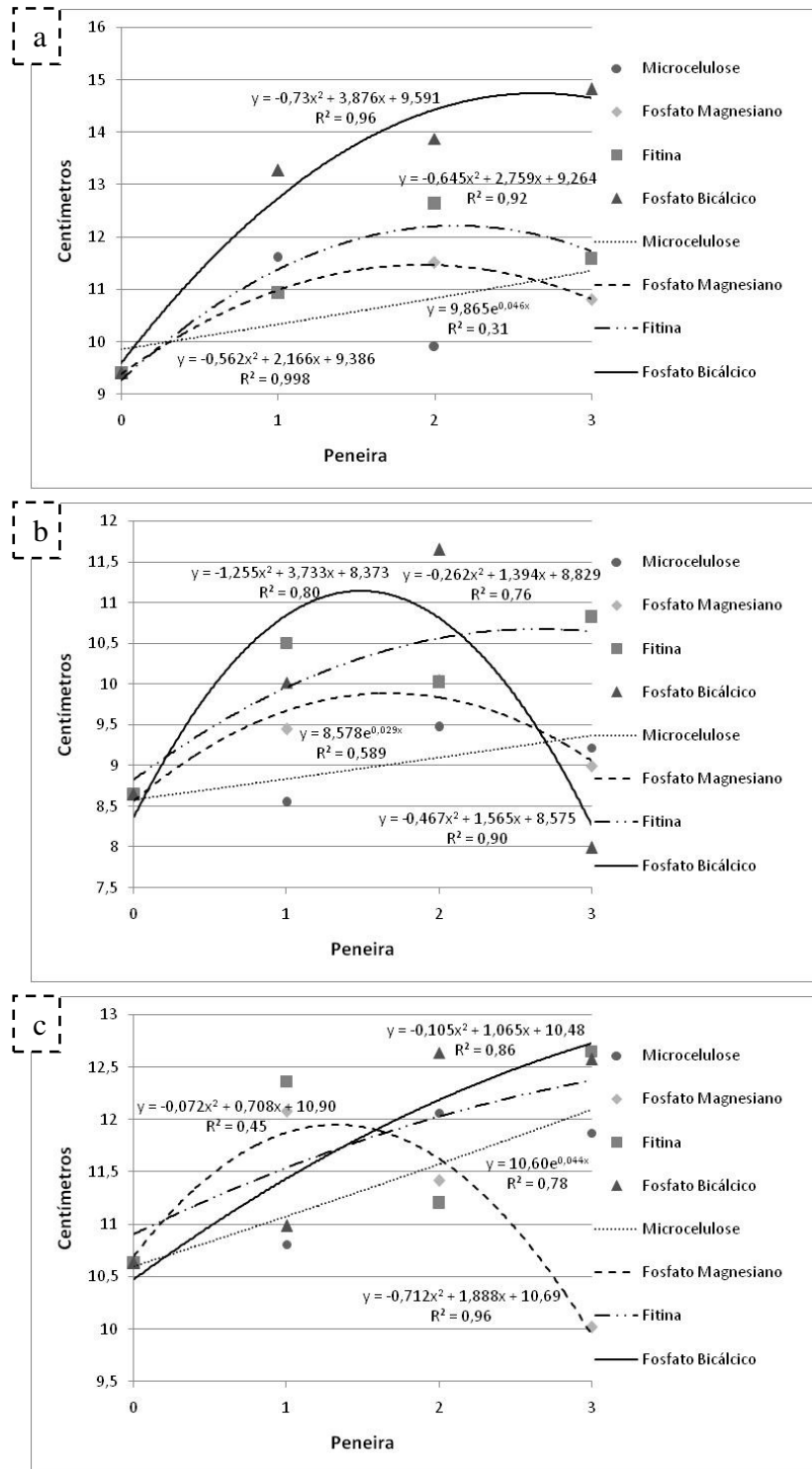


Figura 23 – Comprimento de raízes (cm) originadas de sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente) cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos pêletes, avaliado aos 6 meses de armazenamento

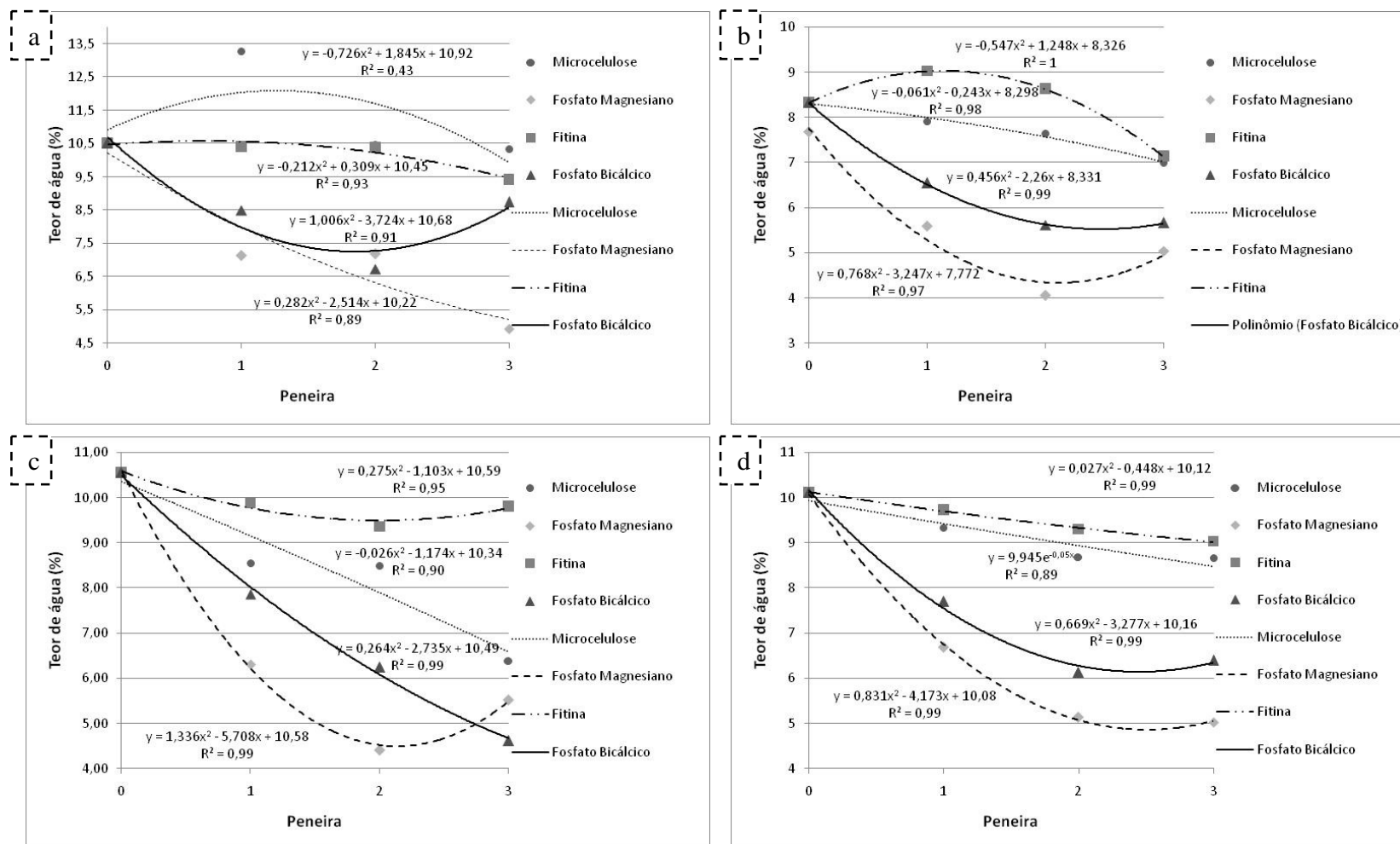


Figura 24 – Porcentagem média de teor de água das sementes pelotizadas de milho, lotes 1, 2 e 3, cultivar BR1501, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos pélotes, avaliada no início e aos 2, 4 e 6 meses de armazenamento (figuras a, b, c e d, respectivamente)

4.2.3.3 Análise em campo

Tabela 21 - Resultado da análise de variância para os testes de matéria seca das folhas, comprimento de parte aérea e produtividade de grãos de milho, cultivar BRS1501, em três estágios de desenvolvimento e após a colheita, respectivamente

	Matéria Seca			Altura			Grãos
	ED1	ED2	ED3	ED1	ED2	ED3	
Lote	ns	**	ns	***	ns	ns	ns
Produto	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Peneira	ns	**	ns	*	ns	*	ns
Solo	ns	ns	ns	**	ns	*	ns
Lote.Solo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Lote.Produto	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Lote.Peneira	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
Solo.Produto	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Solo.Peneira	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Produto.Peneira	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Lote.Solo.Produto	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Lote.Solo.Peneira	ns	**	ns	**	ns	***	ns
Lote.Produto.Peneira	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Solo.Produto.Peneira	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	26,65	28,58	36,75	19,1	12,34	11,83	38,53

* Significativos: P<0,05*; P<0,01**; P<0,001***; ns=não-significativo (P>0,05).

A análise de variância (tabela 22) mostra que a avaliação de massa de matéria seca das folhas avaliadas em condições de campo foi significativa (P<0,01) apenas no estágio de crescimento caracterizado como “ED2”. Porém, em termos de comprimento da parte aérea, houve significância do fator peneira em “ED1” e “ED3”, o qual também demonstrou significância para o fator produto (P<0,01).

Os resultados referentes à matéria seca em “ED2” mostram que há diferentes respostas aos tratamentos entre as sementes dos lotes e campos de produção. Assim, como observado na figura 25, percebe-se que em solo com alta quantidade de fósforo, as

sementes do lote 1 produziram plântulas com massa de matéria seca superior quando foi adicionado fósforo às sementes, especialmente o termofosfato magnésiano e fosfato bicálcico. Enquanto que, as plântulas originadas das sementes do lote 3 apresentaram resultado significativos apenas aos maiores volumes de termofosfato magnésiano aplicado.

Em condições de deficiência de fósforo nas plantas, de modo geral, o crescimento é reduzido e há o desenvolvimento de coloração roxa nos tecidos, devido à formação de antocianina. O metabolismo dos carboidratos nas folhas é diminuído, afetando a atividade das raízes, as quais têm a condutividade hidráulica reduzida, captando menos água e, por fim, afetando a expansão e a divisão celular (Marschner, 1995).

Apesar da solubilidade restrita do termofosfato magnésiano (16 em ácido cítrico 2%) há em torno de 10% de silicato em sua constituição, o qual reage com o alumínio e, assim, reduz sua atividade, causando a menor fixação do fósforo no solo. Segundo Hingston et al. (1972), após o efeito corretivo do solo, há a formação do H_4SiO_4 , o qual passa para H_3SiO_4 , que atrai os óxidos de ferro e alumínio da fração coloidal do solo, o que impede ou dificulta a adsorção do íon fosfato nos óxidos, tornando o nutriente mais disponível para as plantas.

O aumento da matéria seca da parte aérea com o uso do termofosfato magnésiano pode estar ligado tanto aos benefícios do fósforo disponível, quanto aos benefícios do uso do silício contido no termofosfato. De acordo com Agarie et al. (1998) o silício pode estar envolvido no aumento de produção de matéria seca da parte aérea por promover maior capacidade fotossintética pelo melhor arranjo das folhas, tornando-as mais eretas.

Já, em solo com baixa disponibilidade de fósforo (figura 26), há novamente, uma resposta singular de cada lote aos produtos empregados. Sendo que, no lote 1, as duas maiores especificações de largura do crivo de peneiras utilizadas para a aplicação de fitina e fosfato bicálcico foram as que propiciaram maior incremento de massa seca em “ED2”. Enquanto que, para as sementes do lote 2, a segunda maior especificação de largura do crivo de peneira utilizada para a aplicação de termofosfato magnésiano e a fitina propiciaram um incremento superior a 0,1g de matéria seca por planta em relação à testemunha, a qual têm quase que a totalidade de sua variação explicada pelo coeficiente de determinação de 0,93 para a fitina.

Ao trabalharem com o recobrimento de sementes de *Phalaris aguatica* L. e de *Medicago sativa* L. com fósforo, Scott e Blair (1988) observaram que tratamentos com fosfato monocálcico causaram incremento na altura das plantas aos 27 dias após emergência da plântula, tão elevados quanto os tratamentos com adubação prévia do solo ou na linha de semeadura. No entanto, causaram redução na emergência da plântula em campo e, assim como Ros et al (2000), salientaram a importância de descobrir meios para proteger as sementes de fontes altamente solúveis de fósforo aplicadas no recobrimento.

Similarmente, Rebařka et al. (1993) avaliaram o crescimento inicial e a absorção de fósforo pela plântula e a produtividade das plantas de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). O trabalho envolveu diversas peneiras (0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0mg P por semente) e tipos de fontes de fósforo (superfosfato simples, fosfato de amônia desidrogenado; fosfato monocálcico, fosfato de sódio desidrogenado e trifosfato de sódio). Concluíram que a emergência da plântula foi reduzida para a maioria dos tratamentos em que foram aplicados os menores volumes de materiais de enchimento de pélete, porém o efeito mais favorável para o crescimento das plantas e conteúdo de fósforo foi com o recobrimento das sementes com fosfato de amônia desidrogenado, em função do efeito positivo do amônio na absorção do fósforo. Comparadas com a testemunha, a matéria seca das plantas subsequentes teve aumento de 280%, o conteúdo de fósforo por planta de 330%, a biomassa total na maturidade em 30% e a produção de sementes em 45%.

As avaliações de matéria seca em “ED2” enfatizam os resultados obtidos com as avaliações fisiológicas em laboratório. Especialmente, quanto ao maior volume de fosfato bicálcico aplicado ao lote 2, o qual causou nítida fitotoxicidade por liberação de resíduos nocivos às plantas originadas, observadas tanto em solo com baixa quanto com alta quantidade de fósforo no solo.

No entanto, os resultados referentes à produtividade de grãos não apresentaram significância em nenhum fator do experimento. Esse resultado pode ser atribuído à desuniformidade de maturação dos grãos, principalmente, das gramíneas forrageiras tropicais em campo, a qual segundo Favoretto e Toledo (1975) e Souza (2001), ocorre devido ao longo período de emissão das inflorescências e à desuniformidade de floração.

Estudando sementes de aveia peletizadas com fontes de fósforo semeadas em áreas com baixa concentração de fósforo no solo, Peltonen-Sainio et al. (2006) observaram que houve incremento da produção de matéria seca, da taxa e duração de crescimento das plântulas, mas sem influência na produção de grãos por parcela.

4.2.3.4 Análise de fósforo

Por meio da análise de fósforo no tecido vegetal das plântulas e plantas de milho, é possível indagar a real influência deste macronutriente no incremento de produção de matéria seca no desenvolvimento inicial da plântula do milho, tanto em laboratório, como em campo.

Pelos resultados da tabela 22, referentes à análise de variância da avaliação de fósforo total em plântulas, plantas e sementes de milho, é possível verificar que houve significância dos resultados para o fator lote para a análise das sementes e plântulas, tanto em folhas como em raízes, além de significância da largura do crivo das peneiras utilizadas para aplicação de produtos contendo fósforo e o respectivo acúmulo do macronutriente nas raízes. No estágio de planta (ED2), houve significância para o fator produto.

Tabela 22 - Resultado da análise de variância para a avaliação de fósforo total em folhas e raízes de plântulas com 7 dias após instalação do teste de germinação à 25°C (7DAG), folhas de plantas 14 dias após emergência (ED2) originadas de sementes de milho, lotes 1,2 e 3, do cultivar BRS1501

	Sementes	Folhas 7DAG	Raízes 7DAG	Folhas ED2
Lote	***	***	*	Ns
Produto	-	ns	ns	*
Peneira	-	ns	**	Ns
Lote.Produto	-	*	ns	Ns
Lote.Peneira	-	ns	*	Ns
Produto.Peneira	-	ns	ns	*
Lote.Produto.Peneira	-	*	ns	Ns
CV (%)	2,65	13,06	27,82	10,1

* Significativos: P<0,05*; P<0,01**; P<0,001***; ns=não-significativo (P>0,05)

Segundo Braz et al (2004), o máximo de acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas de milho ocorreu entre 52 e 55 dias após a germinação, relatando o valor de 36 kg/ha de fósforo. Sendo que após este período, há migração do nutriente para os grãos. Esses pesquisadores concluíram que dentre as culturas forrageiras estudadas, o milho foi a gramínea que apresentou a maior quantidade de acúmulo de nutrientes em menor período de tempo.

Ao observar a quantidade total de fósforo (g) por quilograma de matéria seca em folhas de plântulas de milho aos 7 dias após germinação (figura 27), percebe-se o elevado aproveitamento e capacidade de translocação de fósforo advindo da aplicação de fosfato bicálcico, observado em todos os lotes. Sendo ainda que, em relação ao fósforo na matéria seca das raízes do lote 1 (figura 28), o qual possui os menores níveis de fósforo nas reservas da semente (figura 36), houve incremento nos teores de fósforo para todos os tratamentos aplicados. Enquanto que, a mesma resposta não foi observada nas raízes dos demais lotes, com exceção do fosfato bicálcico.

Avaliando tanto a disposição de fósforo, a 5cm das sementes no solo ou via recobrimento das mesmas, Silcock e Smith (1982) constataram incremento significativo na taxa de crescimento de gramíneas tropicais em solos ácidos, principalmente com fontes ortofosfatadas, permitindo a adição 2mg de fósforo por semente, dependendo da umidade do solo.

A figura 29 mostra que o acúmulo de fósforo nas folhas aos 14 dias após a emergência da plântula (ED2) teve uma amplitude de 2 a 10 gramas de fósforo por quilograma de massa seca para quase a totalidade dos tratamentos com fósforo para as sementes dos lotes 1 e 3, além de reforçar a assimilação de fósforo a partir do fosfato bicálcico aplicado em sementes de todos os lotes.

Estes resultados permitem afirmar que apesar das plântulas não apresentarem assimilação e translocação do fósforo advindo do termofosfato magnésico e da fitina para as folhas no estágio inicial de crescimento, há a translocação e o aproveitamento do nutriente nas folhas até os 14 dias após a emergência da plântula, que corresponde ao estágio “ED2” da planta.

Esta observação é ainda embasada pelos resultados de fosfatase ácida, os quais indicaram que, entre todos os tratamentos e lotes, há a mesma atividade de fosfatase ácida

nas folhas de plântulas aos 4 e aos 7 dias após germinação. Porém, a atividade de fosfatase ácida em raízes (figuras 30 à 35) divergiu entre tratamentos, constatando-se que houve maior intensidade aos 4 dias após germinação, a qual indica que as raízes das plântulas de milho necessitam de fósforo logo nos estágios iniciais de desenvolvimento.

É ainda possível observar que os tratamentos envolvendo a testemunha, como alguns com microcelulose e, em alguns casos, as menores especificações da largura do crivo de peneiras utilizadas para a aplicação dos demais produtos, apresentaram atividade de fosfatase ácida nas raízes das plântulas já aos 4 dias após o início do teste de germinação. Com base nesse resultado e nas demais avaliações, há indícios significativos de que as raízes absorvem o fósforo aplicado ao pélete das sementes assim que começam a se expandir e crescer em contato com o produto contendo fósforo, havendo disponibilidade do nutriente para o metabolismo inicial do vegetal.

Houve nas raízes, ainda, diferenças na atividade de fosfatase ácida entre os tratamentos aos 7 dias após o início da germinação, porém com menor intensidade em relação aos 4 dias. Assim, as sementes dos lotes 1 e 2 apresentaram atividade enzimática nas plântulas advindas de sementes nuas (sem peletização), indicando que as plântulas metabolizaram o fósforo aplicado via peletização das sementes e, assim, apresentaram menos estresses nutricionais.

Trabalhando com diagnose nutricional em gramíneas forrageiras, Rossi e Monteiro (1999) constataram que, os capins braquiária e colonião mostraram relação inversa entre a produção da parte aérea e a atividade da fosfatase ácida nas folhas novas, nas épocas de coleta estudadas.

Tanto nas avaliações de crescimento de plântulas em laboratório, como para a produção de matéria seca vegetal em campo e da fosfatase ácida ou acúmulo de fósforo no tecido vegetal das plantas produzidas pelas sementes peletizadas com produtos contendo fósforo do lote 2, as respostas são inferiores em relação aos demais tratamentos. Este resultado pode ser explicado pela relação entre o nível de mitocôndrios e o potencial fisiológico das sementes, cuja deficiência em sementes com menos vigor, afeta significativamente a síntese de proteínas e ácidos nucleicos que, por sua vez, interferem diretamente na produção do trifosfato de adenosina (atp) e, assim, nos processos vitais da semente (McDonald, 1999). Deste modo, em sementes de lotes menos vigorosos, como no

caso do lote 2 (tabela 20), por mais elevada que seja a disponibilidade de fósforo para as plântulas, pouco será o aproveitamento desse nutriente, uma vez que há um menor nível de mitocôndrios no tecido vegetal e, assim, menor capacidade de transformação do nutriente assimilado em atp.

O teor inicial de fósforo das sementes de cada lote de milho (figura 36) fornece discussões similares à de outros autores. Zhu e Smith (2001), por sua vez, concluíram que sementes de trigo com maior teor de fósforo em sua constituição incrementam o crescimento inicial da planta, além de propiciar maior crescimento radicular e subsequentemente, maior absorção de fósforo do solo.

Da mesma forma, percebe-se que para as sementes do lote 3, que tinham teor inicial de fósforo superior (figura 36), foram obtidos os maiores valores em termos de comprimento inicial de folhas em laboratório e produção de matéria seca, além de nítida superioridade fisiológica e reduzida atividade de fosfatase ácida em raízes aos 4 e 7 dias após germinação, em relação às sementes dos demais lotes (figuras 30 à 35).

Por outro lado, pode-se inferir as respostas singulares de crescimento plântulas em laboratório (tabela 19 e figuras 21 a 23) e desenvolvimento em campo (figuras 25 e 26) das plântulas originadas das sementes do lote 1 ao potencial fisiológico, o qual é superior ao das sementes do lote 2, além do seu teor inicial de fósforo, o qual, apesar de inicialmente baixo, pode ter sido complementado com a aplicação dos produtos fosfatados e, assim, influenciado significativamente o desempenho das plântulas após a germinação da semente e a emergência da plântula.

Segundo Tubaña (2002), o crescimento das plantas, acúmulo de biomassa e absorção de fósforo são todos significativamente correlacionados com o aumento na concentração de fósforo nas sementes de arroz, tanto aos 28 dias após emergência da plântula em vasos ou aos 35 dias em campo. Demonstrando assim que, sementes com teor alto de fósforo podem apresentar maior desempenho em solos com limitação nutricional.

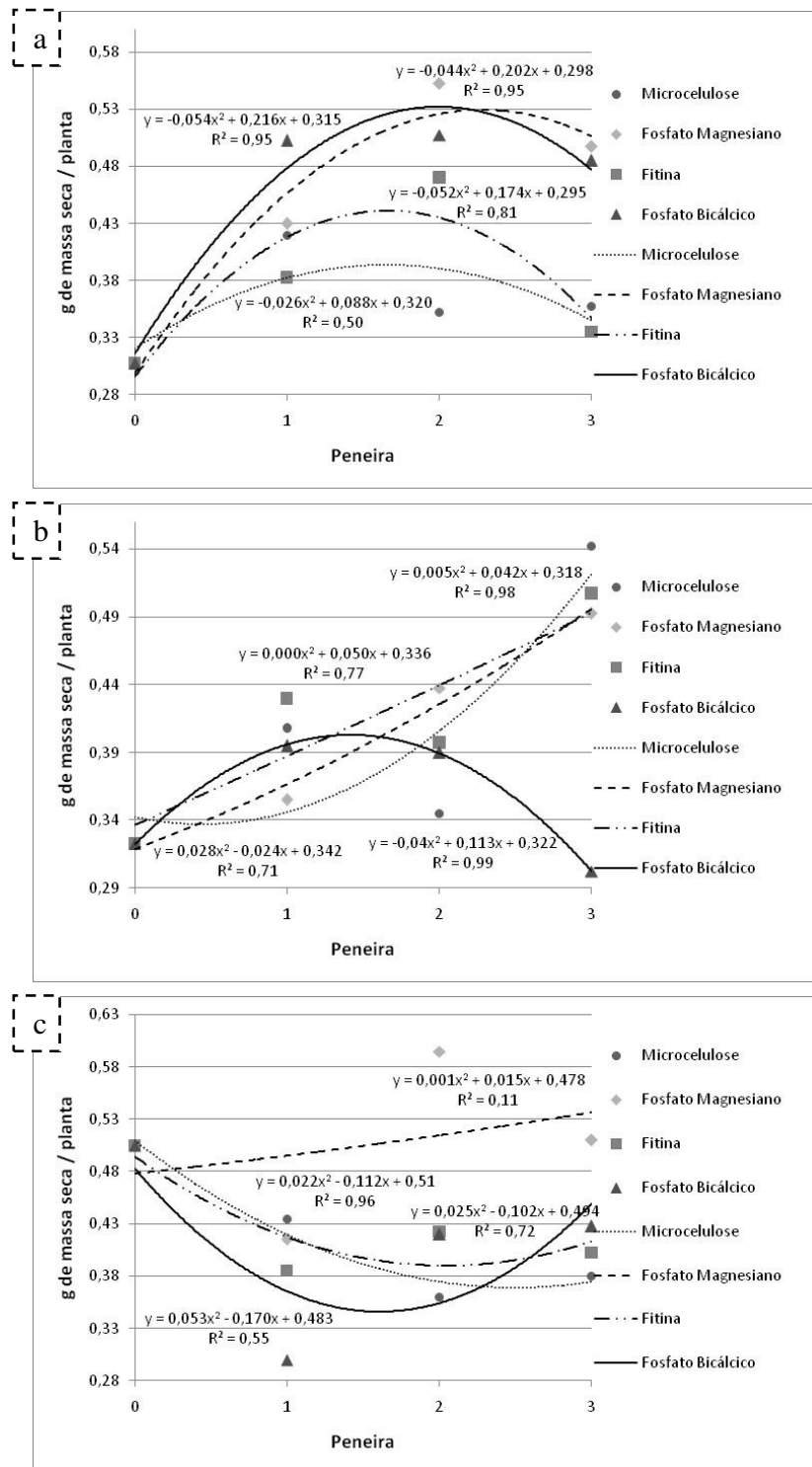


Figura 25 – Massa seca (g) no estágio “ED2” originadas de plantas formadas por sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente), cultivar BR1501, cultivadas no campo com alta quantidade de fósforo no solo, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos pletes

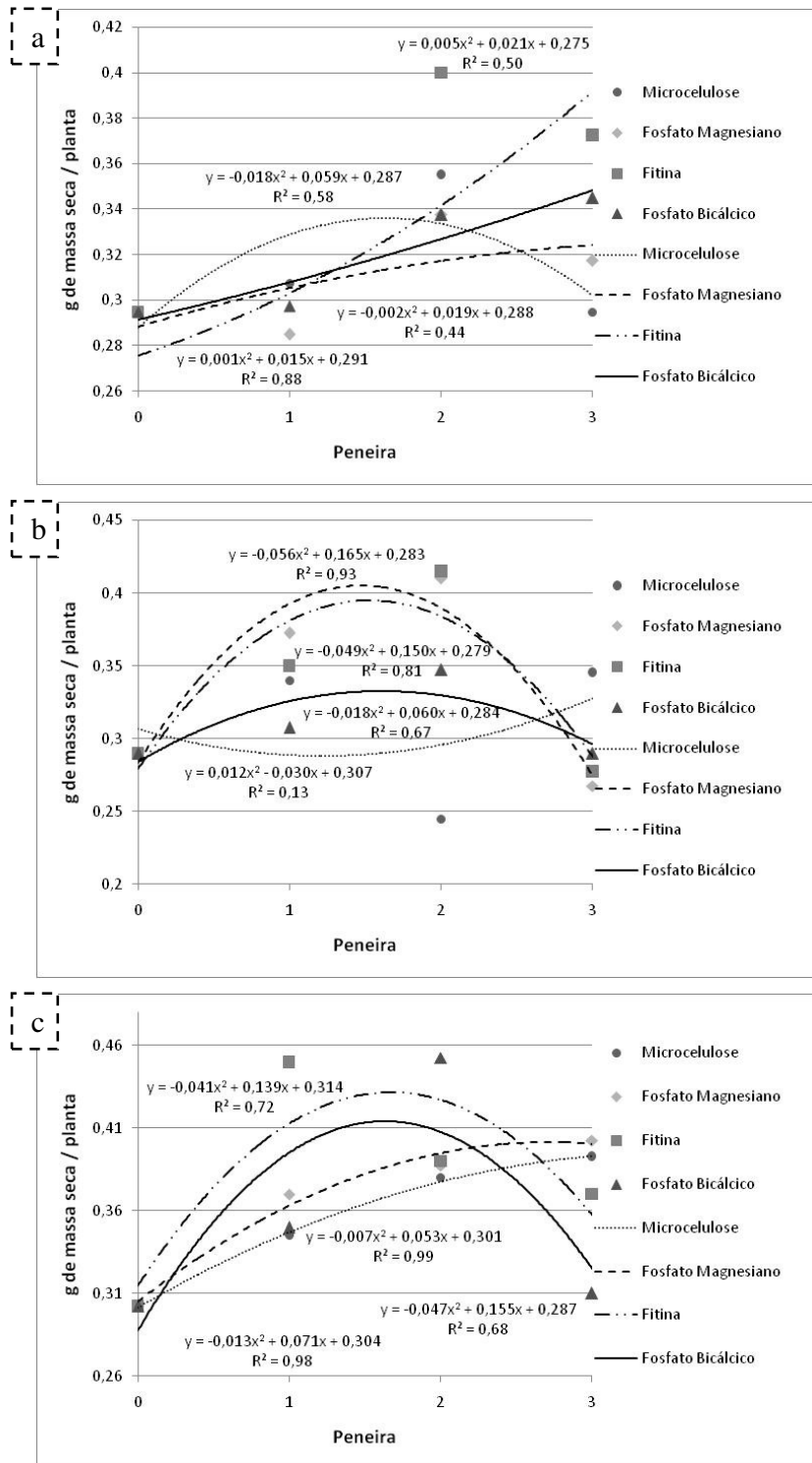


Figura 26 – Massa seca (g) no estágio “ED2” originadas de plantas formadas por sementes peletizadas de milho, lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente), cultivar BR1501, cultivadas no campo com baixa quantidade de fósforo no solo, em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes

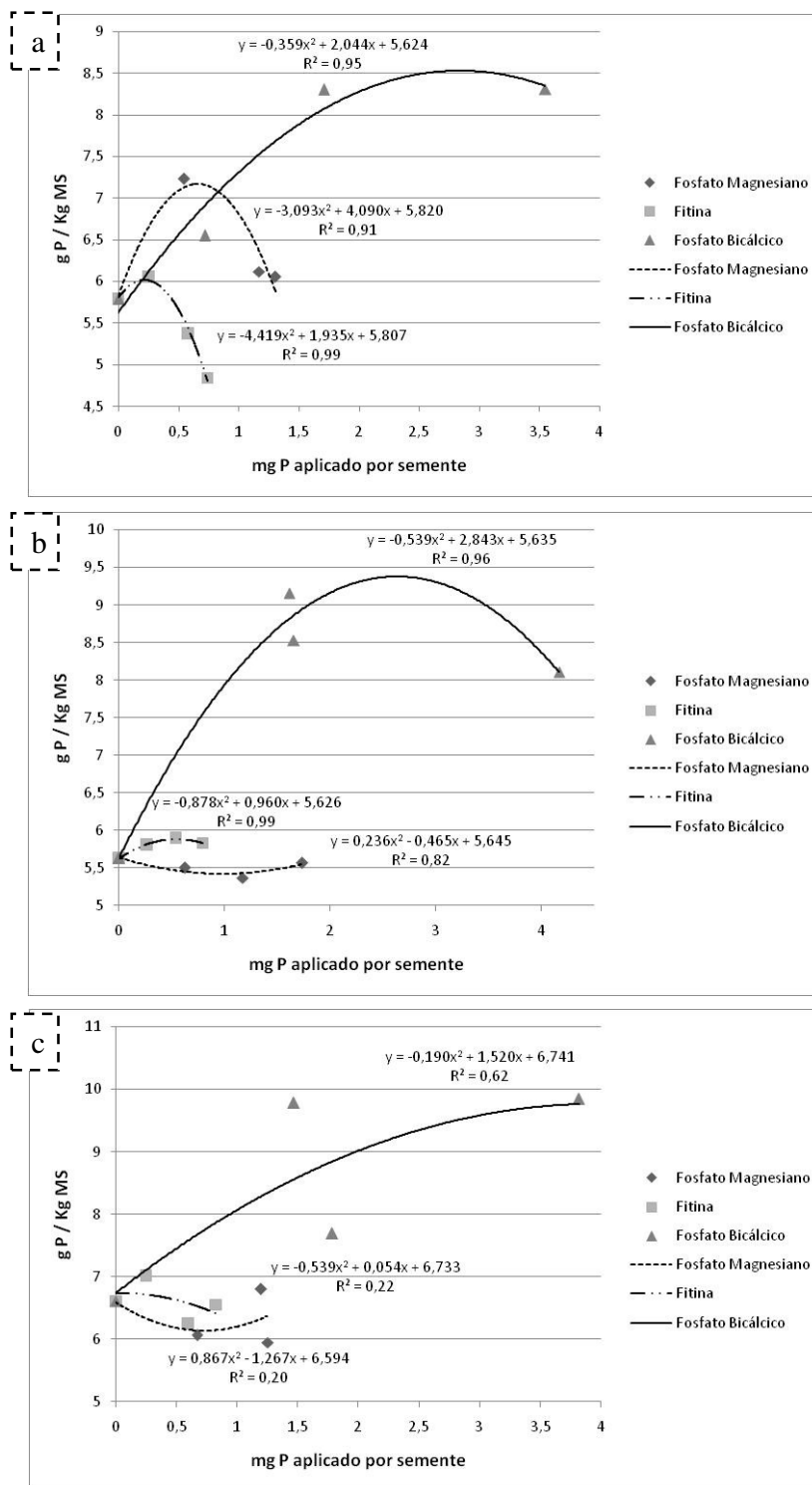


Figura 27 – Gramas de fósforo por quilograma de massa seca de folhas de plântulas aos 7 dias após início do teste de germinação à 25°C, conforme a quantidade de fósforo (g/kg de matéria seca) aplicado em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes de sementes de milho do cultivar BR1501, observadas nos lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente)

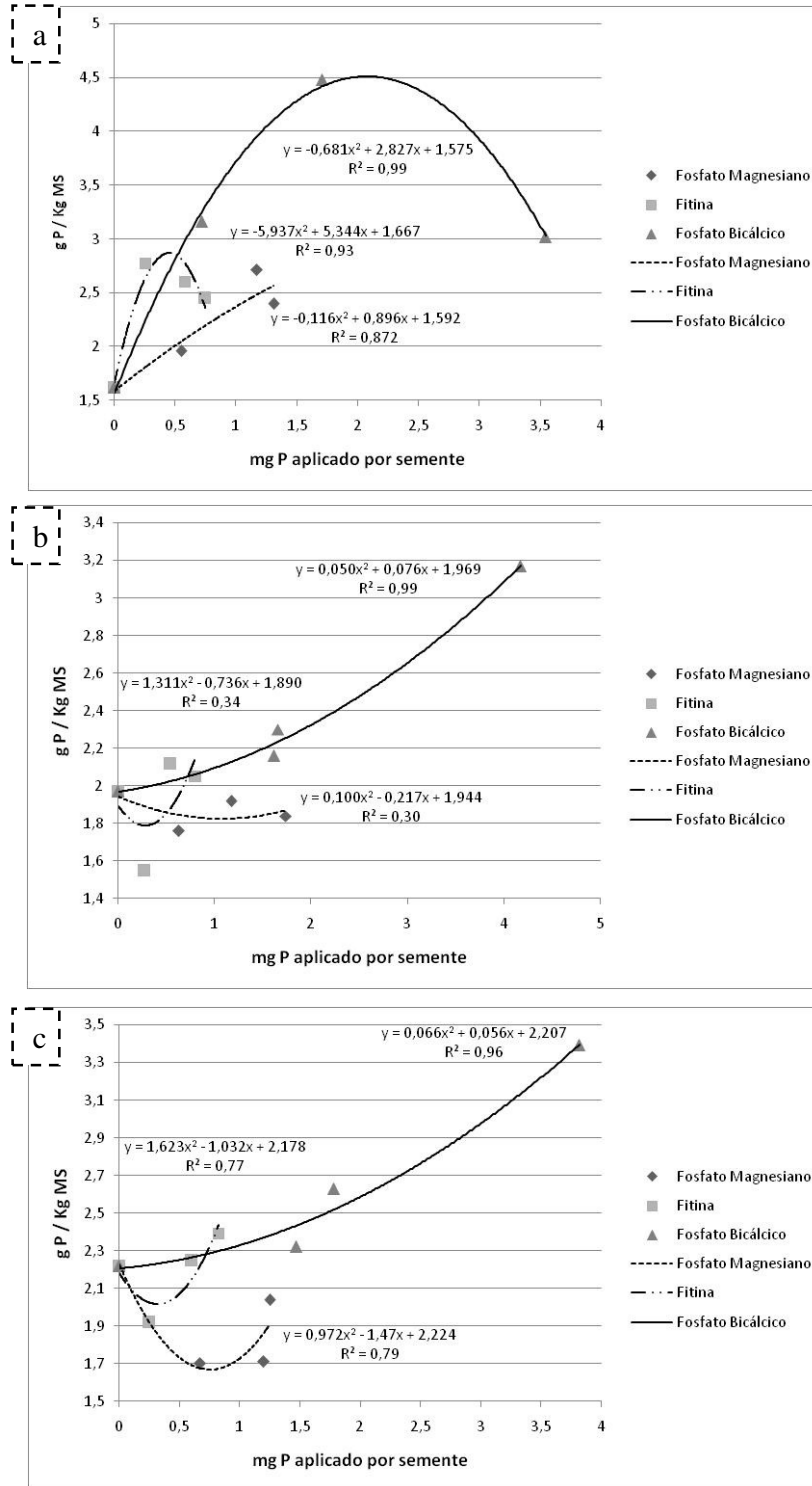


Figura 28 – Gramas de fósforo por quilograma de massa seca de raízes de plântulas aos 7 dias após início do teste de germinação à 25°C, conforme a quantidade de fósforo (g/kg de matéria seca) aplicado em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes de sementes de milho do cultivar BR1501, observadas nos lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente)

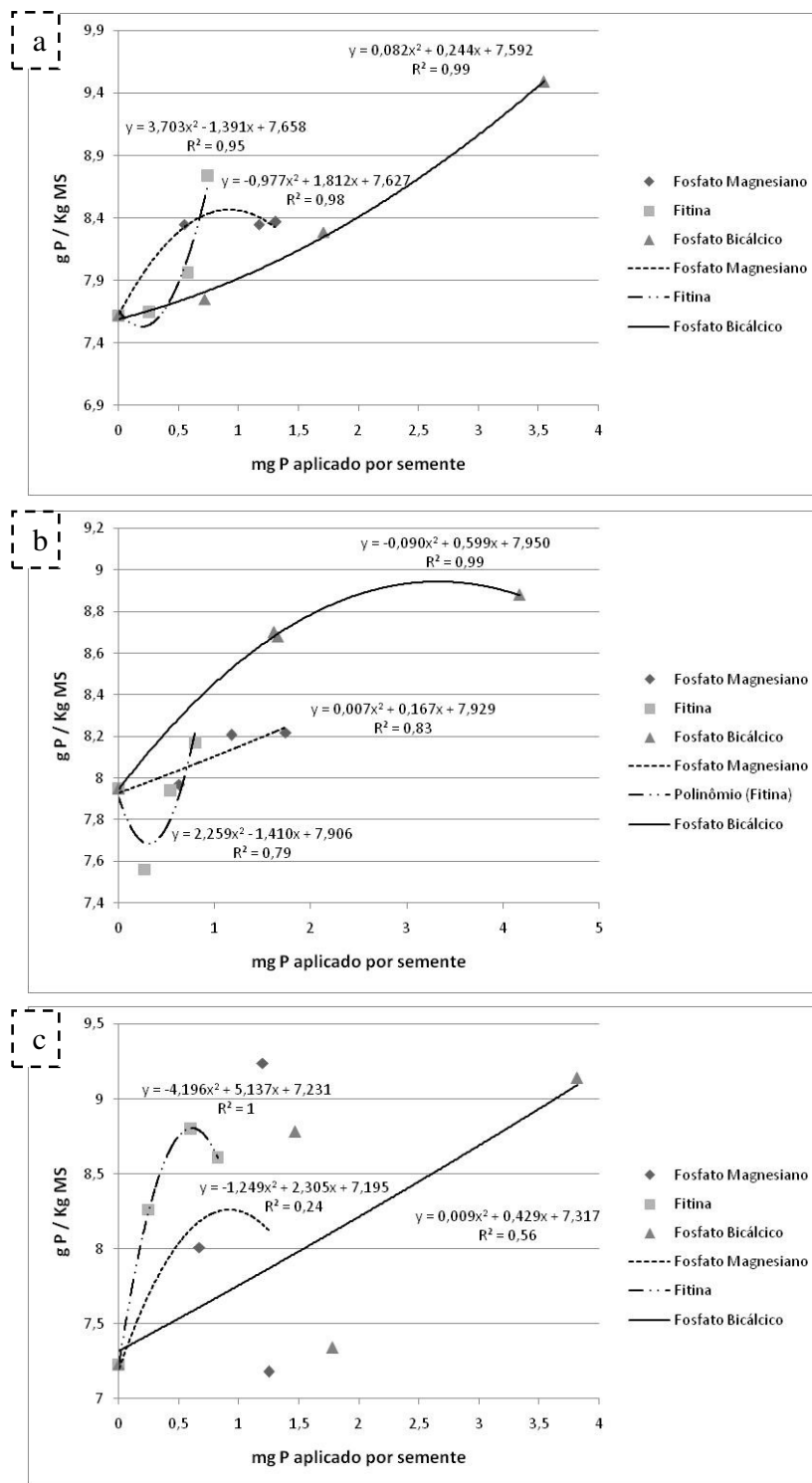
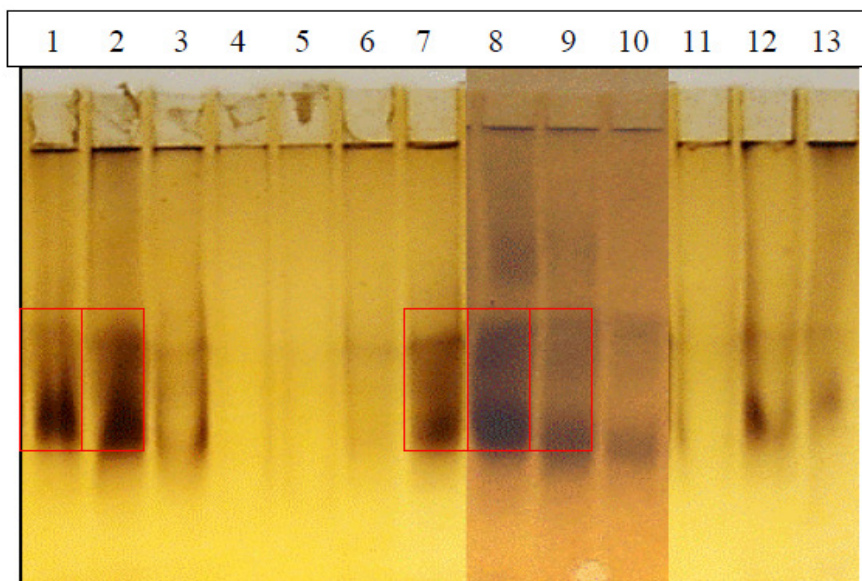
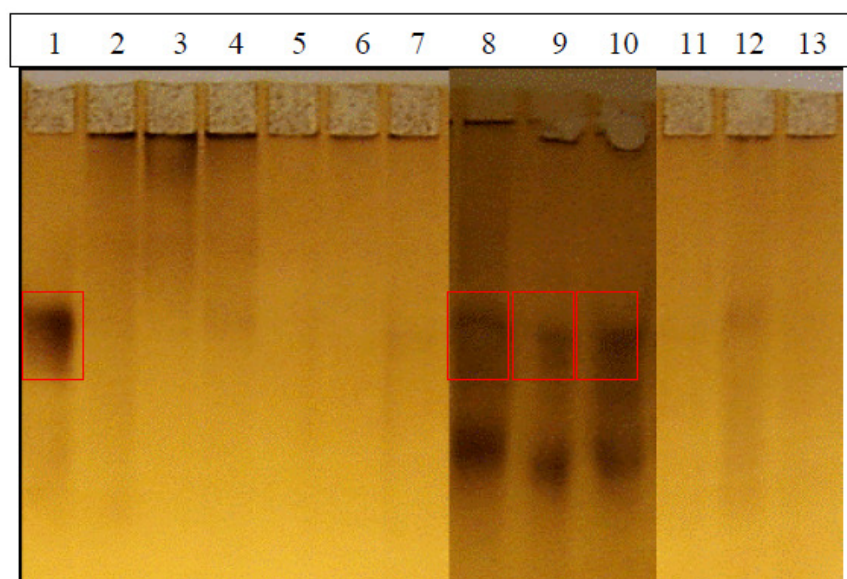


Figura 29 – Gramas de fósforo por quilograma de massa seca de folhas de plantas aos 14 dias após emergência (ED2), conforme a quantidade de fósforo (g/kg de matéria seca) aplicado em função dos produtos e das peneiras utilizados para formação dos péletes de sementes de milho do cultivar BR1501, observadas nos lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente)



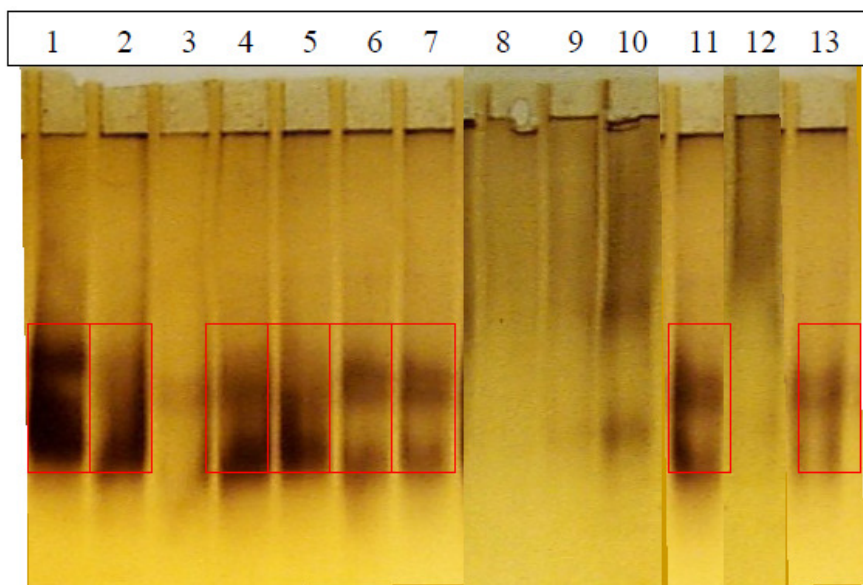
* A área marcada em vermelho demonstra a atividade de fosfatase ácida no tratamento indicado acima.

Figura 30 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 1, cultivar BR1501, após 4 dias sob crescimento em câmara à 25°C



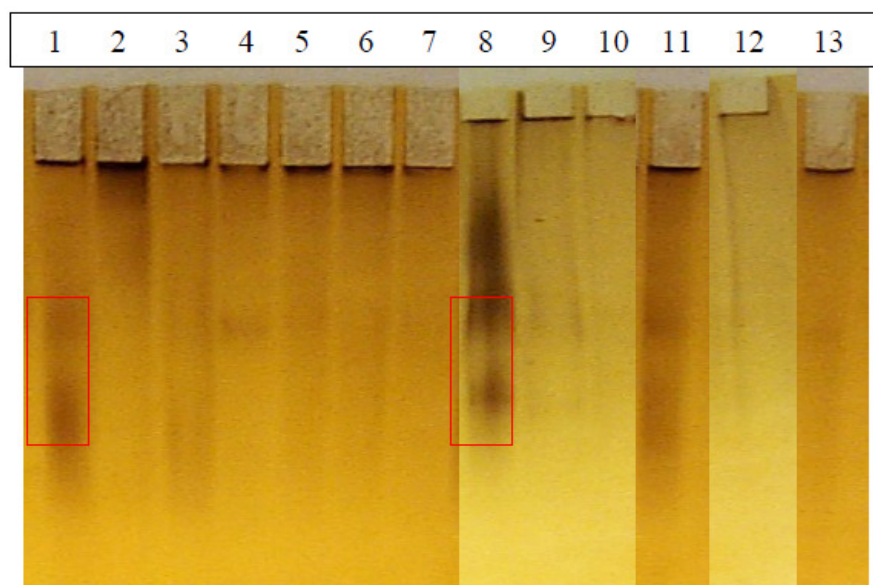
* A área marcada em vermelho demonstra a atividade de fosfatase ácida no tratamento indicado acima.

Figura 31 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 1, cultivar BR1501, após 7 dias sob crescimento em câmara à 25°C



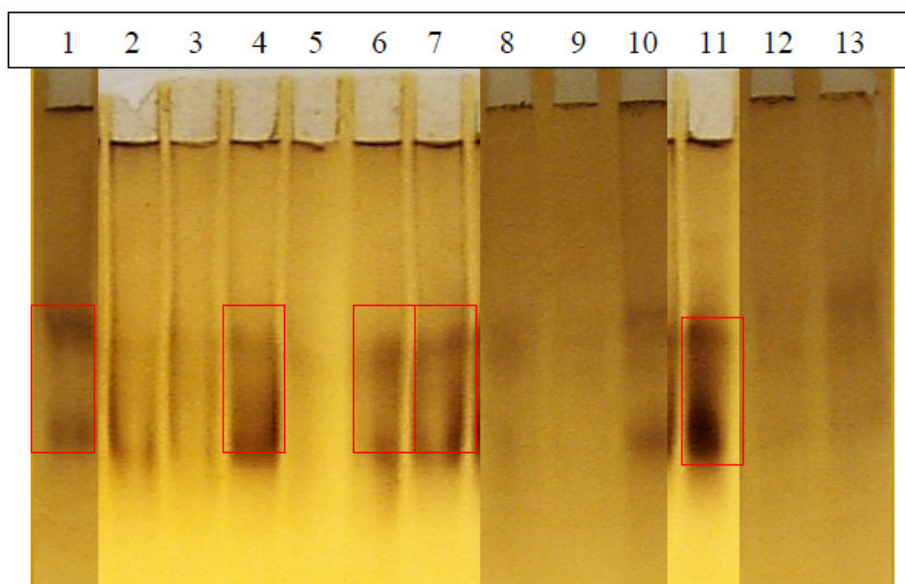
* A área marcada em vermelho demonstra a atividade de fosfatase ácida no tratamento indicado acima.

Figura 32 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 2, cultivar BR1501, após 4 dias sob crescimento em câmara à 25°C



* A área marcada em vermelho demonstra a atividade de fosfatase ácida no tratamento indicado acima.

Figura 33 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 2, cultivar BR1501, após 7 dias sob crescimento em câmara à 25°C



* A área marcada em vermelho demonstra a atividade de fosfatase ácida no tratamento indicado acima.

Figura 34 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 3, cultivar BR1501, após 4 dias sob crescimento em câmara à 25°C

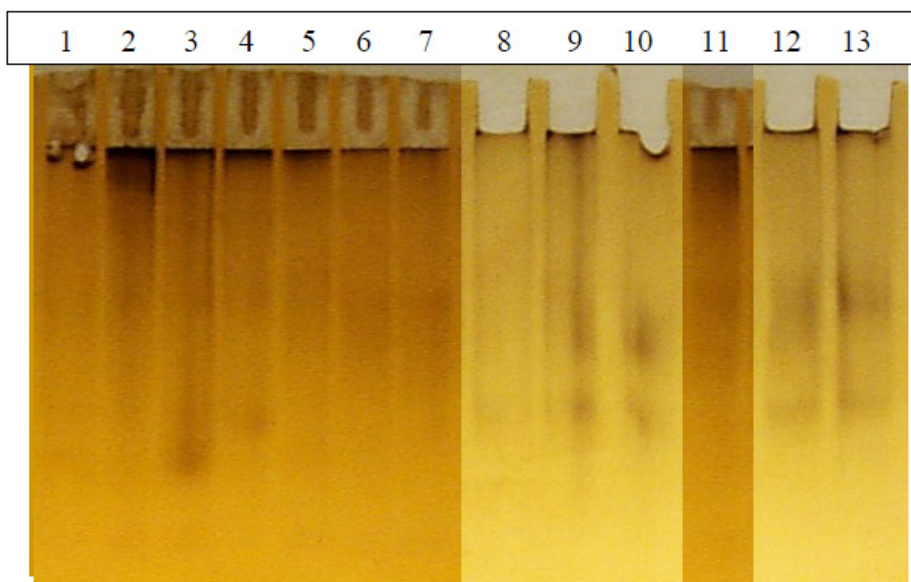


Figura 35 – Fosfatase ácida de raiz primária de plântulas formadas por sementes peletizadas de milho, lote 3, cultivar BR1501, após 4 dias sob crescimento em câmara à 25°C

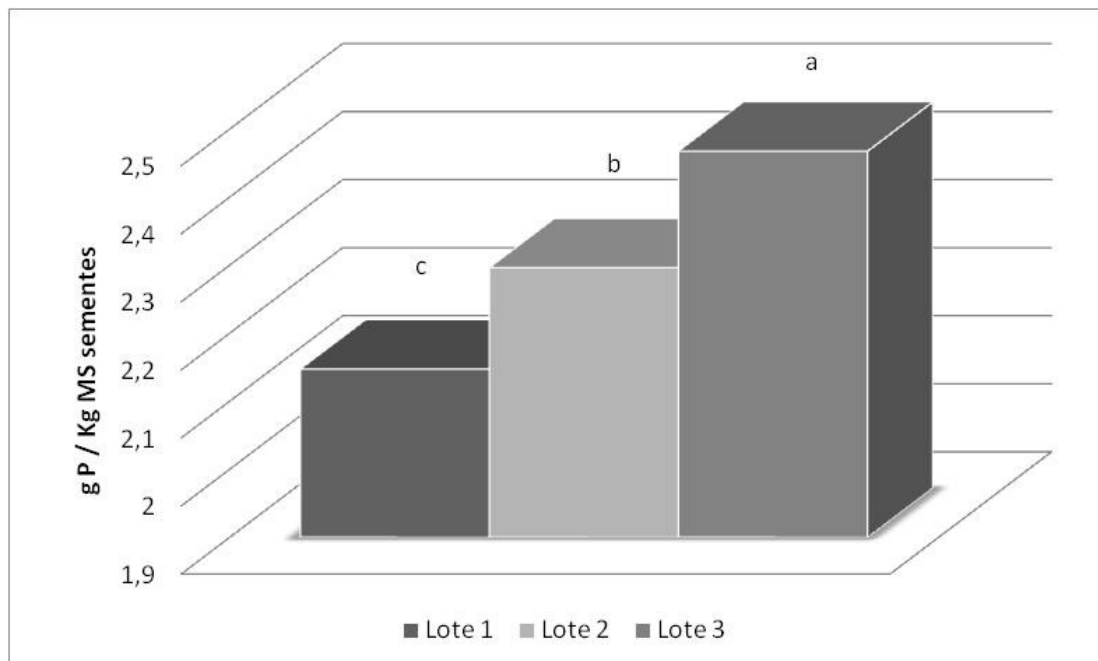


Figura 36 – Gramas de fósforo por quilograma de massa seca de sementes de milho do cultivar BR1501, observadas nos lotes 1, 2 e 3 (a, b e c, respectivamente), comparadas segundo o teste de Tukey à 5% de probabilidade

4.3 Conclusão

O fosfato bicálcico, a fitina e o termofosfato magnesiano são eficientes em disponibilizar fósforo para o estágio inicial de crescimento das plântulas e plantas de milho por meio do recobrimento de sementes e, assim, favorecer o desenvolvimento e a produção de matéria seca no estágio “ED2” (14 dias após emergência da plântula).

A aplicação de fosfato bicálcico no recobrimento das sementes de milho afeta o desempenho fisiológico das plântulas originadas, assim como o potencial de armazenamento a partir de dois meses.

Referências

- ABDULRABMANI, B.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; VALIZADEH, M.; FEIZI ASL, V. Seed priming and seedling establishment of barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal Of Food, Agriculture & Enviroment**, Helsinki, v.5, n.3/4, p.179-184, 2007
- AGARIE, S.; UCHIDA, H.; AGATA, W.citar todos et al. Effects of silicon on transpiration and leaf conductance in rice plants (*Oryza sativa* L.). **Plant Production Science**, Tokyo, v.1, p.89-95, 1998.
- AGUILERA, L.A.; MELO, P.T.B.S.; MAIA, M.S.; VILLELA, F.A. Testes para avaliação da qualidade fisiológica de Sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n 2, p.108-112, 2002.
- BAHRY, C. ; CASAROLI, D.; MUNIZ, M.F.B.; GARCIA, D.C.; MENEZES, N.L.; ZANATA, Z.C. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária de sementes de milho. **Revista da FZVA**, Uruguiana, v.14, n.1, p. 25-35, 2007.
- BAUDET, L; PESKE, F. Aumentando o desempenho das sementes. **Revista SEED News**, Pelotas, v. 9, n.5, p. 22-24, 2007.
- BESFORD, R.T. Nutrient imbalances in tomato plants and acid phosphatase activity in the leaves. **Journal of the Science, Food and Agriculture**, Oxford, v. 30, p. 275-280, 1979.
- BIELESKI, R.L. Phosphate pools, phosphate transport, and phosphorus availability. **Annual Review of Plant Physiology**, Auckland, v. 24, p. 225-252, 1973
- BIOLESKI, R.L.; FERGUSON, I.B. Physiology and metabolism of phosphate and its compounds. In: PIRSON, A.; ZIMMERMAN, M. H. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology**. Berlin: Springer Verlag, 1983. v. 15, p. 422-449.
- BRASIL. **Regras para análises de sementes**. Brasília, p.183-186, 1992.
- BRAZ, A.J.B.P.; SILVEIRA, P.M.; KLIEMANN, H. . ZIMMERMANN, J.P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.34, n.2, p.83-87, 2004.
- BUTLER, G.W.; JONES, D.I.H. Mineral Biochemistry of herbage. BUTLER, G.W. ;BAILEY, R.W. (Ed.). **Chemistry and biochemistry of herbage**. London: Academic Press, 1973. p. 127-162.
- COMMON, R.H. The phytic acid content of some poultry feeding stuffs. **The Analyst**, London, v. 65, n. 767, p. 79-82, 1940.
- DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, P.C.; SANTOS, F.G. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 65p. (Circular Técnica, 28).

FARIA, C.M.B.; PEREIRA, J.R. Movimento de fósforo no solo e seu modo de aplicação no tomateiro rasteiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n.12, p.1363-1370, dez. 1993.

FAVORETTO, V.; TOLEDO, F.F. Determinação da época mais adequada para a colheita de sementes de capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.4, n.3, p.39-59, 1975.

GERICKE, S.; KURMIES, B. Die colorimetrische phosphorsaurebestimmung mit ammoniumvanat-molybdat und ihre anwendung in der pflanzen-analyse. **Z. Pflanzenernahr., Dung. Und Bodenk.**, v. 59, 235-247, 1952.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J. SHEPPARD, S.C. The importance of early season phosphorus nutrition. **Western Canada/Great Plains**, Brandon, v.85, n.2, p.18-23, 2001.

HINGSTON, F.J.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.23, p.177- 192, 1972.

KER, J. C. Mineralogia, sorção e desorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos no Brasil. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 181p. (Tese de Doutorado)

LABOSKI, C. A. M.; LAMB, J. A. Changes in soil test phosphorus concentration after application of manure or fertilizer. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 67:544-554, 2003

LARSEN, S.; GUNARY, D. The determination of labile soil phosphate as influenced by the time of application of labeled phosphate. **Plant and Soil**, Springer, v. 20, p. 135-142, 1964.

MAGALHÃES, P.C., FERREIRA, D.M.N.; VASCONCELOS, C.A., AZEVEDO, J.T.;BORBA, C.S. Efeito da peletização na germinação e desenvolvimento de cultivares de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 20-25, 1994

MALONE, G.; ZIMMER, P.D.; CASTRO, M.A.S.; CARVALHO, I.; MENEGHELLO, G.E.; PESKE, S.T. Identificação do estágio adequado para realização de análises isoenzimáticas na caracterização de cultivares de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.28, n.2, p.193-200, 2006.

MALONE, G.; ZIMMER, P.D.; MENEGHELLO, G.E.; CASTRO, M.A.S.; PESKE, S.T. Expressão diferencial de isoenzimas durante o processo de germinação de sementes de arroz em grandes profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.29, n.1, p.61-67, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARTINEZ, H.G.P.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (STAPF) Prain, *Brachiaria humidicula* (RENDLE) schweickerdt, *Digitaria decumbens* stent, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minu – tiflora* Paul de Beauv, *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum purpureum*. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.37, p.913-977, 1980.

MCDONALD, M.B. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.27, n.1, p.177-237, 1999.

MUKHERJI, B. DEY, A.K. PAUL, S.M. SIRCAR. Changes in Phosphorus Fractions and Phytase Activity of Rice Seeds during Germination. **Physiologia Plantarum**, Oxford, v.25, p.94, 1971.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D. e FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1 – 2.24,

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.

PARFITT, R. L. Anion adsorption by soils and soil materials. **Adv. Agron.**, 30:1-50, 1978

PAYNE, W.A.; LASCANO, R.J.; HOSSNER, L.R.; WENDT, C.W.; ONKEN, A.B. Pearl millet growth as affected by phosphorus and water. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, p.942-948, 1991.

PELTONEN-SAINIO, P.; KONTTURIA, M.; PELTONENB, J. Phosphorus seed coating enhancement on early growth and yield components in oat. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, p.206-211, 2006

PEREIRA FILHO, I.A.; FERREIRA, A.S.; COELHO, A.M.; CASELA, A.R.; KARAM, D.; RODRIGUES, G.A.S.; CRUZ, J.C.; WAQUIL, J.M. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 65p. (Circular Técnica, 29).

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: s.ed., 1985. 289p.

RAIJ, B. VAN; ROSAND, P. C.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil – apreciação geral, conclusões e recomendações. In: OLIVEIRA, A. J. LOURENÇO, S.; GOEDERT, W. J., Eds. Adubação fosfatada no Brasil, Brasília, Embrapa, 1982, p. 9-28

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. p. 181-202.

REBAFKA, F.P.; BATIONO A.; MARSCHNER H.; Phosphorus seed coating increases phosphorus uptake, early growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) **Journal Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 35, n. 3, p. 151-160, 1993.

- ROS, C; BELL, R.W.; WHITE, P.F.; Phosphorus seed coating and soaking for improving seedling growth of *Oryza sativa* (rice) cv. IR66. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.28, p. 391-401, 2000.
- ROSSI, C.; MONTEIRO, F.A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colômbio. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 56, n.4, p. 1101-1110, 1999.
- SALINAS, J.G.; SANCHEZ, P.A. Soil – plant relationships affecting varietal and species difference in tolerance to low available soil phosphorus. **Ciência e Cultura**, Campinas, v. 28, n.2, p. 156-168, 1976.
- SCANDÁLIOS, J.G. Genetic control of multiple molecular forms of enzymes in plants: a review. **Biochemical Genetics**, New York, v.3, n.1, p.37-79, 1969.
- SCOTT, J.M.; Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.42, p. 43 – 83, 1989
- SCOTT, J.M.; BLAIR, G.J. Phosphorus Seed Coatings for Pasture Species. II* Comparison of Effectiveness of Phosphorus Applied as Seed Coatings, Drilled or Broadcast, in Promoting Early Growth of *Phalaris (Phalaris aquatica L.)* and Lucerne (*Medicago sativa L.*). *Part I, **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 39, p. 437-445, 1988.
- SILCOCK, R.G.; SMITH, F.T.; Seed coating and localized application of phosphate for improving seedling growth of grasses on acid, sandy red earths. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 33, p. 785-802, 1982.
- SILVA, J.E. da. **Parâmetros produtivos e atividade de fosfatase ácida em três gramíneas forrageiras cultivadas com níveis de fósforo**. 1996. 83p. Dissertação – (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.
- SORATTO, R.P.; LIMA, E.V.; MAUAD, M.; BOAS, R.L.V.; NAKAGAWA, J. Millet seeds mixed with phosphate fertilizers. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.573-579, 2003.
- SOUZA, F.H.D. **Produção de sementes de gramíneas forrageiras tropicais**. São Carlos, Embrapa Pecuária Sudeste. 2001. 43p. (Documentos, 30)
- STAUFFER, M.D.; SULEWSKI, G. Fósforo – essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: POTAFOS, 2004. cap. 1, p 1-11.
- TAYLOR, A.G.; GRABE, D.F.; PAINE, D.H. Moisture content and water activity determination of pelleted and film-coated seeds. **Seed Technology**, Ithaca, v. 19, n.1, p. 24-32, 1997.
- TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. M. G.; ALMEIDA, D. L.; ARAÚJO, A.P.; FRANCO, A. A. Effect of seed phosphorus concentration on nodulation and growth of three common bean cultivars. **J. Plant Nutrition**, 22: 1599-1611, 1999

THOMPSON, B. D.; BELL, R. W.; BOLLAND, M. D. A. Low seed phosphorus concentration depresses early growth and nodulation of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* cv. Gungurru). **J. Plant Nutrition.**, 14:1355-1367, 1991

TRIGO, L.F.N.; PESKE, S.T.; GASTAL, M.F.C.; VAHL, L.C. TRIGO, M.F.O.; Efeito do conteúdo de fósforo na semente de soja sobre o rendimento da planta resultante. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 19, n. 1, p.111-115, 1997.

TUBAÑA, B.S. **Effect of phosphorus in Rice seed, applied phosphate and lime on the growth of Rice (*Oryza sativa* L.) in an acid upland soil.** 2002. 59p. University of the Philippines, Los Baños, 2002.

WERNER, J.C. **Adubação de pastagens.** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (Boletim Técnico, 18).

ZELONKA, L.; STRAMKALE, V.; VIKMANE, M.; Effect and after-effect of Barley seed coating with phosphorous on germination, photosynthetic pigments and grain yield. **Acta Universitatis Lativiensis**, Latvia, v. 691. Biology, p. 111 – 119, 2005.

Y-G. ZHU.; SMITH, S.E. Seed phosphorus (P) content affects growth, and P uptake of wheat plants and their association with arbuscular mycorrhizal (AM) fungi. **Plant and Soil**, Springer, v. 231, p.105–112, 2001.