

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**FONTES E DOSES DE FÓSFORO EM ALHO VERNALIZADO  
LIVRE DE VÍRUS**

**CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Câmpus de  
Botucatu para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Agosto – 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**FONTES E DOSES DE FÓSFORO EM ALHO VERNALIZADO  
LIVRE DE VÍRUS**

**CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON**

**Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Câmpus de  
Botucatu para obtenção do título de  
Doutor em Agronomia (Horticultura)

BOTUCATU – SP

Agosto – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

J17f      Jacon, Camila Paula Rossetto Pescatori, 1975-  
Fontes e doses de fósforo em alho vernalizado livre de vírus / Camila Paula Rossetto Pescatori Jacon. - Botucatu : [s.n.], 2016  
xii, 99 f. : fots. color., grafos., ils., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2016  
Orientador: Dirceu Maximino Fernandes  
Inclui bibliografia

1. Alho - Produtividade. 2. Alho - Qualidade. 3. Adubação fosfatada. 4. Vírus de plantas. I. Fernandes, Dirceu Maximino. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: FONTES E DOSES DE FÓSFORO EM ALHO VERNALIZADO LIVRE DE VÍRUS

**AUTORA: CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON**

**ORIENTADOR: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

Dep. de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

Dep. de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu



Prof. Dr. MARCELO AGENOR PAVAN

Dep. de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônômicas



Profa. Dra. ROSEMARY MARQUES DE ALMEIDA BERTANI

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / APTA - Regional Bauru



Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS

Departamento de Engenharia Agrícola / UNESP - Câmpus Registro/SP

Botucatu, 05 de agosto de 2016

*Aos meus filhos, Caroline e Felipe*

*Por me ensinarem, a cada dia, a amar de  
forma incondicional.*

**DEDICO**

*Ao meu marido André*

*Pelo companheirismo, paciência e amor.*

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, sem Ele nada seria possível.

Aos meus pais pelo exemplo de caráter e honestidade e por todo o apoio.

Aos meus irmãos Gustavo e Ana Letícia, meus cunhados, minha tia Maricília e a toda minha família pela alegria da convivência.

Ao professor Dirceu Maximino Fernandes, pela paciência, confiança, exemplo de dedicação e, sobretudo, pela amizade. Agradeço de coração!

Ao professor Roberto Lyra Villas Bôas, meu grande incentivador. Agradeço pela amizade e parceria.

Ao professor Júlio Nakagawa por todos os ensinamentos que me transmitiu. Muito obrigada!

Ao professor Marcelo A. Pavan por todo o auxílio, pelos ensinamentos e pela parceria na condução dos experimentos.

Ao grupo Genove Agronegócios Ltda.: Henrique, Mauro, Guilherme e, em especial, ao Eng. Agrônomo Isao Imaizumi, pela confiança e por todo o apoio na condução dos experimentos.

Ao amigo Fábio Y. Tanamati pela parceria nas ideias, na instalação e na condução dos experimentos. Agradeço imensamente!

Ao amigo Jader N. Garcia, pelo grande apoio na condução dos experimentos.

Aos ex-estagiários e amigos Charles Y. Watanabe e Sayuri B. H. Noda, que auxiliaram desde o início na condução dos experimentos. Muito obrigada!!

Às estagiárias Aline A. Freitas, Letícia Gasparotto, Lizandra Jorgetto e Camila Chiaranda agradeço o apoio!

Aos amigos que me auxiliaram em diversos momentos: Gleize Leviski, Mayumi Alboléa, Lívia Ribeiro, Silvia Capuani, João Paulo Rigon, Vanessa Soares, muito obrigada!

Aos professores e funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais do Setor de Transporte pelo apoio.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, em especial ao programa de pós-graduação em Agronomia – Horticultura pela oportunidade de realizar o curso de doutorado.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	VIII
LISTA DE TABELAS .....	XII
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Importância da cultura do alho no Brasil .....	6
2.2. A cultura do alho.....	7
2.3. Adubação de alho livre de vírus.....	10
2.3.1 Adubação Fosfatada.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Experimento 1 .....	16
3.1.1. Localização e época de condução .....	16
3.1.2. Caracterização do solo .....	16
3.1.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	16
3.1.4. Instalação e condução do experimento .....	17
3.1.5. Avaliações.....	19
3.1.5.1. Teor de macro e micronutrientes na folha diagnose .....	19
3.1.5.2. Altura das plantas.....	19
3.1.5.3. Massa fresca de bulbos e massa de bulbos após a cura .....	19
3.1.5.4. Classificação de bulbos.....	20
3.1.5.5. Teor e acúmulo de macro e micronutrientes nos bulbos.....	20
3.1.6. Análise estatística.....	20
3.2. Experimento 2 .....	21
3.2.1. Localização e época de condução .....	21
3.2.2. Caracterização do solo .....	21
3.2.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	22
3.2.4. Instalação e condução do experimento .....	22
3.2.5. Avaliações.....	23

3.2.5.1. Teor de macro e micronutrientes na folha diagnose .....	24
3.2.5.2. Teor e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea .....	24
3.2.5.3. Altura das plantas .....	24
3.2.5.4. Número de folhas .....	24
3.2.5.5. Massa fresca de bulbos e massa de bulbos após a cura.....	24
3.2.5.6. Porcentagem de plantas anormais .....	25
3.2.5.7. Classificação de bulbos .....	26
3.2.6. Análise estatística.....	26
3.3. Experimento 3 .....	27
3.3.1. Localização e época de condução .....	27
3.3.2. Caracterização do solo .....	27
3.3.3. Delineamento experimental e tratamentos .....	28
3.3.4. Instalação e condução do experimento .....	28
3.3.5. Avaliações.....	29
3.3.5.1. Teor de macro e micronutrientes na folha diagnose .....	29
3.3.5.2. Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea na diferenciação.....	29
3.3.5.3. Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea na colheita.....	30
3.3.5.4. Altura das plantas .....	30
3.3.5.5. Número de folhas .....	30
3.3.5.6. Massa fresca de bulbos e massa de bulbos após a cura.....	30
3.3.5.7. Classificação de bulbos .....	30
3.3.5.8. Acúmulo de macro e micronutrientes nos bulbos .....	30
3.3.5.9. Exportação de nutrientes pela cultura .....	31
3.3.5.10. Balanço nutricional de N, P e K.....	31
3.3.6. Análise estatística.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	32
4.1. Experimento 1 .....	32
4.1.1. Teor de nutrientes na folha diagnose .....	32
4.1.2. Características de planta, produção e classificação de bulbos.....	36
4.1.3. Teor e acúmulo de nutrientes nos bulbos.....	38
4.1.4. Considerações .....	44
4.2. Experimento 2 .....	44



4.2.1. Teor de nutrientes na folha diagnose .....	44
4.2.2. Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação .....	46
4.2.3. Características de planta, produção e qualidade de bulbos.....	51
4.2.4. Outros aspectos observados durante o ciclo da cultura .....	54
4.2.5. Considerações .....	60
4.3. Experimento 3 .....	60
4.3.1. Teor de nutrientes na folha diagnose .....	60
4.3.2. Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação .....	64
4.3.3. Características de planta, produção e qualidade de bulbos.....	70
4.3.4. Acúmulo e exportação de nutrientes pelas plantas de alho na colheita .....	74
4.3.5. Balanço nutricional de N, P e K.....	84
4.3.6. Considerações .....	85
5. CONCLUSÃO.....	86
6. REFERÊNCIAS .....	87

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização dos experimentos. ....	15
Figura 2. Plantas de alho vernalizado livre de vírus, cultivar Ito, cultivadas sob doses de P em área onde ocorreu chuva na fase de diferenciação, apresentando sintoma de superbrotamento. (a) Planta inteira (100 DAP) apresentando diversas folhas novas na parte central do pseudocaule; (b) Planta sem as folhas, com os bulbilhos brotados. Santa Juliana-MG, 2014.....	25
Figura 3. Defeitos apresentados por plantas de alho vernalizado livre de vírus, cultivar Ito, cultivadas sob doses de P, em área onde ocorreu chuva na fase de diferenciação. (a) “Macaquinho”: bulbo unido lateralmente a outro bulbo, proveniente do plantio de bulbilhos duplos, isto é, dois bulbilhos dentro de uma mesma película; (b) e (c) Bulbos de alho apresentando aberturas na casca, possivelmente ocasionadas por infecção por bactérias. Santa Juliana - MG, 2014.....	26
Figura 4. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%. ....	33
Figura 5. Teores de Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%. ....	34
Figura 6. Altura das plantas de alho (cm) nas fases de diferenciação (a) e colheita (b) em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). ....	36
Figura 7. Massa de bulbos de alho na colheita (a) e após a cura (b) em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%. ....	37
Figura 8. Porcentagem de bulbos por classe (Ministério da Agricultura - Portaria nº 242 de 17 de setembro de 1992) em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano).....	38
Figura 9. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos bulbos de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%. ....	40
Figura 10. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos bulbos de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%. ....	41

Figura 11. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S nos bulbos de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%. .....	42
Figura 12. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos bulbos de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%. .....	43
Figura 13. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose de alho vernalizado livre de vírus em função de doses de P.....	45
Figura 14. Teores de Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de alho de alho vernalizado livre de vírus em função de doses de P.....	46
Figura 15. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação em função de doses de P. ....	47
Figura 16. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação em função de doses de P. ....	48
Figura 17. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação em função de doses de P. ....	49
Figura 18. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação em função de doses de P. ....	50
Figura 19. Altura das plantas de alho (cm) nas fases de diferenciação (a) e colheita (b) em função de doses de P.....	51
Figura 20. Número de folhas verdes na fase de diferenciação (a) e colheita (b) em função de doses de P. ....	52
Figura 21. Massa de bulbos de alho na colheita (a) e após a cura (b) em função de doses de P.....	53
Figura 22. Média pluviométrica histórica (1961 a 2016). Fonte: BDMEP/INMET .....	55
Figura 23. Índice pluviométrico do período de condução do experimento no ano de 2014, referente a estação meteorológica localizada em Araxá - MG. Fonte: BDMEP/INMET ...	55
Figura 24. Efeito do P na incidência de superbrotamento das plantas de alho observado no momento da colheita.....	56
Figura 25. Porcentagem de plantas normais, superbrotadas e com outros defeitos em função de doses de P.....	57
Figura 26. Porcentagem de plantas superbrotadas em função de doses de P. ....	57

Figura 27. Porcentagem de bulbos por classe* em função de doses de P. (*Ministério da Agricultura - Portaria nº 242 de 17 de setembro de 1992) .....	59
Figura 28. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose de alho vernalizado livre de vírus em função de doses de P.....	61
Figura 29. Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de alho vernalizado livre de vírus em função de doses de P.....	62
Figura 30. Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na fase de diferenciação em função de doses de P. ....	66
Figura 31. Teores de Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na fase de diferenciação em função de doses de P. ....	67
Figura 32. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na fase de diferenciação em função de doses de P. ....	68
Figura 33. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na fase de diferenciação em função de doses de P. ....	69
Figura 34. Altura das plantas de alho (cm) nas fases de diferenciação (a) e colheita (b) em função de doses de P.....	71
Figura 35. Número de folhas verdes na fase de diferenciação (a) e colheita (b) em função de doses de P. ....	71
Figura 36. Massa de bulbos de alho na colheita (a) e após a cura (b) em função de doses de P.....	72
Figura 37. Porcentagem de bulbos por classe* em função de doses de P (*Ministério da Agricultura - Portaria nº 242 de 17 de setembro de 1992). ....	73
Figura 38. Porcentagem de bulbos nas classes 6 e 7* em função de doses de P (*Ministério da Agricultura - Portaria nº 242 de 17 de setembro de 1992). ....	74
Figura 39. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P. ....	75
Figura 40. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P. ....	76
Figura 41. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S nos bulbos de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P. ....	77
Figura 42. Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos bulbos de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P. ....	78

Figura 43. Porcentual de exportação de N, P, K, Ca, Mg e S pela parte aérea e bulbo de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P..... 82

Figura 44. Porcentual de exportação de B, Cu, Fe, Mn e Zn pela parte aérea e bulbo alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P..... 83

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Resultado da análise química inicial do solo proveniente de Santa Juliana – MG – experimento 1 - 2013.....	16
Tabela 2. Resultado da análise química do solo coletado na fase de diferenciação - experimento 1 - 2013.....	17
Tabela 3. Resultado da análise química do solo coletado na colheita - experimento 1 - 2013.....	17
Tabela 4. Resultado de análise física: composição granulométrica e textura do solo proveniente de Santa Juliana – MG - experimento 1 - 2013.....	17
Tabela 5. Caracterização do composto orgânico utilizado no plantio.....	18
Tabela 6. Classificação de bulbos de alho segundo o maior diâmetro transversal.....	20
Tabela 7. Resultado da análise química inicial do solo proveniente de Santa Juliana – MG – experimento 2 – 2014.....	21
Tabela 8. Resultado da análise química do solo coletado na fase de diferenciação - experimento 2 - 2014.....	21
Tabela 9. Resultado da análise química do solo coletado na colheita - experimento 2 - 2014.....	22
Tabela 10. Resultado de análise física: composição granulométrica e textura do solo proveniente de Santa Juliana – MG - experimento 2 - 2014.....	22
Tabela 11. Resultado da análise química inicial do solo proveniente de Santa Juliana – MG - experimento 3 – 2015.....	27
Tabela 12. Resultado da análise química do solo coletado na fase de diferenciação - experimento 3 - 2015.....	27
Tabela 13. Resultado da análise química do solo coletado na colheita - experimento 3 - 2015.....	28
Tabela 14. Exportação de nutrientes por plantas de alho vernalizado livre de vírus cultivado sob doses de P, considerando-se uma população de 350.000 plantas ha <sup>-1</sup> . .....	80

## RESUMO

A utilização de plantas livres de vírus, associada a outras tecnologias, pode proporcionar maior produtividade no cultivo de alho vernalizado. No entanto, essas plantas apresentam comportamento produtivo distinto das plantas infectadas, tornando necessária a adequação das técnicas de manejo empregadas na cultura até então. Estudos sobre a nutrição das plantas de alho livres de vírus ainda não são conclusivos. Visando alcançar alta produtividade, e considerando as características dos solos tropicais, os adubos fosfatados têm sido utilizados em altas doses. Então, o presente trabalho teve o objetivo de verificar o efeito da adubação fosfatada no cultivo de alho vernalizado livre de vírus. Para tanto foram conduzidos três experimentos em anos subsequentes, em área de produção, na região de Santa Juliana – MG. No primeiro experimento foram avaliadas duas fontes (100% superfosfato simples: SS e 50% superfosfato simples + 50% termofosfato: SS+T) e 5 doses de fósforo (0, 100, 200, 300, 400 mg dm<sup>-3</sup>) em 4 repetições. Observou-se que houve pouca influência das fontes de fósforo utilizadas nos resultados e que as maiores doses de P utilizadas ocasionaram redução na produção e qualidade dos bulbos. No experimento 2 foram avaliadas 5 doses de P (0, 70, 140, 210, 180 e 350 mg dm<sup>-3</sup>) em 4 repetições, utilizando-se a fonte SS+T. Verificou-se que, da mesma forma que no primeiro experimento, nas doses mais elevadas de P ocorreu redução da produção. Devido

a uma chuva ocorrida na fase de diferenciação, ocorreu o superbrotamento, verificando-se aumento da incidência de plantas com essa anomalia com a elevação das doses de P. O terceiro experimento foi conduzido avaliando-se 5 doses de P (0, 50, 100, 150, 200 e 250 mg dm<sup>-3</sup>) em 4 repetições e também foi verificada redução na produção na dose mais elevada de P. A dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> de P, utilizando-se a fonte superfosfato simples + termofosfato, em solo com alto teor inicial de fósforo, proporcionou maior produção e porcentagem de bulbos nas classes mais valorizadas.

**Palavras-chave:** *Allium sativum*, adubação fosfatada, superfosfato simples, termofosfato, nutrição de plantas, produtividade; classificação de bulbos; superbrotamento.



PHOSPHORUS SOURCES AND DOSES IN VERNALIZED VIRUS-FREE GARLIC. Botucatu, 2016. 99 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CAMILA PAULA ROSSETTO PESCATORI JACON

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

## SUMMARY

The use of virus-free garlic plants, associated with other technologies can increased productivity in vernalized garlic growing. However, these plants have different productive behavior from the infected plants, requiring the adequacy of management techniques used for the culture until then. Studies on virus-free garlic plants nutrition of are not conclusive. In order to achieve high productivity and considering the characteristics of tropical soil, phosphate fertilizers have been used in high doses. So, this study aimed to verify the effect of phosphate fertilization on vernalized virus-free garlic growing. Therefore three experiments were carried out in subsequent years in growing field, in the Santa Juliana - MG. In the first experiment were evaluated two sources (SS and SS + T) and 5 doses of phosphorus (0, 100, 200, 300, 400 mg dm<sup>-3</sup>) in 4 replications. It was observed that the results were little influenced by the P sources and that higher doses of P applied occasioned reduction in yield and quality of the bulbs. In experiment 2 were evaluated five doses of P (0, 70, 140, 210, 180 and 350 mg dm<sup>-3</sup>) in 4 replicates using SS+T. It was found that, as in the first experiment, at the higher doses of P, there was a decrease of production. Due to a rain occurred in the differentiation stage, there was incidence of secondary bulb growth and it was verified that plants with this anomaly increased with P doses rising. The third experiment was carried out evaluating five levels of P (0, 50, 100, 150, 200 and 250 mg dm<sup>-3</sup>) in 4 replicates and it was also verified that there was a decrease in production at the highest dose. The use of 200 mg dm<sup>-3</sup> of P, with the source superphosphate + thermophosphate, in soil with high phosphorus initial level, provided higher yield and percentage of bulbs in more valued classes.

**Keywords:** *Allium sativum*, phosphate fertilization, superphosphate, thermophosphate, plant nutrition, productivity; bulbs classification; secondary bulb growth.

## 1. INTRODUÇÃO

O alho é uma hortaliça consumida mundialmente. Devido a seu aroma e sabor característicos tem grande uso na culinária. Também é reconhecido devido às suas propriedades medicinais.

A produção mundial no ano de 2013 foi de aproximadamente 24,5 milhões de toneladas. A China, maior produtor e exportador mundial, foi responsável por 78 % dessa produção, com uma produtividade de 24,5 t ha<sup>-1</sup> (AGRIANUAL, 2016).

No Brasil, a produção de alho não é suficiente para atender a demanda. O Brasil é o sexto produtor mundial e o segundo maior importador de alho (AGRIANUAL, 2016). Nos últimos anos a área plantada com a cultura no país tem se mantido estável, assim como o volume de produção (IBGE, 2015). Isso demonstra que o setor produtivo necessita de avanços tecnológicos que permitam aumentar a competitividade frente ao produto importado, seja pela redução do custo de produção, pelo aumento na produtividade ou pela valorização da qualidade do alho produzido no país.

Para elevar a produtividade alguns pontos precisam ser considerados: o cuidado no preparo da área, o adequado controle da irrigação, o manejo da adubação e a utilização de sementes livres de vírus, selecionadas e multiplicadas criteriosamente.

O uso de plantas livres de vírus, que apresentam comportamento vegetativo e produtivo distinto das plantas infectadas, implica na necessidade de adequação das técnicas de manejo empregadas na cultura até o momento. Essas plantas não competem com o vírus pelos fotoassimilados e nutrientes absorvidos. Então, muitas das práticas de manejo estudadas e largamente aplicadas no cultivo de alho convencional não são adequadas ao manejo das plantas de alho livres de vírus.

Na região do Cerrado brasileiro, onde é cultivado principalmente o alho tipo nobre, com a utilização de tecnologias modernas de produção, que atinge alta qualidade e tem grande aceitação no mercado, os produtores têm realizado adubações com altas doses de nutrientes, utilizando quantidades excessivas de fertilizantes o que ocasiona aumento no custo de produção (MACÊDO *et al.*, 2011). Além disso, o uso de doses maiores de nutrientes não leva, necessariamente, a um aumento na produtividade.

Apesar de não ser o nutriente mais exigido pela cultura, devido às características dos solos tropicais, que apresentam alta capacidade de fixação desse nutriente (BÜLL *et al.*, 1998a), o fósforo é empregado em maior proporção na adubação da cultura (ANDRIOLLI *et al.*, 2008). No entanto, nas áreas de cultivo, os solos são adubados de forma intensiva, apresentando altos teores de fósforo, o que poderia sugerir uma menor necessidade de aplicação desse nutriente.

Dessa forma, torna-se necessária a realização de estudos que verifiquem a dosagem adequada de nutrientes para o cultivo de alho vernalizado livre de vírus, o que poderia racionalizar o uso de insumos, aumentar a produtividade, reduzir os custos de produção da cultura e aumentar a rentabilidade. Assim, o alho produzido no país poderia competir com o alho importado, estimulando o plantio e reduzindo o volume das importações.

Nesse contexto, foram realizados 3 experimentos em anos consecutivos, em área de produção comercial de alho, em Minas Gerais, com o objetivo de verificar o efeito da adubação fosfatada no cultivo de alho vernalizado livre de vírus.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Importância da cultura do alho no Brasil

O alho é considerado a segunda espécie mais amplamente consumida no mundo do gênero *Allium* (FAO, 2015)

No Brasil, a produção de alho não é suficiente para atender a demanda, exigindo importações. Em 2014 o Brasil era o segundo país do mundo que mais importava alho, nesse ano foram importadas 167.232 toneladas. China e Argentina são os países que mais exportam alho para o Brasil. Em 2015 a produção nacional atendeu 38 % da demanda, foram cultivados 9.548 ha, produzindo 104.186 toneladas de alho (AGRIANUAL 2016).

O plantio de alho no Brasil está localizado principalmente em estados da região Sul, Sudeste e Centro-Oeste, responsáveis por 95% da produção interna. A produtividade nacional, 10,9 t ha<sup>-1</sup> ainda é baixa quanto comparada à dos estados de Minas Gerais e Goiás onde a produtividade foi de 13,6 t ha<sup>-1</sup> e 14,9 t ha<sup>-1</sup> em 2015, respectivamente (AGRIANUAL, 2016). Bons produtores têm obtido produtividades de até o dobro da média nacional, indicando que a produtividade brasileira ainda se encontra abaixo do potencial que as cultivares utilizadas possuem (RESENDE e CECÍLIO FILHO, 2009).

Nos estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste cultiva-se principalmente o alho nobre, são lavouras altamente tecnificadas que produzem um alho de alta qualidade e aceitação no mercado (MARODIN *et al.*, 2015). Mesmo com o avanço tecnológico dos últimos anos a área plantada no país tem se mantido estável, houve aumento da produtividade (AGRIANUAL, 2016), porém o alto custo de produção e a competição com o alho importado não tem motivado os produtores a investirem na cultura. Para que o alho nacional pudesse ser competitivo, seria necessária uma redução nos custos de produção e o aumento da produtividade nacional.

## 2.2. A cultura do alho

O alho (*Allium sativum* L.) é uma planta monocotiledônea pertencente à família Alliaceae, gênero *Allium*. O caule é achatado e dele partem folhas alongadas e estreitas cujas bainhas formam o pseudocaule. O caule possui gemas que, em condições adequadas, desenvolvem-se formando os bulbilhos que constituem os bulbos. As raízes são pouco ramificadas, sendo considerado de enraizamento profundo (FILGUEIRA, 2008, SOUZA e MACÊDO, 2009).

É originário de áreas temperadas da Ásia Central e conhecido há muitos anos. Há relatos de sua utilização como condimento e remédio desde a antiguidade por povos hindus, egípcios, gregos, romanos e por outros povos do “velho mundo” (FILGUEIRA, 2008, RIVLIN, 2001). Acredita-se que tenha sido trazido para as regiões ocidentais por navegadores espanhóis, portugueses e franceses (CAMARGO e BARRERA, 1985).

É uma espécie à qual sempre foram atribuídas propriedades medicinais. Apresenta compostos que têm sido reconhecidos como agentes de prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares e metabólicas como a aterosclerose, trombose, hipertensão, diabetes, além dos efeitos anti-inflamatórios, antimicrobianos e anticâncer (RABINOWITCH e CURRAH, 2002; MAROTO, 2002, TATTELMAN, 2005). Com base em seus efeitos potenciais pode ser considerado um dos melhores alimentos para prevenção de doenças (AMAGASE, 2006).

A parte utilizada comercialmente é o bulbo, rico em amido e substâncias aromáticas, porém as folhas frescas e o pseudocaule também podem ser consumidos (RABINOWITCH e CURRAH, 2002).

As cultivares de alho podem ser divididas em três grupos distintos, em função do comprimento do ciclo e das exigências de fotoperíodo e temperatura: cultivares precoces, medianas e tardias. As cultivares precoces têm ciclo mais curto (4 meses) e são pouco exigentes em fotoperíodo e frio, porém apresentam baixo valor comercial. As cultivares medianas têm ciclo de, aproximadamente, 5 meses e são um pouco mais exigentes em fotoperíodo e frio. As cultivares tardias, também chamadas de “nobres”, apresentam ciclo mais longo e são exigentes em fotoperíodo e frio. Seus bulbos são redondos, uniformes têm túnica branca e película rósea ou roxa, os bulbilhos são grandes e têm película rósea escura (MOTA *et al.* 2006). Devido à sua qualidade, tem a preferência dos consumidores e alcança alta cotação comercial. Essas cultivares tem substituído as cultivares de alho comum (SOUZA e MACÊDO, 2009). Neste grupo temos as cultivares Chonan, Roxo Pérola de Caçador, Quitéria, Jonas e Ito entre outras.

Para que ocorra a formação dos bulbos é necessária interação entre fotoperíodo, temperatura e cultivar. Na fase de bulbificação são necessários dias longos e baixas temperaturas, já na fase final de desenvolvimento e maturação, temperaturas mais elevadas são interessantes (JONES e MANN, 1963; PAVAN, 1998).

As cultivares nobres são mais exigentes em fotoperíodo e frio, assim, seu cultivo em regiões que não atendam suas exigências climáticas, como o Centro-Sul do Brasil, exige sua vernalização (MACÊDO *et al.*, 2009). A vernalização é uma técnica que consiste em armazenar os bulbos inteiros em câmaras frias com temperaturas de 3 a 4°C e umidade de 70 a 80% por um período de 40 a 55 dias (FILGUEIRA, 2008, SOUZA *et al.*, 2011). Essa técnica possibilita também o plantio de alho na entressafra e colheitas mais precoces, contribuindo para manter o abastecimento interno e reduzir a necessidade de importação (CASTELLANE *et al.*, 1992).

O alho é propagado vegetativamente, cada bulbilho é capaz de originar uma nova planta após a brotação. Essa forma de propagação facilita o acúmulo e a disseminação de patógenos, principalmente vírus, que são perpetuados e acumulados pelos bulbos em ciclos sucessivos de produção (CONCI *et al.*, 2010; MITUTI *et al.*, 2014), ocasionando a degenerescência das plantas e contribuindo para decréscimos na produtividade (CARVALHO, 1986, DUSI, 1995).

Visando a obtenção de plantas parcial ou totalmente livres de vírus, tem-se utilizado a associação das técnicas de termoterapia e cultura de tecido. Em seguida é realizada a indexação para os principais vírus e propagação controlada. Assim, com material básico de alta qualidade sanitária são realizadas multiplicações posteriores (CÂMARA, 1988; PETERS *et al.*, 1989, PAVAN, 1998). O uso da cultura de meristemas para eliminação de vírus na cultura do alho proporciona aumentos significativos de vigor vegetativo (WALKEY e ANTILL, 1989; REZENDE *et al.*, 1995), produtividade e qualidade dos bulbos (WALKEY e ANTILL, 1989; BARNI e GARCIA, 1994; REZENDE, *et al.*, 1995), dessa forma há um aumento na quantidade de bulbos com características comerciais desejáveis (RESENDE *et al.*, 1999). O alho livre de vírus apresenta maior uniformidade no tamanho dos bulbos e conseqüentemente na sua classificação e valor.

Trabalhos desenvolvidos por Fajardo (1998) e Fajardo *et al.* (2001 e 2002) mostram que cultivares de alho livres de vírus têm melhor desempenho em relação à mesma cultivar originária de propagação convencional, naturalmente infectada por vírus. A produtividade do alho infectado e livre de vírus foi estimada em 4,13 e 10,48 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os resultados obtidos demonstraram aumento de até 130,17% (19,32 g para 44,47 g) no peso médio do bulbo, quando se empregou no plantio o alho-semente livre de vírus. As plantas livres de vírus apresentam-se mais vigorosas, com maior altura de planta e número de folhas (HWANG *et al.*, 1983; WALKEY e ANTILL, 1989) e, em conseqüência, os bulbos colhidos são maiores e com maior peso médio, aumentando a produção e o rendimento da cultura.

Outros autores também observaram que o comportamento vegetativo e produtivo das plantas livres de vírus é completamente diferente daquelas infectadas (WALKEY e ANTILL, 1989; GARCIA, *et al.*, 1989). Pavan (1998) observou aumento na produção de 67 e 71% para as cultivares Caçador e Quitéria com a utilização de alho-semente livre de vírus. De acordo com Resende *et al.* (1999) plantas de alho obtidas pelo processo de cultura de ápices caulinares podem aumentar em até 100% a produtividade e qualidade dos bulbos em comparação ao processo de multiplicação convencional. As plantas de alho livres de vírus apresentam maior capacidade produtiva quando comparadas à produção de alho infectado, sendo assim, seu manejo também deve ser diferenciado.

### 2.3. Adubação de alho livre de vírus

Diversos trabalhos foram realizados sobre adubação em alho ao longo dos anos, dentre esses trabalhos destacamos alguns realizados entre 1980 e 2016: NOGUEIRA *et al.* (1980), SILVA *et al.* (1981), PEIXOTO e FILGUEIRA (1983), LIMA *et al.* (1984), MORAES (1985), RUIZ (1985), MAGALHÃES (1986), MORAES e LEAL (1986), NAKAGAWA *et al.* (1986), PAULA *et al.* (1986), SUMI *et al.* (1986), CASTELLANE *et al.* (1987), NAKAGAWA *et al.* (1987), PEREIRA (1987), YAMANISHI e CASTELLANE (1987), CAMPORA e SAITO (1988), JUNQUEIRA e IZIOKA (1988), HIROSE *et al.* (1989), JUNQUEIRA *et al.* (1988), NAKAGAWA *et al.* (1989), NOGUEIRA *et al.* (1989), CASTELANE *et al.* (1990), MANGAL *et al.* (1990), NAKAGAWA *et al.* (1990 a, b e c), LISBÃO *et al.* (1991), SOUZA e CASALI (1991), TRANI *et al.* (1992), BÜLL *et al.* (1993), COSTA *et al.* (1993), MASCARENHAS *et al.* (1993), RESENDE *et al.* (1993), ABBAS *et al.* (1994), GARCIA *et al.* (1994), SENO *et al.* (1994 a e b), BÜLL e NAKAGAWA (1995), SENO *et al.* (1995), BÜLL *et al.* (1996), PATEL *et al.* (1996), SENO *et al.* (1996), NAKAGAWA *et al.* (1998), BÜLL *et al.* (1998 a e b), MELO e OLIVEIRA (1999), BÜLL *et al.* (2001), RESENDE e SOUZA (2001 a e b), AMORIN *et al.* (2002), BÜLL *et al.* (2002), MAROUELLI *et al.* (2002), BÜLL *et al.* (2004), LIMA *et al.* (2007), BACKES *et al.* (2008), BÜLL *et al.* (2008). Nesses trabalhos foram utilizadas plantas multiplicadas de forma convencional, essa forma de multiplicação ocasiona a perpetuação e o acúmulo de vírus nas plantas, então, muito provavelmente, as plantas utilizadas estariam infectadas por vírus ou complexos virais. A presença de vírus nas plantas ocasiona distúrbios nas funções das células, o vírus compete com a planta pelos compostos orgânicos e modifica as funções fisiológicas em seu benefício (GIBBS e HARRISON, 1979). Assim, há redução de vigor, crescimento e produção (MITUTI *et al.*, 2014). Diversos processos são afetados pela presença de vírus nas plantas: fotossíntese, transporte de assimilados, ação de reguladores de crescimento, entre outros (GIBBS e HARRISON, 1979). Os nutrientes minerais estão envolvidos em muitos desses processos, dessa forma, as respostas à adubação, obtidas em experimentos realizados com alho infectado, tendem a ser diferentes daquelas onde se utiliza alho livre de vírus.

Essa diferença de comportamento foi comprovada por Resende *et al.* (1999) que, utilizando plantas de cultivar “semi-nobre”, compararam plantas multiplicadas de forma convencional e pela cultura de tecidos (livres de vírus). Os autores



verificaram que, no período de maior desenvolvimento das plantas, aquelas multiplicadas pela cultura de tecidos apresentaram maior acúmulo de matéria seca. Justificando que, as plantas provenientes da cultura de tecidos, por apresentarem menor grau de infecção viral, apresentaram maior crescimento e, conseqüentemente, maior acúmulo de nutrientes, pois a multiplicação do vírus acompanha o padrão de crescimento da planta, havendo maior multiplicação do vírus quando o crescimento desta é intensificado (GIBBS e HARRISON, 1979).

Além disso, as plantas livres de vírus acumularam o K em maior quantidade que o N, o contrário do que ocorreu nas plantas infectadas. O que, segundo os autores, ocorre, provavelmente, para atender a multiplicação do patógeno, que utiliza proteínas da célula hospedeira. Já o maior acúmulo de K pode ser explicado pela maior quantidade de matéria seca apresentada pelas plantas livres de vírus, já que o K que tem papel fundamental em espécies que armazenam compostos orgânicos, como é o caso do alho, atuando no transporte de fotoassimilados (FAQUIN, 1994). Resende *et al.*(2000a), verificaram que mesmo na ausência de adubação nitrogenada, as plantas provenientes da cultura de tecidos apresentaram desempenho superior em todas as características estudadas (altura de planta, produção de matéria seca, produção total e comercial) quando comparadas às plantas multiplicadas de forma convencional. Sem a presença do vírus há maior disponibilidade de N para a planta (JACON e FERNANDES, 2014).

As doses e o modo de aplicação dos nutrientes podem influenciar seus efeitos no crescimento e na produtividade da cultura do alho (BÜLL *et al.*, 2004). A adubação adequada deve ser suficiente para que haja alta produção, porém não deve ser excessiva, pois poderia induzir distúrbios na cultura, como por exemplo, o pseudoperfilhamento (NAKAGAWA, 1993; FILGUEIRA, 2008). Oh *et al.* (1994) em trabalho realizado na Coréia do Sul, afirmam que devido ao hábito de crescimento vigoroso do alho livre de vírus é recomendada a redução das doses de fertilizantes abaixo da recomendada para as sementes de alho infectadas. Mesmo considerando as diferenças de clima, solo, ciclo de produção e cultivares utilizadas, essa afirmação é válida e indica a necessidade de estudos mais conclusivos para as nossas condições.

### **2.3.1 Adubação Fosfatada**

O fósforo atua em processos metabólicos e nas transformações energéticas de diversos processos da planta como a fotossíntese, respiração,

armazenamento e fornecimento de energia, transferência de genes e reprodução (MALAVOLTA *et al.*, 1997; YAMADA e ABDALLA, 2004; RAIJ, 1991).

O contato entre o P da solução do solo e a raiz se faz, quase que exclusivamente, por difusão e sua absorção é um processo ativo. É absorvido preferencialmente na forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (YAMADA e ABDALLA, 2004; ARAÚJO e MACHADO, 2006), forma predominante no solo na faixa de pH de 4 a 7 (MACÊDO *et al.*, 2011).

Diferentemente do que ocorre no solo, o P é móvel na planta, sendo rapidamente transferido de tecidos velhos para as regiões ativas de crescimento, onde é encontrado em maior concentração (RAIJ, 1991; YAMADA e ABDALLA, 2004). A carência de P ocasiona menor crescimento das plantas e amarelecimento irregular das folhas mais velhas, progredindo do ápice em direção à base, podendo ser confundida com sintoma de deficiência de nitrogênio (MAGALHÃES, 1986).

Os solos brasileiros, solos tropicais, são reconhecidamente pobres em P e com alta capacidade de fixação desse elemento (BÜLL *et al.*, 1998 e 2004). Assim, o teor de P no solo não é suficiente para atender a demanda das culturas. Devido às funções que exerce na planta e às características dos solos tropicais, é nutriente que mais frequentemente limita a produção nessas regiões (MAGALHÃES, 1986), principalmente em solos não adubados anteriormente (RAIJ, 1991).

A adubação fosfatada vem sendo estudada no Brasil há muitos anos (COUTO, 1961a e b; BERNARDI *et al.*, 1966; FERREIRA *et al.*, 1979; MACHADO *et al.*, 1979a; SUMI *et al.*, 1986; CASTELANE *et al.*, 1987; YAMANISHI e CASTELLANE, 1987; SENO *et al.*, 1994a; SENO *et al.*, 1996; NAKAGAWA 1998; BÜLL *et al.*, 1998; BÜLL *et al.*, 2004; LIMA *et al.*, 2007; BÜLL *et al.*, 2008) e sabe-se que o fósforo é um importante nutriente para o sucesso da produção (CASTELLANOS *et al.*, 2001). Porém esses estudos utilizaram plantas multiplicadas de forma convencional, estudos específicos sobre adubação fosfatada em alho vernalizado livre de vírus ainda são escassos; podendo levar os produtores à utilização de dosagens de fertilizantes inadequadas à cultura, ocasionando diversos problemas, como desequilíbrios nutricionais, deficiências ou aplicação excessiva de fertilizantes gerando inclusive aumento do custo de produção (MACÊDO *et al.*, 2011).

O uso de fontes adequadas e doses de nutrientes suficientes e equilibradas é primordial para um bom crescimento das plantas, alto rendimento e uma

produção de qualidade (DIRIBA-SHIFERAW *et al.*, 2013). E também é preciso considerar que o suprimento mundial de P para a produção de fertilizantes é um recurso natural não renovável, sendo assim a aplicação de adubos fosfatados deve ser realizada de forma racional (ARAÚJO e MACHADO, 2006).

Sabe-se que quantidade de P extraída do solo pelo alho proveniente da cultura de tecidos é 55% maior que a quantidade extraída pelo alho multiplicado de forma convencional. As plantas multiplicadas de forma convencional acumularam em média (aos 110 dias), 40 mg de P por planta enquanto as multiplicadas de forma convencional acumularam praticamente a metade (RESENDE *et al.*, 1999). Porém comparando-se com N e K, a exigência de P pelas culturas é baixa. Segundo Andriolli *et al.* (2008), o P é o quarto nutriente em ordem de extração pelas plantas de alho livres de vírus. Sua absorção é intensificada 50 dias após o plantio e sua máxima absorção ocorre no final do ciclo de produção (ANDRIOLLI *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2011).

Macêdo *et al.* (2011) relatam que, em regiões produtoras de alho vernalizado no estado de Minas Gerais onde se adota alta tecnologia, os agricultores têm utilizado 600 a 750 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio e sugerem que esses agricultores estão utilizando quantidades acima da que seria recomendável técnica e economicamente para a cultura.

Dentre as fontes de P disponíveis, os fosfatos solúveis e os termofosfatos, são os mais utilizados na agricultura brasileira (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). O superfosfato simples (SS) é solúvel em água e dissolve-se rapidamente no solo, sendo aplicado principalmente na forma de grânulos para diminuir a superfície de contato com o solo, reduzindo sua fixação. Além disso, apresenta elevada eficiência agrônômica (YAMADA e ABDALLA, 2004).

Os termofosfatos (T) são produzidos a partir da rocha fosfatada, adicionando-se silicato de Mg, calcário e aplicando-se temperaturas elevadas, ocasionando a fusão dos materiais. São insolúveis em água, sendo solubilizados pela acidez do solo. Assim, são aplicados na forma finamente moída, facilitando o contato com o solo e sua solubilização que é bastante influenciada pelo pH e pela matéria orgânica do solo (LIMA *et al.*, 2007). Atuam muitas vezes como corretivos de acidez do solo e, além disso, são fontes de Ca, Mg (GOEDERT *et al.*, 1985) e micronutrientes. Estudos sugerem que o termofosfato é a fonte de P que apresenta maior eficiência agrônômica no cultivo de hortaliças, assim como na produção de culturas anuais (GOEDERT *et al.*, 1981;

COUTINHO *et al.*, 1993). Malavolta (1981) explica que essa maior eficiência se deve à participação do termofosfato na neutralização da acidez do solo, no fornecimento de Ca, Mg e micronutrientes, na diminuição da toxicidade do manganês e à menor adsorção de P devido à presença do silicato em sua composição. Jacon (2013), em experimento realizado com alho livre de vírus em vasos observou maior massa de bulbo após a cura nos tratamentos onde foi aplicada uma mistura de 50% SS+50%T quando comparado ao tratamento que recebeu aplicação somente de SS, concordando com os estudos apresentados acima.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos três experimentos em anos consecutivos, instalados em fazenda de produção comercial no município de Santa Juliana – MG (19° 18' S e 47° 31' W). Santa Juliana situa-se a oeste do Alto Paranaíba, próxima a Uberaba e Araxá, no estado de Minas Gerais (FIGURA 1). O clima na região é classificado por Köppen como clima tropical com estação seca no inverno (Aw).



**Figura 1.** Localização dos experimentos.

### 3.1. Experimento 1

#### 3.1.1. Localização e época de condução

O primeiro experimento foi conduzido no ano de 2013 em área cujas coordenadas geográficas são 19° 38' S e 47°51' W.

O plantio foi realizado no dia 26 de abril de 2013 e a colheita no dia 21 de agosto do mesmo ano.

#### 3.1.2. Caracterização do solo

O solo do local onde foi conduzido o experimento, identificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013), foi amostrado (0-20cm) em três momentos: antes da instalação, na fase de diferenciação e na colheita. Todas as amostras foram analisadas quimicamente nos laboratórios do Departamento de Solos e Recursos Ambientais - FCA - UNESP, em Botucatu, seguindo a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001) (Tabelas 1, 2 e 3). Na amostra coletada inicialmente também foi realizada análise física segundo a metodologia da Embrapa (1997) (Tabela 4).

#### 3.1.3. Delineamento experimental e tratamentos

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5, sendo avaliadas 2 fontes e 5 doses de P em 4 repetições. Cada parcela correspondeu a um canteiro com 2 metros de comprimento por 1,2 m de largura. As fontes de P utilizadas foram o superfosfato simples (SS) e uma combinação de 50%SS e 50% termofosfato magnésiano (T). As doses avaliadas foram 0, 100, 200, 300 e 400 mg de P dm<sup>-3</sup>, sendo considerada uma profundidade de aplicação de 20 cm (2.000.000 de dm<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 1.** Resultado da análise química inicial do solo proveniente de Santa Juliana – MG – experimento 1 - 2013.

pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	-----			mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----			----- mg/dm <sup>3</sup> -----				
5,8	29	64	19	1,3	45	14	60	78	76	0,55	1,1	34	1,3	1,7

**Tabela 2.** Resultado da análise química do solo coletado na fase de diferenciação - experimento 1 - 2013.

Fonte de P	Dose de P (mg dm <sup>-3</sup> )	pH	M.O. CaCl <sub>2</sub> g/dm <sup>3</sup>	P <sub>resina</sub> mg/dm <sup>3</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
					mmolc dm <sup>-3</sup>						mg/dm <sup>3</sup>					
SS	0	4,9	28	187	45	3,3	25	3	31	76	41	0,72	3,2	57	2,9	6,3
	100	5,1	29	232	43	3,3	49	5	58	100	57	0,79	2,7	53	3,7	5,9
	200	5,2	26	274	45	3,6	57	6	67	111	60	0,83	2,7	51	3,7	6,2
	300	4,9	27	230	57	3,9	45	6	54	112	49	0,87	2,4	51	3,0	5,2
	400	5,2	26	289	42	3,8	56	6	66	109	61	0,88	2,4	45	3,4	6,2
SS+T	0	4,9	25	223	47	4,2	32	4	41	88	47	0,90	2,9	56	3,0	6,2
	100	5,1	28	300	41	4,2	37	6	47	88	54	0,89	2,9	55	3,5	6,8
	200	5,1	27	197	40	4,3	65	21	90	130	69	0,86	2,8	54	3,9	7,0
	300	5,3	32	302	38	4,0	87	39	130	168	78	0,93	3,1	54	5,1	6,9
	400	5,1	31	334	42	3,4	47	9	60	101	59	1,02	2,8	50	3,4	6,4

**Tabela 3.** Resultado da análise química do solo coletado na colheita - experimento 1 - 2013.

Fonte de P	Dose de P (mg dm <sup>-3</sup> )	pH	M.O. CaCl <sub>2</sub> g/dm <sup>3</sup>	P <sub>resina</sub> mg/dm <sup>3</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
					mmolc dm <sup>-3</sup>						mg/dm <sup>3</sup>					
SS	0	5,1	31	230	44	4,8	29	4	38	82	47	0,90	3,1	56	2,3	7,0
	100	5,0	28	325	46	3,3	32	4	40	86	46	0,87	2,8	52	2,4	5,9
	200	5,1	33	375	46	3,4	49	6	58	104	56	0,82	2,7	53	2,4	7,3
	300	4,8	30	252	54	3,5	39	5	48	102	47	0,86	2,6	55	2,5	6,2
	400	5,2	28	222	43	4,3	55	8	67	110	61	0,87	2,6	49	2,7	6,7
SS+T	0	5,1	29	200	43	3,6	25	3	32	75	42	0,84	3,1	56	2,3	7,0
	100	5,1	38	312	41	4,3	32	8	45	86	52	0,90	3,2	59	3,0	7,4
	200	5,2	31	310	40	3,9	56	16	76	115	66	0,87	2,8	55	3,2	7,1
	300	5,3	29	309	39	3,5	85	29	117	157	75	1,00	2,7	52	3,8	7,1
	400	5,1	26	279	41	2,9	45	10	57	98	59	1,15	2,6	51	2,5	6,2

**Tabela 4.** Resultado de análise física: composição granulométrica e textura do solo proveniente de Santa Juliana – MG - experimento 1 - 2013.

Areia	Argila	Silte	Textura
----- g kg <sup>-1</sup> -----			
179	497	324	Argilosa

### 3.1.4. Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em área irrigada por pivô central, cultivada anteriormente com cenoura. O solo foi preparado pelo produtor realizando-se duas gradagens, uma passada de enxada rotativa e duas subsolagens cruzadas. Na sequência foi utilizado rotoencanteirador para marcação dos canteiros. A adubação de plantio foi realizada aplicando-se o equivalente a 5 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico (Tabela 5), 80 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl nos canteiros. Utilizou-se novamente o rotoencanteirador para incorporação dos fertilizantes e

procedeu-se a marcação das parcelas com auxílio de estacas de madeira. Aplicou-se, então, os adubos fosfatados nas dosagens correspondentes a cada tratamento. Após a aplicação e incorporação, o solo foi umedecido via pivô central e no dia seguinte foi passado o marcador, definindo assim o espaçamento.

**Tabela 5.** Caracterização do composto orgânico utilizado no plantio.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	U-65°C	MO-total	C-Total
----- ** porcentagem ao natural -----								
1,22	1,17	0,96	1,35	0,28	29,00	25,00	27,00	15,00
Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N		pH
-----**mg/kg ao natural-----						ao natural		
2700	22	150	12075	360	180	12/1	8,57	

Para o plantio, foram utilizados bulbilhos da cultivar Roxo Perola de Caçador provenientes de cultura de meristemas e termoterapia, multiplicados em estufa telada em Guarapuava-PR em 2011 e cultivados em 2012 em campo de produção em Santa Juliana-MG. Bulbos classificados como 6 (portaria nº 242 do Ministério da Agricultura de 17/09/1992) foram vernalizados a 4°C por 40 dias. Após a retirada da câmara fria os bulbos foram “debulhados” e os bulbilhos classificados, sendo utilizados aqueles com tamanho médio (peneira 2) descartando-se os muito pequenos ou muito grandes. O plantio foi realizado manualmente em três fileiras duplas ao longo dos canteiros, totalizando, aproximadamente, 350.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Durante todo o ciclo a irrigação foi realizada via pivô central.

Aos 20 dias após o plantio (DAP) foi realizada a primeira adubação em cobertura aplicando-se, manualmente, em cada parcela, quantidade equivalente a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia e 31 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl. A segunda cobertura foi realizada aos 34 DAP, utilizando-se a mesma dosagem.

Aproximadamente dez dias antes da diferenciação a irrigação foi reduzida a fim de se evitar o excesso de água no período, reduzindo assim o risco de superbrotamento. Aos 60 DAP foram realizadas as avaliações previstas para a fase de diferenciação.

A terceira cobertura foi realizada 75 DAP e a quarta cobertura 87 DAP, em ambas foi aplicada, manualmente, quantidade equivalente a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl por parcela.



Durante todo o ciclo foram adotadas medidas preventivas de controle de pragas e doenças recomendadas para a cultura. A colheita foi realizada aos 117 DAP.

### **3.1.5. Avaliações**

Todas as avaliações foram realizadas dentro da área útil da parcela, desconsiderando-se 0,25 m de cada lado no comprimento do canteiro e a primeira fileira de plantio em cada lateral.

#### **3.1.5.1. Teor de macro e micronutrientes na folha diagnose**

Na fase de diferenciação foi coletada a folha diagnose (BATAGLIA *et al.*, 1983) de 10 plantas por parcela. As folhas foram lavadas, secas em estufa a 65°C, pesadas, moídas em moinho tipo Willey e analisadas quimicamente quanto ao teor de macro e micronutrientes segundo a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997) no laboratório do Departamento de Solos e Recursos Ambientais - FCA – UNESP, em Botucatu

#### **3.1.5.2. Altura das plantas**

A medida da altura das plantas foi realizada na fase de diferenciação e no momento da colheita, com auxílio de régua graduada da superfície do solo até a extremidade da maior folha de cada planta. Foram avaliadas 3 plantas de cada parcela, obtendo-se então a altura média das plantas. As plantas avaliadas foram marcadas com fitilho e todas as demais medições foram realizadas nas mesmas plantas.

#### **3.1.5.3. Massa fresca de bulbos e massa de bulbos após a cura**

Os bulbos foram colhidos e deixados no campo em leiras para que não houvesse incidência direta de sol sobre eles por 3 dias. Foram então cortadas as raízes e folhas, pesando-se 3 bulbos por parcela para determinação da massa fresca.

Após serem acondicionamos em sacos de papel identificados e transportados para Botucatu, esses bulbos foram armazenados em local seco e arejado por

30 dias para que ocorresse a cura. Após a cura, os bulbos foram pesados para determinação da massa de bulbo curado.

#### 3.1.5.4. Classificação de bulbos

Após a cura os bulbos foram classificados em função do diâmetro transversal, em classes de 3 a 7, segundo a portaria nº 242 do Ministério da Agricultura de 1709/1992, apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6.** Classificação de bulbos de alho segundo o maior diâmetro transversal.

Classes *	Diâmetro (mm)
7	mais de 56
6	mais de 47 até 56
5	mais de 42 até 47
4	mais de 37 até 42
3	mais de 32 até 37

\*Ministério da Agricultura - Portaria nº 242 de 17 de setembro de 1992.

#### 3.1.5.5. Teor e acúmulo de macro e micronutrientes nos bulbos

Após a classificação os três bulbos de cada parcela foram secos em estufa a 65°C, pesados, moídos e analisados quimicamente quanto ao teor de macro e micronutrientes no Departamento de Solos e Recursos Ambientais - FCA – UNESP, em Botucatu, seguindo a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997). O acúmulo de nutrientes foi posteriormente calculado com base no teor apresentado e na massa seca dos bulbos.

#### 3.1.6. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa Assistat (SILVA e AZEVEDO, 2009). As médias referentes às fontes foram comparadas pelo teste t (DMS) a 5 %. E os efeitos das doses de P foram avaliados por meio de análise de regressão e apresentados na forma gráfica com auxílio do programa SigmaPlot 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2007), adotando-se como critério para escolha do modelo o menor coeficiente de regressão (p) dentre os significativos (<0,10) pelo teste t.

## 3.2. Experimento 2

### 3.2.1. Localização e época de condução

O segundo experimento foi instalado no dia 15 de maio de 2014 também em Santa Juliana – MG em área cujas coordenadas geográficas são: 19° 42'S e 47° 48'W. A colheita foi realizada no dia 18 de setembro do mesmo ano.

### 3.2.2. Caracterização do solo

O solo do local, identificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2013), foi amostrado (0-20 cm) antes da instalação do experimento, na fase de diferenciação e na colheita. Todas as amostras foram analisadas quimicamente, seguindo a metodologia proposta por Raij *et al.* (2001) (Tabelas 7, 8 e 9).

Na amostra inicial também foi realizada análise física seguindo a metodologia da Embrapa (1997) (Tabela 10). Todas as análises foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Solos e Recursos Ambientais - FCA – UNESP, em Botucatu.

**Tabela 7.** Resultado da análise química inicial do solo proveniente de Santa Juliana – MG – experimento 2 – 2014.

pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	-----mmolc dm <sup>-3</sup> -----			-----				-----mg/dm <sup>3</sup> -----				
5,7	36	118	33	1,0	38	9	48	81	59	0,44	2,7	28	5,4	2,4

**Tabela 8.** Resultado da análise química do solo coletado na fase de diferenciação - experimento 2 - 2014.

Dose de P	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mg dm <sup>-3</sup> )	CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	-----mmolc dm <sup>-3</sup> -----			-----						-----mg/dm <sup>3</sup> -----				
0	5,4	40	113	36	4,4	39	7	50	87	56	90	0,79	5,2	28	3,5	4,0
70	5,2	38	172	40	3,9	36	6	47	86	54	98	0,84	5,1	30	3,8	3,8
140	5,5	42	209	34	3,9	47	10	61	96	64	120	0,92	5,0	28	4,2	4,1
210	5,3	41	228	40	4,4	50	11	65	105	63	160	0,89	5,1	31	4,6	4,2
280	5,3	43	250	42	4,7	54	13	73	115	63	174	0,87	4,9	30	5,2	4,2
350	5,2	42	261	44	3,9	53	14	70	114	61	172	0,86	5,0	32	5,0	4,2

**Tabela 9.** Resultado da análise química do solo coletado na colheita - experimento 2 - 2014.

Dose de P (mg dm <sup>-3</sup> )	pH	M.O. CaCl <sub>2</sub> g/dm <sup>3</sup>	P <sub>resina</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
				mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					mg/dm <sup>3</sup>		mg/dm <sup>3</sup>					
0	5,2	32	127	42	5,8	43	9	57	99	58	75	0,73	4,1	24	3,5	3,2
70	5,1	32	143	42	5,5	46	8	60	102	59	85	0,81	4,0	27	4,2	2,9
140	5,3	32	251	38	5,4	59	13	77	115	66	148	0,78	3,5	24	4,2	2,9
210	5,3	35	259	38	4,9	52	11	67	106	64	125	0,80	3,4	24	3,6	2,9
280	5,3	32	268	41	5,9	77	23	106	147	71	182	0,79	3,5	26	3,7	3,3
350	5,3	32	227	40	5,6	62	15	83	123	67	180	0,78	3,5	26	3,6	3,0

**Tabela 10.** Resultado de análise física: composição granulométrica e textura do solo proveniente de Santa Juliana – MG - experimento 2 - 2014.

Areia	Argila	Silte	Textura
g kg <sup>-1</sup>			
161	339	500	Média

### 3.2.3. Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos e delineamento experimental foram definidos com base nos resultados observados no experimento 1.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com 4 repetições, sendo avaliadas 6 doses de P: 0, 70, 140, 210, 280 e 350 mg dm<sup>-3</sup> de P utilizando-se uma combinação de 50% SS e 50% T. Considerou-se uma profundidade de aplicação de 20 cm (2.000.000 de dm<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

Cada parcela correspondeu a 4 metros lineares de canteiro com 1,2 m de largura.

### 3.2.4. Instalação e condução do experimento

A área onde foi instalado o experimento foi cultivada anteriormente com cenoura. O preparo do solo foi feito realizando-se gradagem e utilizando-se em seguida a enxada rotativa e encanteirador, delimitando os canteiros. Sobre estes foi aplicada quantidade equivalente a 5 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico (Tabela 5), 80 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio, 133 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl e, em seguida, aplicou-se então o adubo fosfatado correspondente a cada tratamento. Após a incorporação, o solo foi umedecido via pivô central e, no dia seguinte, foi passado o marcador definindo, o espaçamento de plantio com três fileiras duplas ao longo do canteiro, totalizando, aproximadamente, 350.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Foi utilizada a cultivar Ito, que devido às características de formato e cor dos bulbos vinha apresentando maior valorização no mercado e preferência do produtor quando comparada à Roxo Pérola de Caçador.

Os bulbilhos utilizados foram provenientes de cultura de meristemas e termoterapia, multiplicada em estufa telada em Guarapuava-PR. Bulbos classificados como 6 (portaria nº 242 do Ministério da Agricultura de 17/09/1992) foram vernalizados a 4°C por 40 dias. Após a retirada da câmara fria os bulbos foram “debulhados” sendo selecionados bulbilhos médios (peneira 2) (SOUZA e MACÊDO, 2009), descartando-se aqueles muito pequenos ou muito grandes. O plantio foi realizado manualmente.

Durante todo o ciclo a irrigação foi realizada via pivô central.

Aos 19 DAP foi realizada a primeira adubação em cobertura, aplicando-se, manualmente, quantidade equivalente a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia e 21 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl.

A segunda cobertura foi realizada aos 30 DAP dias, com as mesmas fontes e dosagem da primeira cobertura.

A irrigação foi reduzida aproximadamente dez dias antes da diferenciação a fim de reduzir a possibilidade de superbrotamento.

Aos 70 DAP foram realizadas as avaliações previstas para a fase de diferenciação. Três dias após as avaliações, quando a diferenciação ainda não estava concluída ocorreu uma chuva de aproximadamente 70 mm na área do experimento.

A terceira adubação em cobertura foi realizada 86 DAP e a quarta cobertura 99 DAP aplicando-se o equivalente a 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl.

Durante todo o ciclo foram adotadas medidas preventivas de controle de pragas e doenças recomendadas para a cultura. A colheita foi realizada aos 126 DAP.

### **3.2.5. Avaliações**

Todas as avaliações foram realizadas dentro da área útil da parcela, desconsiderando-se 0,5 m de cada lado no comprimento do canteiro e a primeira fileira de plantio em cada lateral.

### **3.2.5.1. Teor de macro e micronutrientes na folha diagnose**

Na fase de diferenciação foi realizada coleta da folha diagnose, estas foram preparadas e analisadas conforme descrito no item 3.1.5.1.

### **3.2.5.2. Teor e acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea**

Na fase de diferenciação foi coletada a parte aérea de cinco plantas por parcela. As plantas foram cortadas rente ao solo, lavadas, secas em estufa a 65°C, pesadas, moídas em moinho tipo Willey e analisadas quimicamente quanto ao teor de macro e micronutrientes no Departamento de Solos e Recursos Ambientais - FCA – UNESP, em Botucatu, segundo a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

O acúmulo de nutrientes foi posteriormente calculado com base no teor apresentado e na massa seca da parte aérea.

### **3.2.5.3. Altura das plantas**

Realizada conforme descrito no item 3.1.5.2, sendo avaliadas 15 plantas de cada parcela, calculando-se então a altura média das plantas. Avaliou-se um maior número de plantas, escolhidas de modo aleatório, para que a amostra representasse mais precisamente a parcela.

### **3.2.5.4. Número de folhas**

Na fase de diferenciação e na colheita, foi contado o número total de folhas e o número de folhas verdes de 15 plantas de cada parcela. Posteriormente foi calculada a média por parcela. Nesta avaliação também foi aumentado o número de plantas coletadas para que a amostra fosse mais representativa.

### **3.2.5.5. Massa fresca de bulbos e massa de bulbos após a cura**

Foi realizada a colheita dos bulbos e em seguida foram cortadas as raízes e as folhas. Uma amostra de 30 bulbos normais foi pesada para determinação da massa fresca.

Os bulbos foram então armazenados em sacos de ráfia identificados e transportados para Botucatu onde foram armazenados em local seco e arejado por 30 dias para que ocorresse a cura. Após a cura, os bulbos foram pesados para determina o da massa de bulbo curado.

### 3.2.5.6. Porcentagem de plantas anormais

No momento da colheita, após o arranquio das plantas estas foram separadas em plantas normais, plantas superbrotadas (Figura 2) e plantas que apresentavam outros tipos de defeitos (Figura 3). Com base no número total de plantas de cada parcela foi calculada a porcentagem de cada uma delas.



**Figura 2.** Plantas de alho vernalizado livre de vírus, cultivar Ito, cultivadas sob doses de P em área onde ocorreu chuva na fase de diferencia o, apresentando sintoma de superbrotamento. (a) Planta inteira (100 DAP) apresentando diversas folhas novas na parte central do pseudocaulo; (b) Planta sem as folhas, com os bulbilhos brotados. Santa Juliana-MG, 2014.



**Figura 3.** Defeitos apresentados por plantas de alho vernalizado livre de vírus, cultivar Ito, cultivadas sob doses de P, em área onde ocorreu chuva na fase de diferenciação. (a) “Macaquinho”: bulbo unido lateralmente a outro bulbo, proveniente do plantio de bulbilhos duplos, isto é, dois bulbilhos dentro de uma mesma película; (b) e (c) Bulbos de alho apresentando aberturas na casca, possivelmente ocasionadas por infecção por bactérias. Santa Juliana - MG, 2014.

### 3.2.5.7. Classificação de bulbos

Realizada conforme descrito no item 3.1.5.4.

### 3.2.6. Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de regressão e apresentados na forma gráfica com auxílio do programa SigmaPlot 10.0 (SYSTAT



SOFTWARE, 2007), adotando-se como critério para escolha do modelo o menor coeficiente de regressão (p) dentre os significativos (<0,10) pelo teste t.

### 3.3. Experimento 3

#### 3.3.1. Localização e época de condução

Em 2015 foi instalado o terceiro experimento, em área vizinha àquela onde foi instalado o primeiro, cujas coordenadas geográficas são: 19° 38' S e 47° 51' W. O experimento foi conduzido de 28 de abril a 27 de agosto de 2015.

#### 3.3.2. Caracterização do solo

Antes da instalação do experimento, na fase de diferenciação e na colheita, o solo, identificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013), foi amostrado e analisado quimicamente nos laboratórios do Departamento de Solos e Recursos Ambientais - FCA – UNESP, em Botucatu, seguindo a metodologia de Raij *et al.* (2001) (Tabelas 11, 12 e 13).

Não foi realizada análise física, pois é uma área vizinha àquela onde foi implantado o experimento 1, apresentando características semelhantes às apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 11.** Resultado da análise química inicial do solo proveniente de Santa Juliana – MG - experimento 3 – 2015.

pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----mg/dm <sup>3</sup> -----								
5,1	30	47	31	1,5	29	7	38	68	55	0,31	3,0	40	1,3	1,7

**Tabela 12.** Resultado da análise química do solo coletado na fase de diferenciação - experimento 3 - 2015.

Dose de P	pH	M.O.	P <sub>resina</sub>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mg dm <sup>-3</sup> )	CaCl <sub>2</sub>	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----mg/dm <sup>3</sup> -----								
0	5,3	28	41	38	3,1	53	8	64	102	62	0,56	1,4	28	1,7	4,9
50	5,8	25	162	30	2,9	52	15	70	99	70	0,52	1,3	23	1,5	5,1
100	5,6	31	168	24	4,1	60	13	77	101	76	0,78	1,5	21	1,6	5,7
150	5,9	31	156	23	2,6	60	13	76	99	77	0,54	1,6	19	1,6	6,2
200	5,8	34	232	22	3,1	73	18	94	116	81	0,41	1,7	19	1,8	7,6
250	5,9	32	227	22	3,7	78	18	100	122	82	0,40	1,7	19	2,0	7,1

**Tabela 13.** Resultado da análise química do solo coletado na colheita - experimento 3 - 2015.

Dose de P (mg dm <sup>-3</sup> )	pH	M.O. g/dm <sup>3</sup>	Presina mg/dm <sup>3</sup>	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	CaCl <sub>2</sub>					mmolc dm <sup>-3</sup>					mg/dm <sup>3</sup>		mg/dm <sup>3</sup>			
0	5,4	29	83	36	6,0	36	8	50	85	58	21	1,33	1,7	33	1,3	6,2
50	5,6	27	87	28	5,6	37	8	50	86	67	43	1,25	1,7	32	1,7	6,2
100	5,8	28	93	28	6,3	57	11	74	91	71	43	1,31	1,7	28	1,7	7,2
150	5,9	26	159	26	6,4	60	14	80	106	76	40	1,11	1,9	27	1,7	7,8
200	6,0	28	195	24	6,5	62	15	84	109	77	55	1,08	2,1	26	1,7	9,1
250	5,8	26	187	23	6,0	62	17	88	111	79	54	1,11	2,1	23	1,7	8,8

### 3.3.3. Delineamento experimental e tratamentos

Considerando os resultados observados em 2013 e 2014 foram definidos os tratamentos.

O experimento foi instalado em blocos ao acaso, com 4 repetições. Foram avaliadas 6 doses de P: 0, 50, 100, 150, 200 e 250 mg dm<sup>-3</sup> aplicadas em uma combinação de 50% SS e 50% T, , sendo considerada uma profundidade de aplicação de 20 cm (2.000.000 de dm<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

Cada parcela correspondeu a 2 metros lineares de canteiro com 1,2 m de largura.

### 3.3.4. Instalação e condução do experimento

O solo foi preparado realizando-se gradagem e em seguida foi utilizado o rotoencanteirador, delimitando-se os canteiros. Sobre estes aplicou-se quantidade equivalente a 5 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico (Tabela 5), 80 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio, 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl, em seguida foi passado o rotoencanteirador. As parcelas foram marcadas com auxílio de estacas de madeira e o adubo fosfatado correspondente a cada tratamento foi aplicado manualmente e incorporado com o rotoencanteirador, acoplado a um marcador. Após a incorporação o solo foi umedecido via pivô central.

Foi utilizada a cultivar Ito, proveniente de cultura de meristemas e termoterapia, multiplicada em estufa telada em Guarapuava-PR e cultivada em 2014 em Santa Juliana. Bulbos classificados como 5 e 6 (portaria nº 242 do Ministério da Agricultura de 17/09/1992) foram vernalizados a 4°C por 40 dias. Após a retirada da câmara fria os bulbos foram “debulhados” sendo selecionados bulbilhos médios (peneira 2)

(SOUZA e MACÊDO, 2009), para o plantio que foi realizado manualmente. Os bulbilhos foram dispostos nos canteiros em três fileiras duplas totalizando, aproximadamente, 350.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Durante todo o ciclo a irrigação foi realizada via pivô central.

Aos 36 DAP dias foi realizada a primeira adubação em cobertura, aplicando-se manualmente quantidade equivalente a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia e 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl.

A irrigação foi reduzida aproximadamente dez dias antes da diferenciação a fim de se evitar o excesso de água.

Aos 90 DAP foram realizadas as avaliações previstas para a fase de diferenciação.

A segunda cobertura foi realizada aos 113 DAP aplicando-se o equivalente a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia e 103 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de KCl.

Durante todo o ciclo foram adotadas medidas preventivas de controle de pragas e doenças recomendadas para a cultura. A colheita foi realizada aos 121 DAP.

### **3.3.5. Avaliações**

Todas as avaliações foram realizadas dentro da área útil da parcela, desconsiderando-se 0,25 m de cada lado no comprimento do canteiro e a primeira fileira de plantio em cada lateral.

#### **3.3.5.1. Teor de macro e micronutrientes na folha diagnose**

Foram coletadas as folhas diagnose de 10 plantas por parcela, e realizada análise conforme descrito no item 3.1.5.1.

#### **3.3.5.2. Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea na diferenciação**

Foi coletada a parte aérea de 4 plantas por parcela e realizada análise conforme descrito no item 3.2.5.2.

### **3.3.5.3. Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea na colheita**

Foi coletada a parte aérea de 5 plantas por parcela e realizada análise conforme descrito no item 3.2.5.2.

### **3.3.5.4. Altura das plantas**

Realizada conforme descrito no item 3.1.5.2, sendo avaliadas 15 plantas de cada parcela, calculando-se então o comprimento médio das plantas.

### **3.3.5.5. Número de folhas**

Realizada conforme descrito no item 3.2.5.4.

### **3.3.5.6. Massa fresca de bulbos e massa de bulbos após a cura**

Foram colhidos todos os bulbos de cada parcela, cortando-se as raízes e a parte aérea, e em seguida pesando-se os bulbos para determinação da massa fresca. A colheita da parcela toda aumenta a representatividade dos dados.

Estes foram então armazenados em sacos de ráfia identificados e transportados para Botucatu onde foram armazenados em local seco e arejado por 30 dias para que ocorresse a cura. Após a cura, os bulbos foram pesados para determinação da massa de bulbo curado.

### **3.3.5.7. Classificação de bulbos**

Após a cura todos os bulbos de cada parcela foram classificados conforme descrito no item 3.1.5.4.

### **3.3.5.8. Acúmulo de macro e micronutrientes nos bulbos**

Após a cura uma amostra de 5 bulbos por parcela foi seca em estufa a 65°C, pesada, moída e analisada quimicamente quanto ao teor de macro e

micronutrientes no Departamento de Solos e Recursos Ambientais - FCA – UNESP, em Botucatu, seguindo a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997).

O acúmulo de nutrientes foi posteriormente calculado com base no teor apresentado e na massa seca da amostra de bulbos.

### **3.3.5.9. Exportação de nutrientes pela cultura**

Foi calculada a porcentagem de exportação de nutrientes (%EN) pela parte aérea (PA) e pelos bulbos (B) de alho. Não foi considerada a exportação de nutrientes pelas raízes, pois segundo Andriolli *et al.* (2008), na fase final do ciclo da cultura a massa seca do sistema radicular representa somente 5% da massa total da planta.

O cálculo foi feito dividindo-se o acúmulo de cada um dos nutrientes em cada uma das partes da planta (parte aérea ou bulbo) pelo acúmulo total de nutrientes (parte aérea + bulbo) sendo esse valor multiplicado por 100.

$$\% \text{ EN} = \frac{\text{Acúmulo do nutriente na PA ou B}}{\text{Acúmulo do nutriente na PA + B}} \times 100$$

### **3.3.5.10. Balanço nutricional de N, P e K**

Foi calculado o balanço dos nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio. Para tanto foi considerado o teor inicial desses nutrientes no solo (Tabela 11), o teor dos nutrientes e a quantidade aplicada de composto orgânico (Tabela 5), a quantidade de N, P e K adicionadas à área no plantio e em cobertura e o total de nutrientes exportados pelas plantas (parte aérea + bulbo).

### **3.3.6. Análise estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de regressão e apresentados na forma gráfica com auxílio do programa SigmaPlot 10.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2007), adotando-se como critério para escolha do modelo o menor coeficiente de regressão (p) dentre os significativos (<0,10) pelo teste t.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Experimento 1

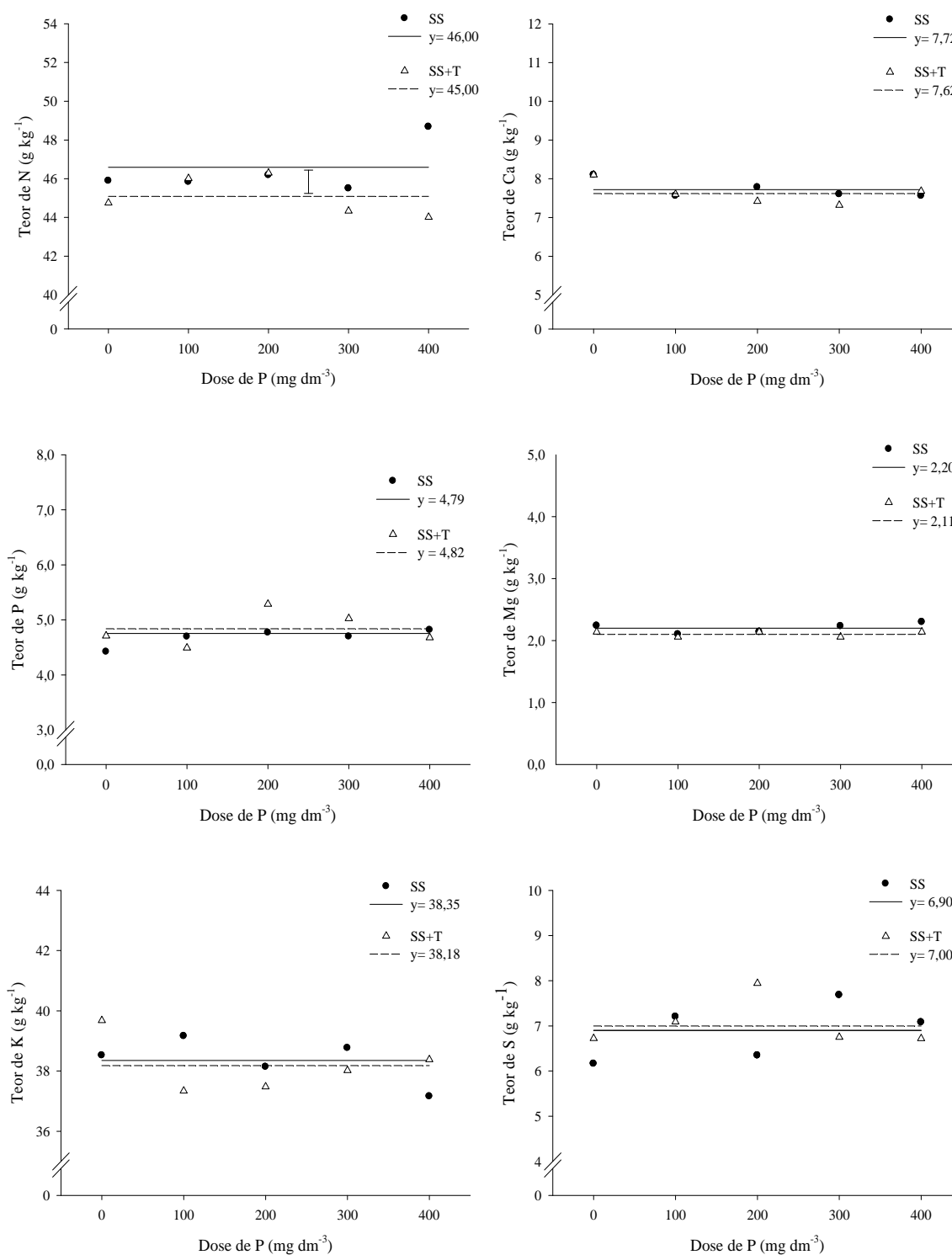
#### 4.1.1. Teor de nutrientes na folha diagnose

O teor de todos os nutrientes analisados nas folhas diagnose das plantas de alho deste experimento, estavam dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura do alho: N 35-50; P 3-5; K 35-50; Ca 6-12; Mg 2-4; S 4-6 g kg<sup>-1</sup> e B 30-60; Cu 5-10; Fe 50-100; Mn e Zn 30-100 mg kg<sup>-1</sup> (RAIJ *et al.*, 1997).

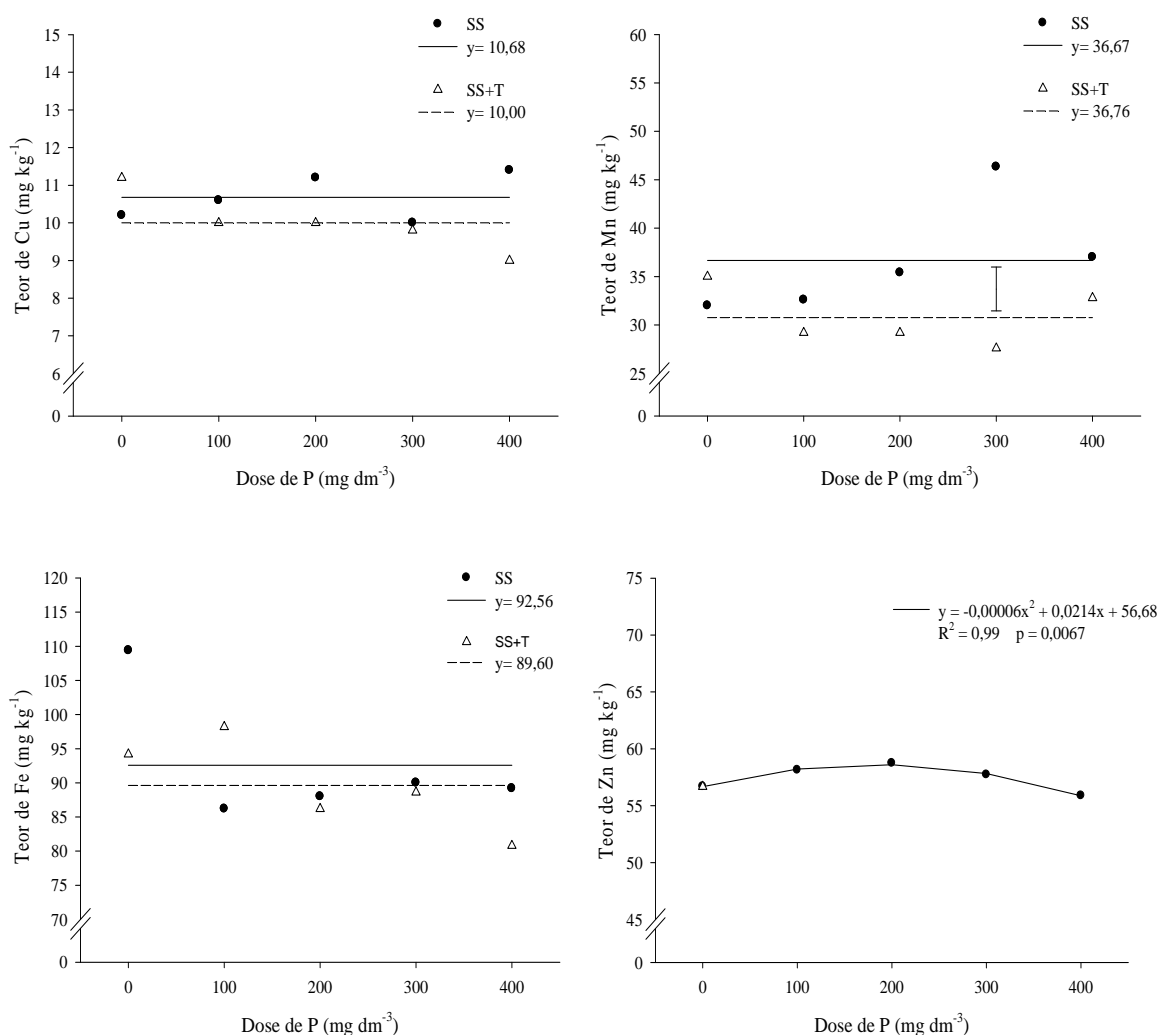
As fontes (SS e SS+T) e doses de P aplicadas não alteraram os teores dos nutrientes P, K, Ca, Mg, S, Cu e Fe nas folhas diagnose das plantas de alho (Figuras 4 e 5). Os teores de N e Mn foram influenciados somente pelas fontes de P ( $p < 0,05$ ), sendo maiores nas plantas onde foi aplicado SS (Figuras 4 e 5). O teor de Zn apresentou efeito apenas das doses de P com ajuste quadrático. O maior teor de Zn na folha diagnose das plantas de alho (59 mg kg<sup>-1</sup>) foi observado na dose estimada: 178 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 5).

Não foi observada elevação nos teores de P na folha diagnose em função das doses de P aplicadas, diferindo do que foi observado por Büll *et al.* (2008) na parte aérea das plantas em diferentes tipos de solo. Além da diferença na parte da planta

analisada, a dose inicial de P nos solos (2 e 3 mg dm<sup>-3</sup>) era consideravelmente menor que a observada no solo utilizado neste experimento o que pode justificar a diferença de comportamento.



**Figura 4.** Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%.



**Figura 5.** Teores de Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%.

Büll *et al.* (1998) e Büll *et al.* (2008) observaram aumento nos teores de N nas plantas de alho na fase de diferenciação, em função das doses de P aplicadas, contrariando o que foi observado neste estudo. Os autores ressaltam que essa interação sinérgica entre o P e o N nesta cultura, ocorre especialmente em solos com menor teor de argila, como o Neosolo QuartzarênicoNQ (20 g kg<sup>-1</sup>). O solo onde foi conduzido o presente estudo apresenta teor de argila de 497g kg<sup>-1</sup>, o que pode justificar a não existência de interação entre os teores de N nas folhas e as doses de P aplicadas. Deve-se considerar que neste experimento foi analisada a folha diagnose e nos experimentos realizados por Büll *et al.* (1998 e 2008) foi utilizada toda a parte aérea das plantas.

Em solo com baixo teor de argila, Büll *et al.* (1998 e 2008) observaram paralelismo entre as doses de P aplicadas e o teor de Mn na parte aérea das



plantas, neste experimento não foi observado esse efeito. Houve diferença apenas entre as fontes de P utilizadas, onde foi utilizado SS o teor de Mn nas folhas foi superior, diferentemente do esperado, pois o termofosfato apresenta Mn em sua composição. Porém o termofosfato apresenta ação alcalinizante (GOEDERT *et al.*, 1985), podendo desta forma reduzir a disponibilidade de micronutrientes (COUTINHO *et al.*, 1993).

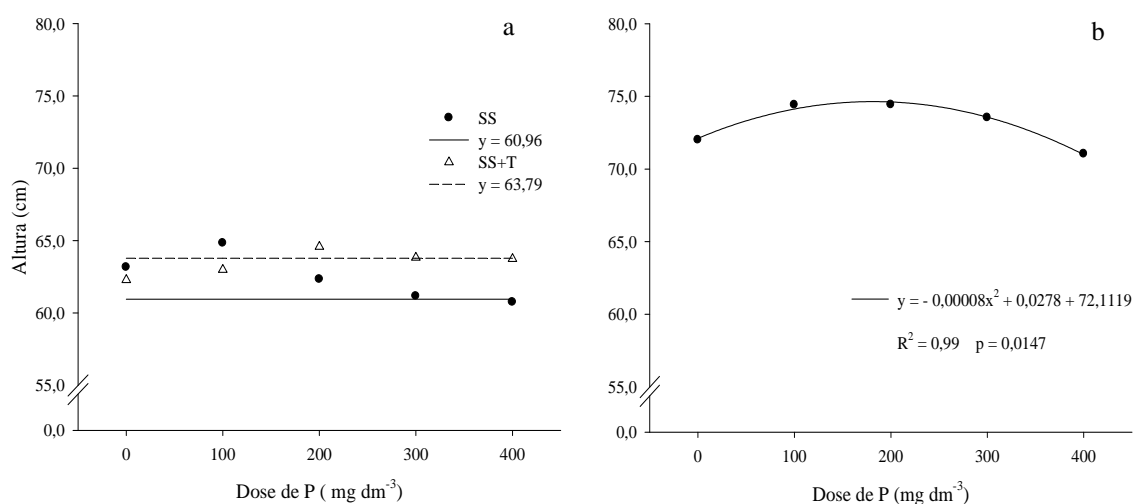
Quanto ao teor de Zn na folha diagnose, a partir da dose calculada de  $178 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, observa-se efeito antagônico do P em relação ao Zn. A interação entre P e Zn é um assunto bastante controverso e complexo. Na interação mais comumente observada, ocorre redução no teor foliar de Zn em decorrência da aplicação de P ao solo, o que pode ser devido à diminuição da absorção de Zn, devido à alteração do pH da rizosfera, o que também pode causar a precipitação do Zn reduzindo sua disponibilidade para as plantas (ARAUJO e MACHADO, 2006). Essa diminuição do Zn foliar também pode ser efeito da diluição, ocorre aumento da taxa de crescimento das plantas pela aplicação de P, mas a absorção de Zn não aumenta de forma rápida o suficiente, promovendo uma diluição do Zn (OLSEN 1972, LONERAGAN e WEEB 1993). Também pode ocorrer diminuição da absorção de Zn, em condições de alto fornecimento de P, devido aos cátions acompanhantes e íons de  $\text{H}^+$  gerados pelas fontes de P (LONERAGAN e WEEB, 1993), porém, são mais importantes em soluções nutritivas. Loneragan *et al.* (1979), verificando a redução na absorção de Zn, sugeriram que ela poderia ter sido causada pela aplicação de P ou que o Ca, oriundo do fertilizante fosfatado, teria inibido a absorção do micronutriente. Deve-se considerar também que no transporte do Zn dentro da planta primeiramente são supridas as exigências das raízes e em seguida este é transportado para parte aérea (OLSEN 1972). Loneragan e Webb (1993) relatam que sob condições de altas doses de fosfato, o P pode imobilizar o zinco nas raízes, formando fitatos de zinco.

Büll *et al.* (2008) não observaram efeitos antagônicos do P na absorção do Zn, o que seria comum em solos que receberam altas doses de fertilizantes fosfatados (STUKENHOLTZ *et al.*, 1966; BOAWN e BROWN, 1968; EDWARDS e KAMPRATH, 1974). Os autores relacionam essa não interação do às altas temperaturas médias ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ocorridas durante o período de cultivo no inverno, o que teria favorecido a absorção de zinco (EDWARDS e KAMPRATH, 1974). Esses resultados concordam com os observados por Büll *et al.* (1998 e 2004).

#### 4.1.2. Características de planta, produção e classificação de bulbos

Na fase de diferenciação (60 DAP) a altura das plantas (Figura 6 a) não diferiu em função das fontes e doses de P aplicadas ( $p < 0,05$ ). Nessa fase a altura das plantas variou entre 61,0 e 63,8 cm.

Na colheita, apenas as doses de P influenciaram significativamente a altura das plantas. O efeito das doses ajustou-se a um modelo quadrático e a dose estimada de  $174,0 \text{ mg dm}^{-3}$  de P corresponde à altura máxima das plantas nessa fase: 74,5 cm (Figura 6 b).

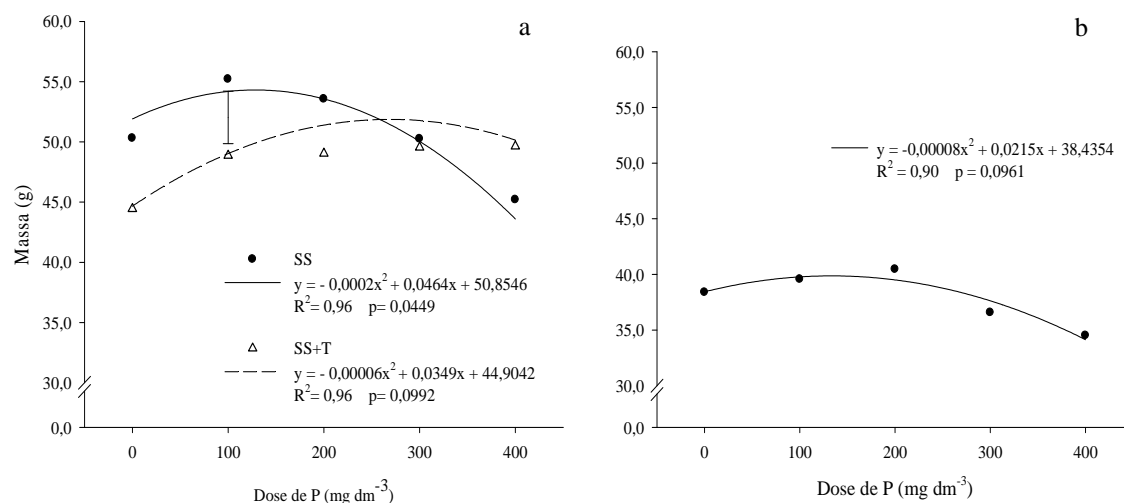


**Figura 6.** Altura das plantas de alho (cm) nas fases de diferenciação (a) e colheita (b) em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano).

Trabalhando com alho livre de vírus, Jacon (2013) também não observou diferença de altura entre os tratamentos com SS ou SS+T, porém a altura média das plantas na diferenciação foi maior que a deste experimento: 80,7 cm. Büll *et al.* (1998) observaram que o aumento das doses de fósforo afetou negativamente o desenvolvimento inicial das plantas nos tratamentos onde foi utilizada adubação orgânica, porém na avaliação realizada na fase de diferenciação não foi observado efeito significativo das doses de P, como ocorreu neste experimento. Os autores atribuem esse comportamento a um possível efeito danoso promovido por níveis elevados de P no desenvolvimento inicial das plantas e que seria atenuado pelo crescimento da planta, sobretudo a partir da diferenciação. Após a diferenciação, não observaram efeito significativo das doses de P, diferindo deste experimento onde houve redução na altura das plantas nas doses mais elevadas (Figura 6 b).

Em outro experimento, Büll *et al.* (2008) verificaram resultado diferente, houve aumento da altura das plantas na fase de diferenciação com o aumento das doses de P no Latossolo Vermelho Distrófico e no Latossolo Vermelho Distroférrico, no Neossolo Quartzarênico houve redução da altura das plantas na maior dose, o que foi atribuído ao possível efeito tóxico do Mn neste solo. Outros autores avaliaram o efeito de doses de N na altura das plantas de alho e observaram plantas com alturas superiores às observadas neste experimento (Büll *et al.*, 2002, Lima 2005; Fernandes, 2008 e Souza *et al.*, 2011), dentre eles, apenas Lima (2005) observou efeito negativo das doses de N na altura das plantas.

A análise de variância para a massa de bulbos avaliada na colheita (Figura 7a) indicou que houve interação significativa entre as fontes e doses de P aplicadas ( $p < 0,01$ ), discordando de Jacon (2013) que não observou efeito significativo das fontes de P. As equações quadráticas foram as que melhor se ajustaram à massa fresca dos bulbos para ambas as fontes de P aplicadas. É possível observar que houve diferença significativa entre as fontes apenas na dose 100 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 7). Para a fonte SS, a massa fresca dos bulbos aumentou até a dose de 116 mg dm<sup>-3</sup> e para a fonte SS+T até a dose de 290,8 mg dm<sup>-3</sup>, obtendo-se massas de 53,6 e 50,0 g bulbo<sup>-1</sup>, que correspondem respectivamente a produtividades de 18,7 e 17,5 t ha<sup>-1</sup>.



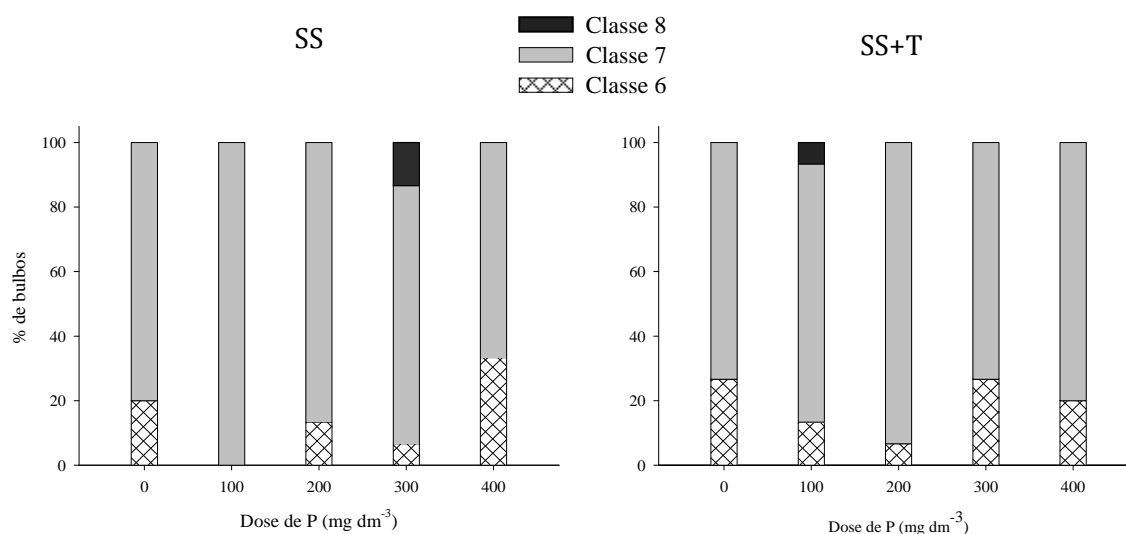
**Figura 7.** Massa de bulbos de alho na colheita (a) e após a cura (b) em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%.

As fontes de P aplicadas não influenciaram a massa de bulbos após a cura (Figura 7b), havendo efeito significativo apenas das doses com ajuste quadrático. A maior massa de bulbo após a cura 39,8 g bulbo<sup>-1</sup> foi calculada na dose de 134 mg dm<sup>-3</sup> de

P, que corresponde à produtividade de 13,6 t ha<sup>-1</sup> de bulbos curados. Esse resultado concorda com os resultados apresentados por Büll *et al.* (1998, 2004 e 2008), referentes a experimentos realizados com alho multiplicado de forma convencional, e por Villas Bôas *et al.* (2008), trabalhando com alho com baixa infestação de vírus. Macêdo *et al.* (2011), utilizando plantas livres de vírus observou que houve redução linear da produtividade com o aumento nas doses de fósforo avaliadas (200, 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), no entanto o solo utilizado apresentava baixo teor inicial de fósforo disponível, diferindo do solo utilizado no presente experimento cujo teor é considerado alto (RAIJ *et al.*, 1997).

Observa-se na Figura 8, que as fontes de P influenciaram pouco a classificação dos bulbos e que a maior dose de P aplicada influenciou negativamente a classificação quando foi utilizado SS.

Neste experimento foram classificados apenas 3 bulbos por parcela e entre estes não foram observados bulbos nas classes 3, 4 e 5, menos valorizadas no mercado. Porém para que esta avaliação pudesse apresentar dados mais representativos, deveria ter sido avaliado um maior número de bulbos por parcela.



**Figura 8.** Porcentagem de bulbos por classe (Ministério da Agricultura - Portaria nº 242 de 17 de setembro de 1992) em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano).

#### 4.1.3. Teor e acúmulo de nutrientes nos bulbos

Não foi observado efeito das fontes e doses de P aplicadas nos teores de P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn nos bulbos de alho analisados após a cura (Figuras 9 e 10). Os teores de N e S apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas

entre as fontes aplicadas, sendo observado maior teor de ambos nos bulbos onde foi aplicado somente SS. A presença de enxofre na composição do SS pode explicar sua maior concentração nos bulbos onde foi aplicada somente essa fonte.

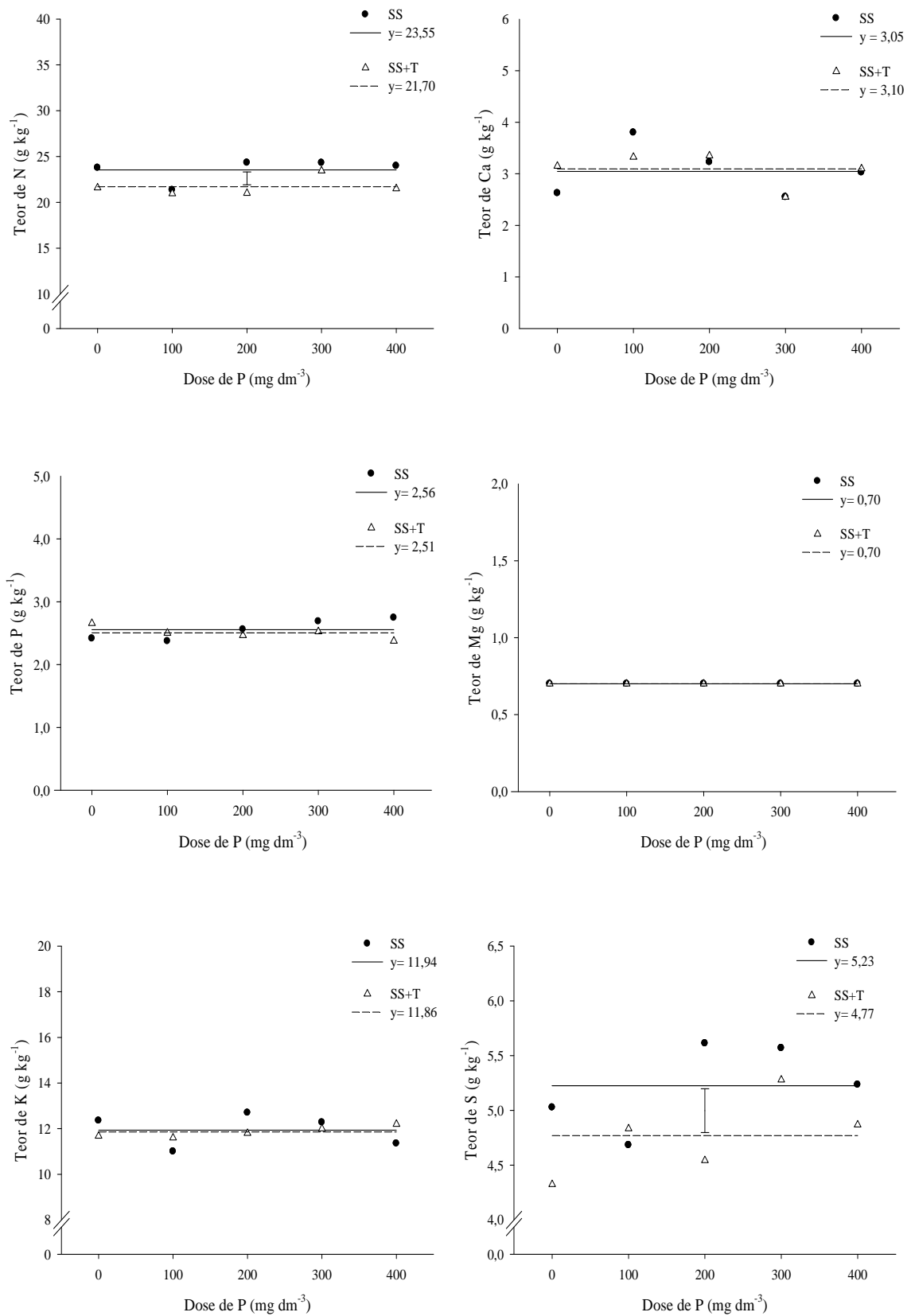
O acúmulo de macro e micronutrientes nos bulbos não foi influenciado pelas fontes e doses de P aplicadas, com exceção do Mn, que apresentou diferença significativa entre as fontes na dose mais alta, sendo mais acumulado nos bulbos nos tratamentos onde foi utilizada a combinação SS+T (Figuras 11 e 12).

Os bulbos apresentaram a seguinte ordem de acúmulo de macronutrientes: N>K>S>Ca>P>Mg, exceto no tratamento onde foi aplicada a dose de 300 mg dm<sup>-3</sup> de P com a fonte SS. Jacon (2013) observou a mesma sequência de acúmulo que a observada nessa dosagem, onde o P foi mais acumulado que o Ca. Esses resultados discordam dos observados por Andrioli *et al.* (2008), onde os bulbos acumularam os macronutrientes na seguinte ordem: N>Ca>S>K>P>Mg, havendo menor acúmulo de K e S que o observado neste experimento. O acúmulo de S no alho está ligado ao acúmulo de compostos sulfurosos responsáveis pelo odor característico (RESENDE e CECÍLIO FILHO, 2009) e, juntamente com outros compostos, por suas propriedades antioxidantes.

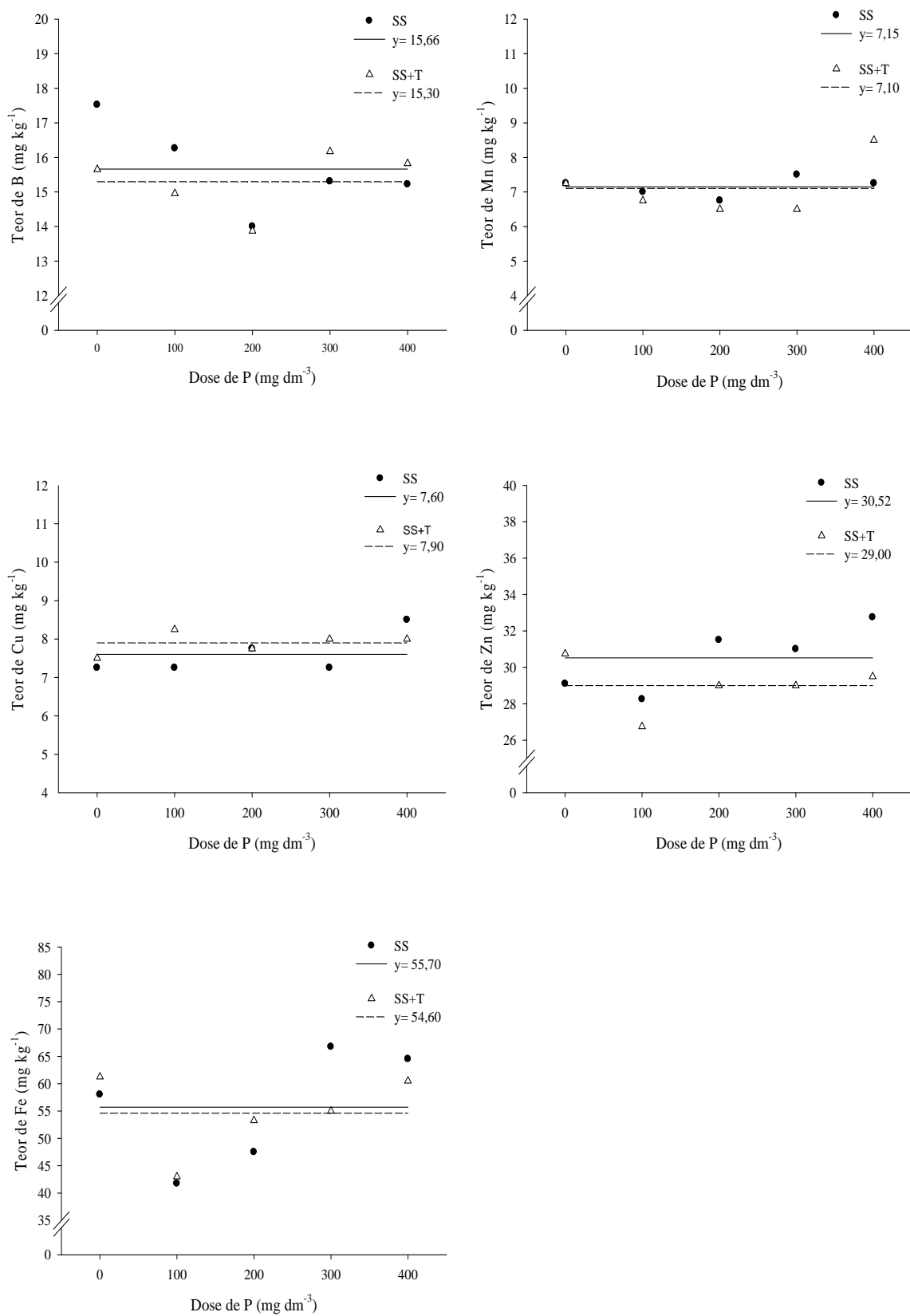
Já os micronutrientes apresentaram a seguinte sequência de acúmulo: Fe>B>Cu>Zn>Mn, havendo algumas variações de acúmulo de Cu, Zn e Mn entre as doses, porém em todas elas os micronutrientes mais acumulados foram Fe e B. Esses resultados diferem dos apresentados por Andrioli *et al.* (2008) e Jacon (2013) que observaram maior acúmulo de Fe e Zn nos bulbos na fase de colheita.

Apesar de não haver diferença significativa entre as fontes aplicadas, observa-se que os tratamentos onde foi aplicado apenas SS apresentaram maior acúmulo de N, P, S e Zn. Considerando a presença de enxofre e maior solubilidade do SS, pode-se considerar que nesses tratamentos houve uma disponibilidade maior de P e S para as plantas, justificando o maior acúmulo. O maior acúmulo de N poderia ser justificado pelo maior acúmulo de P, pois há relatos de correlação positiva entre o acúmulo de N na parte aérea de plantas de alho e doses de P aplicadas no solo (BÜLL *et al.*, 1998; SUMNER e FARINA, 1986).

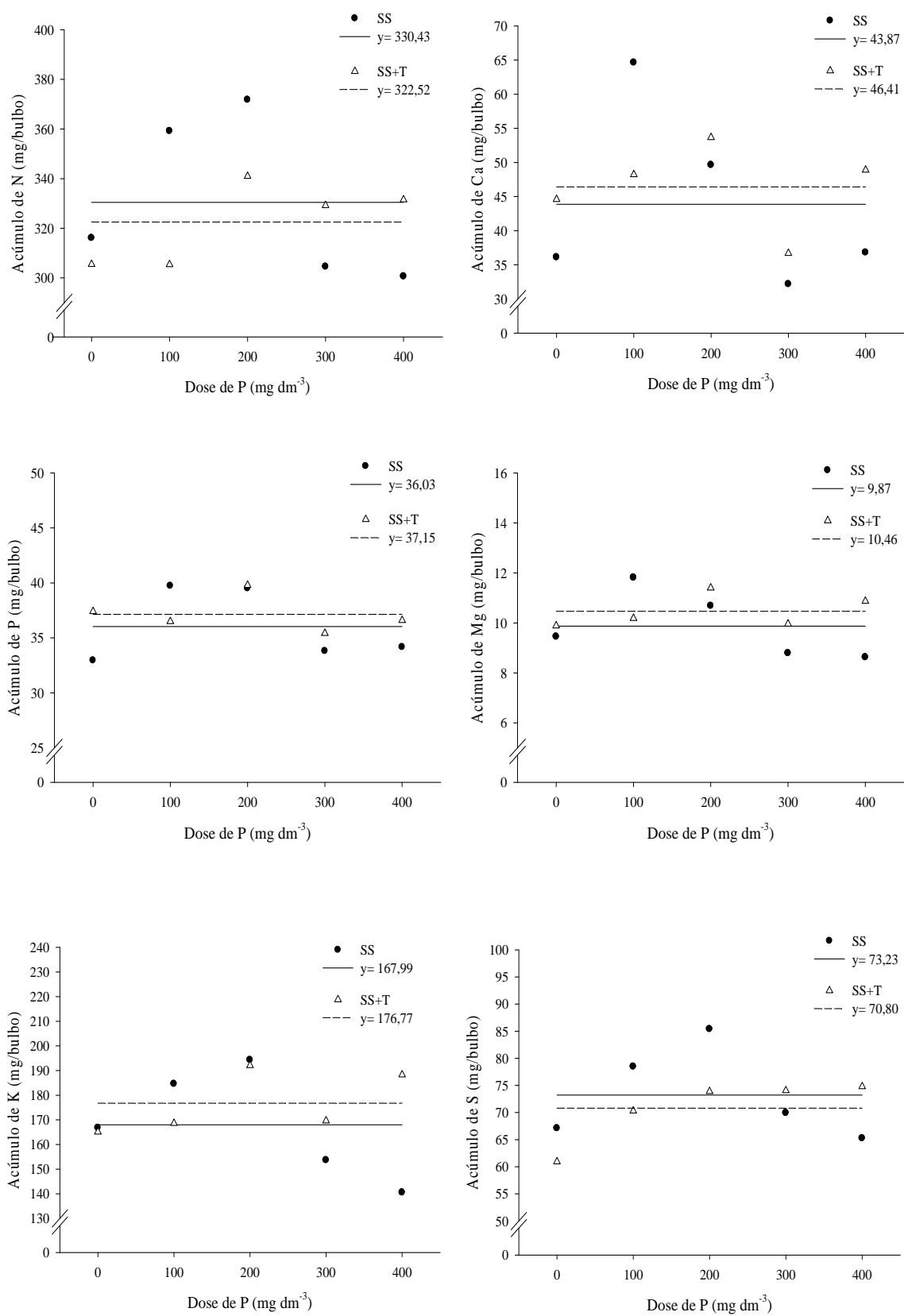
Os demais nutrientes foram mais acumulados nos tratamentos que receberam aplicação de SS+T, lembrando que o termofosfato magnésiano também apresenta em sua composição Mg, B, Cu, Fe e Mn, justificando o maior acúmulo nesses tratamentos.



**Figura 9.** Teores de N, P, K, Ca, Mg e S nos bulbos de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%.

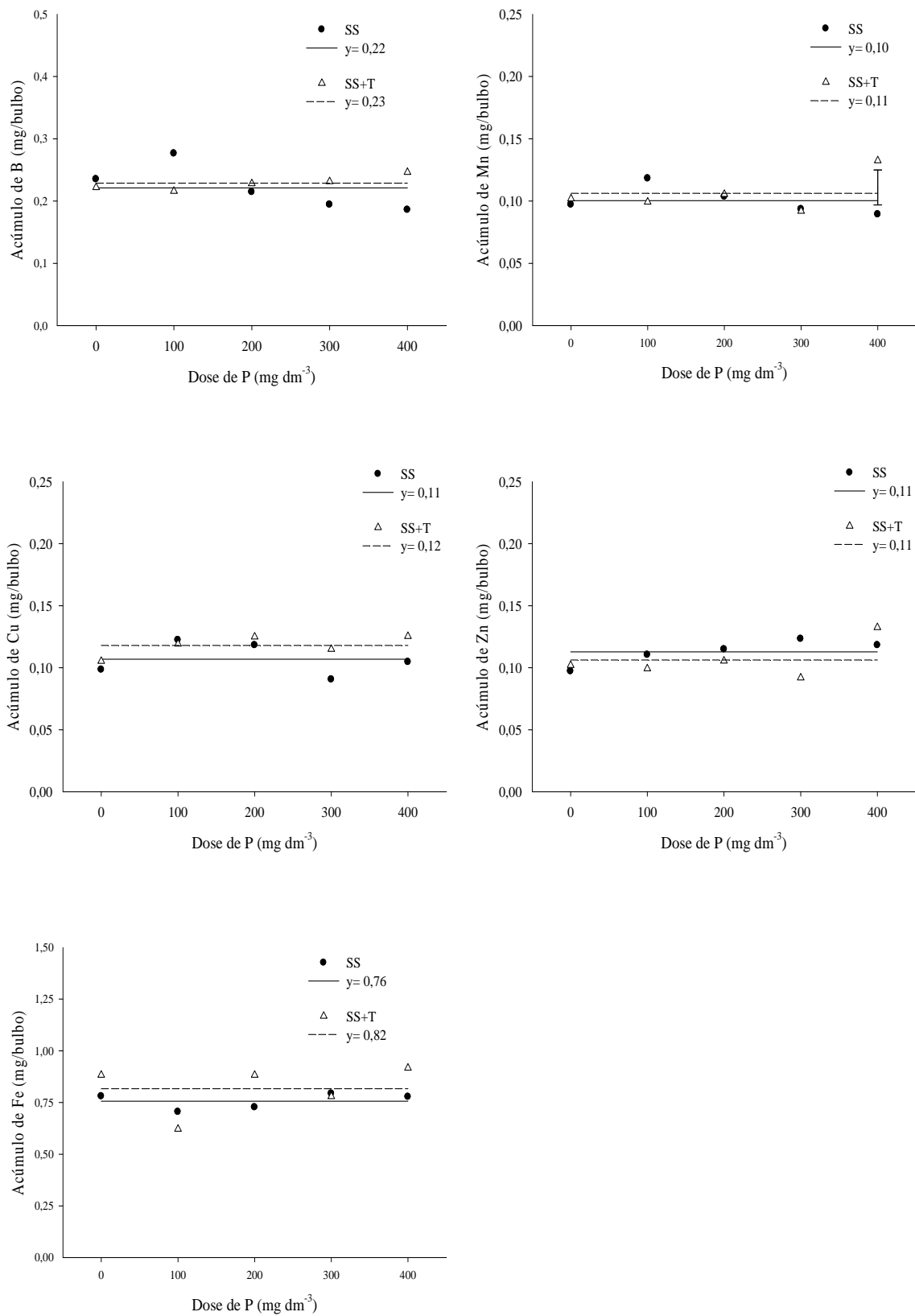


**Figura 10.** Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos bulbos de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%.



**Figura 11.** Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S nos bulbos de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnésiano). Barra vertical indica a DMS a 5%.





**Figura 12.** Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos bulbos de alho em função de fontes e doses de P. (SS: superfosfato simples; SS+T: superfosfato simples + termofosfato magnesiano). Barra vertical indica a DMS a 5%.

#### 4.1.4. Considerações

O experimento foi implantado em área de produção comercial. A fonte de P utilizada rotineiramente pelo produtor é a mistura de 50% SS e 50% T. O uso da mistura de termofosfato magnésiano e superfosfato simples contempla uma fonte solúvel, que disponibiliza prontamente o fósforo, fornece ainda Ca e S e apresenta reação ácida com o solo e uma fonte de fósforo insolúvel em água, de liberação mais lenta, reação alcalina e contendo Ca e Mg. Dessa forma haveria uma disponibilização “parcelada” de fósforo ao longo do ciclo da cultura, podendo levar a uma maior eficiência do aproveitamento do P aplicado pelas plantas. Diante disso, a fonte SS+T foi escolhida para ser utilizada nos experimentos subsequentes.

Os resultados de massa e classificação de bulbos indicam que as maiores doses de P utilizadas ocasionaram redução na produção e bulbos menores. Assim, no experimento seguinte, foi reduzido o intervalo entre as doses para um maior detalhamento do efeito destas, sobre a produção da cultura e a maior dose foi eliminada.

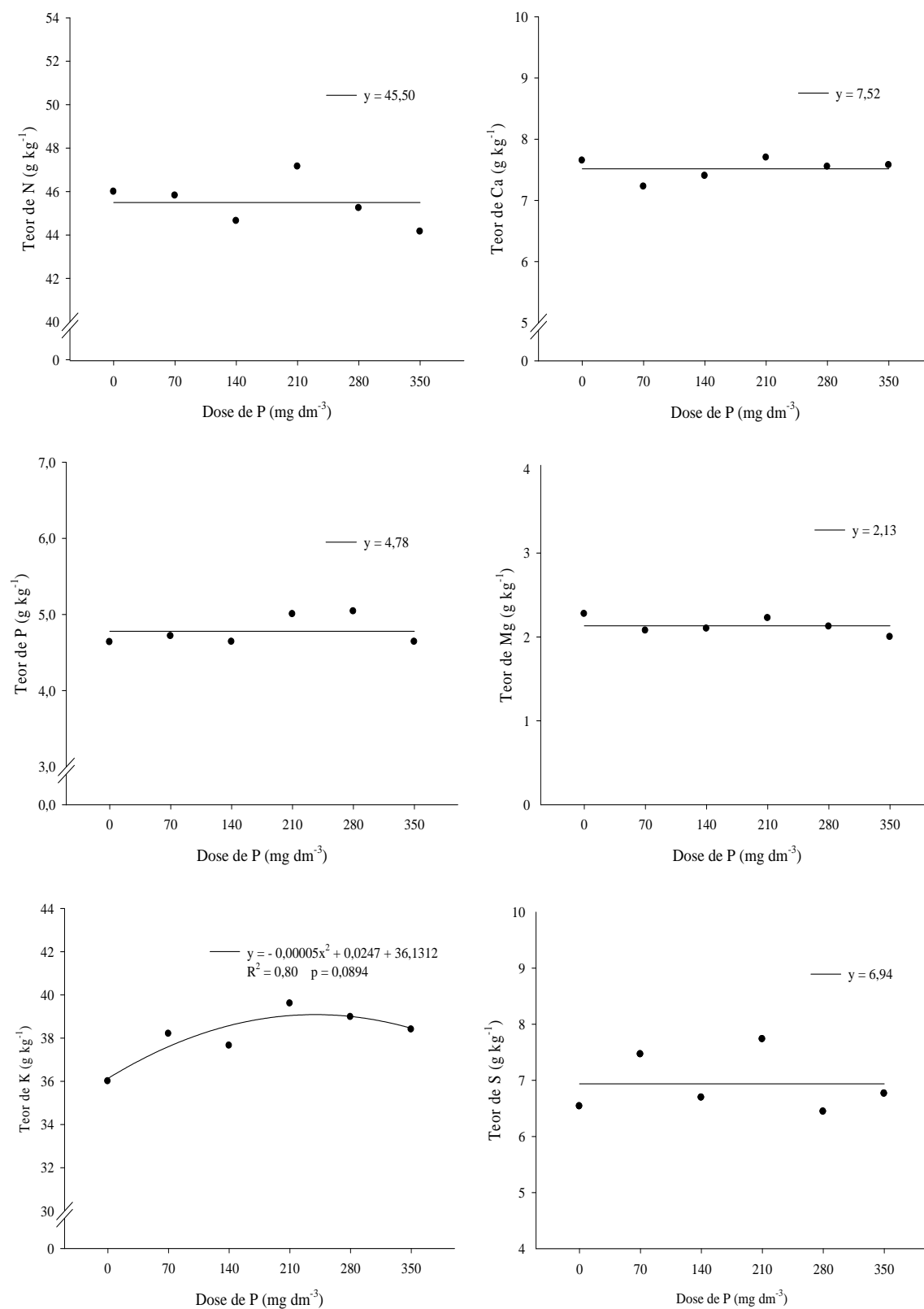
## 4.2. Experimento 2

### 4.2.1. Teor de nutrientes na folha diagnose

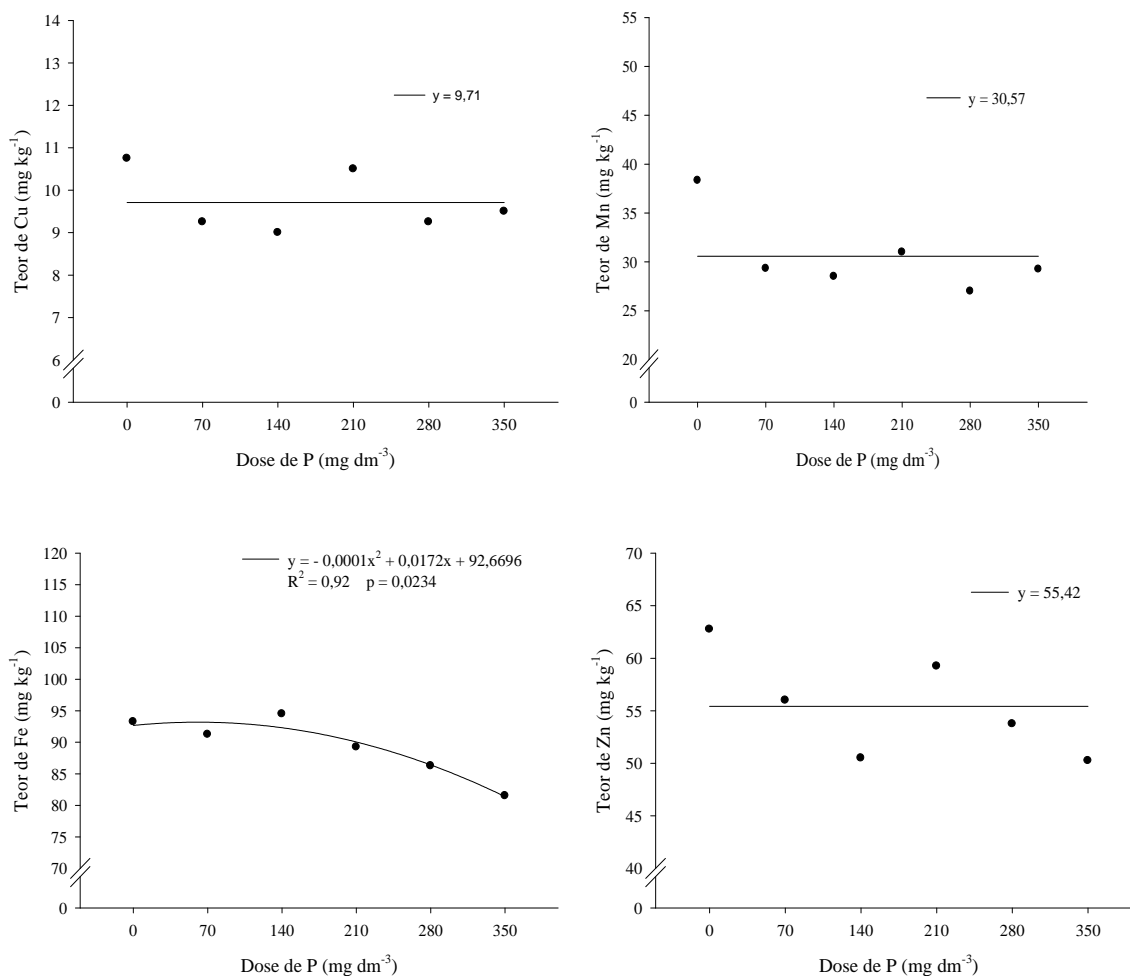
Os resultados da análise química da folha diagnose demonstraram que o teor de todos os nutrientes analisados encontrava-se dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura do alho (RAIJ *et al.*, 1997).

As doses de P aplicadas não alteraram os teores de N, P, Ca, Mg, S, Cu, Mn e Zn nas folhas diagnose das plantas de alho (Figuras 13 e 14). Os teores de K e Fe foram influenciados pelas doses de P e os dados foram ajustados ao modelo quadrático. O maior teor de K na folha diagnose das plantas de alho ( $39,2 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi observado na dose estimada de  $247 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (Figura 13). Já o maior teor de Fe,  $93,4 \text{ mg kg}^{-1}$ , foi calculado na dose de  $86 \text{ mg dm}^{-3}$  de P. O teor de P na folha diagnose não variou significativamente em função das doses de P aplicadas, assim como ocorreu no experimento 1. Esse resultado pode ser justificado pelo elevado teor inicial de P no solo, duas vezes maior que o observado no solo onde foi implantado o experimento 1 e quase 40

vezes maior que nos solos utilizados nos experimentos de Büll *et al.* (2008) onde os teores de fósforo nas plantas cresceram proporcionalmente às doses aplicadas do nutriente.



**Figura 13.** Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose de alho vernalizado livre de vírus em função de doses de P.



**Figura 14.** Teores de Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de alho de alho vernalizado livre de vírus em função de doses de P.

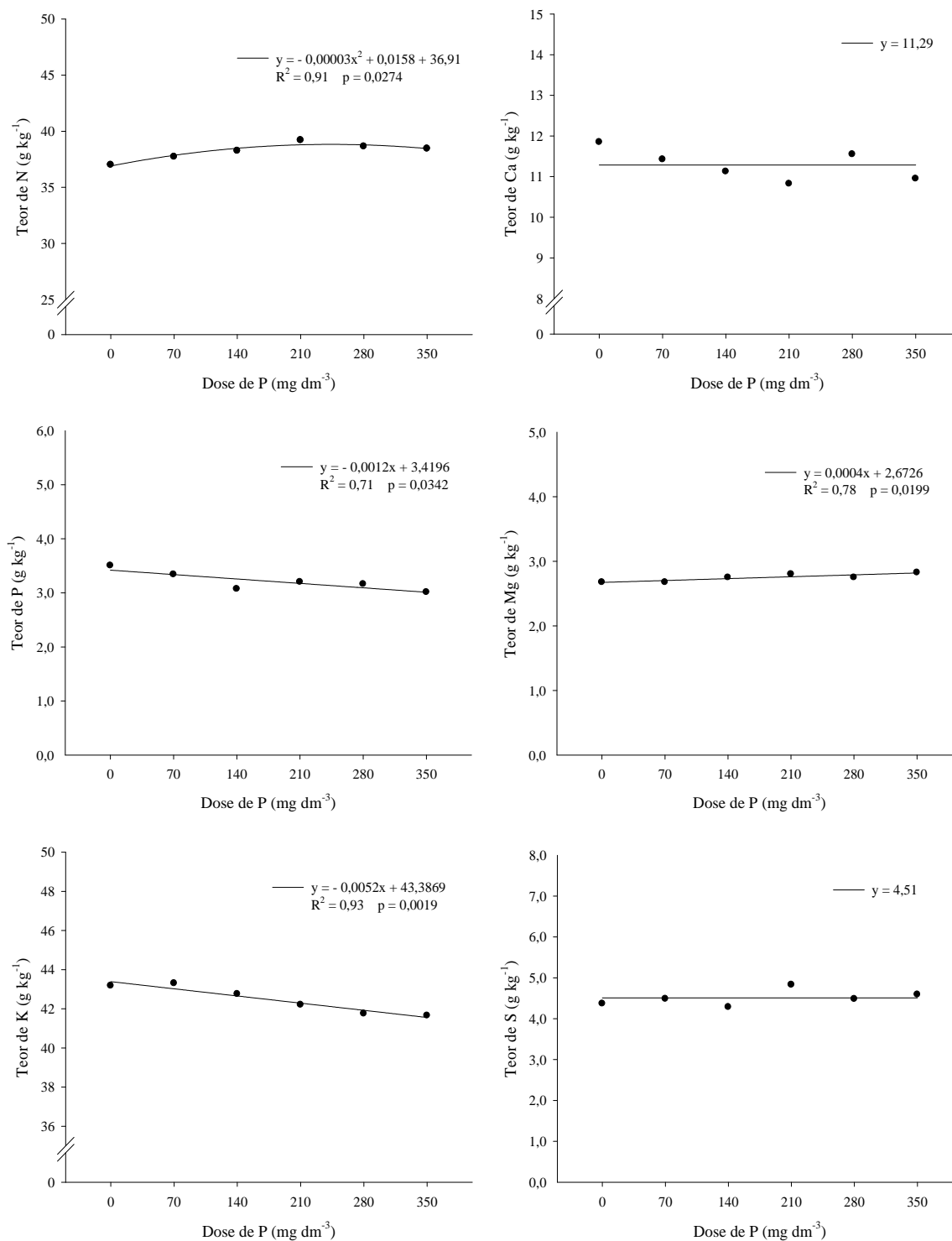
#### 4.2.2. Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação

Os teores de Ca, S, B, Cu e Fe na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação não foram influenciados pelas doses de P aplicadas (Figuras 15 e 16).

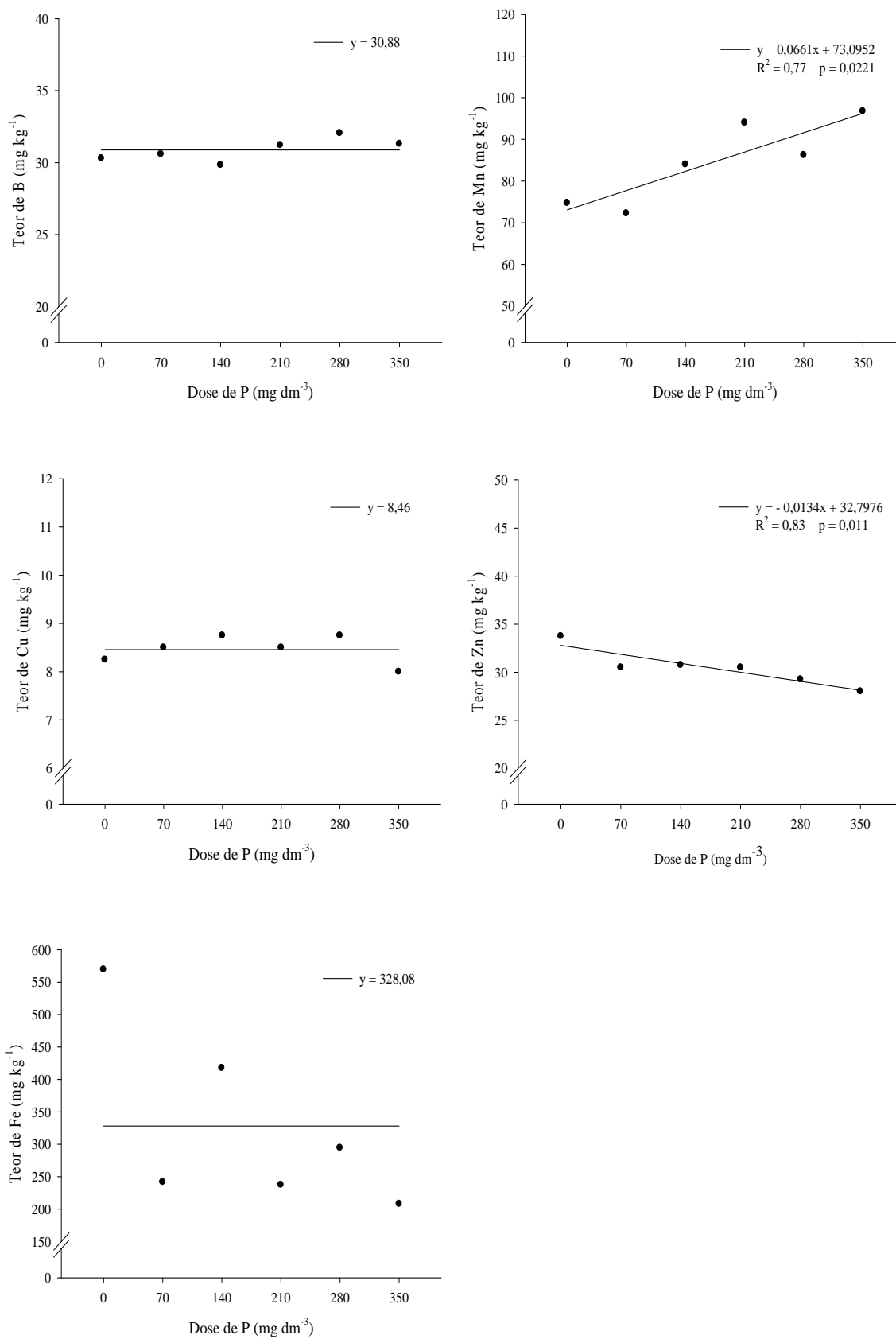
Os teores de P, K e Zn reduziram linearmente com a elevação das doses de P aplicadas e os teores de Mg e Mn aumentaram linearmente na parte aérea das plantas com o aumento das doses. O teor de N foi ajustado ao modelo quadrático, sendo o maior teor (39 g kg<sup>-1</sup>) observado na dose de 263 mg dm<sup>-3</sup> de P.

O acúmulo de Ca, Mg, S, B e Cu na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação não variou significativamente em função das doses de P aplicadas (Figuras 17 e 18). Já o acúmulo de N, P e Zn foi influenciado pelas doses de P e os resultados foram ajustados ao modelo quadrático, sendo o maior acúmulo de N (168,7 g

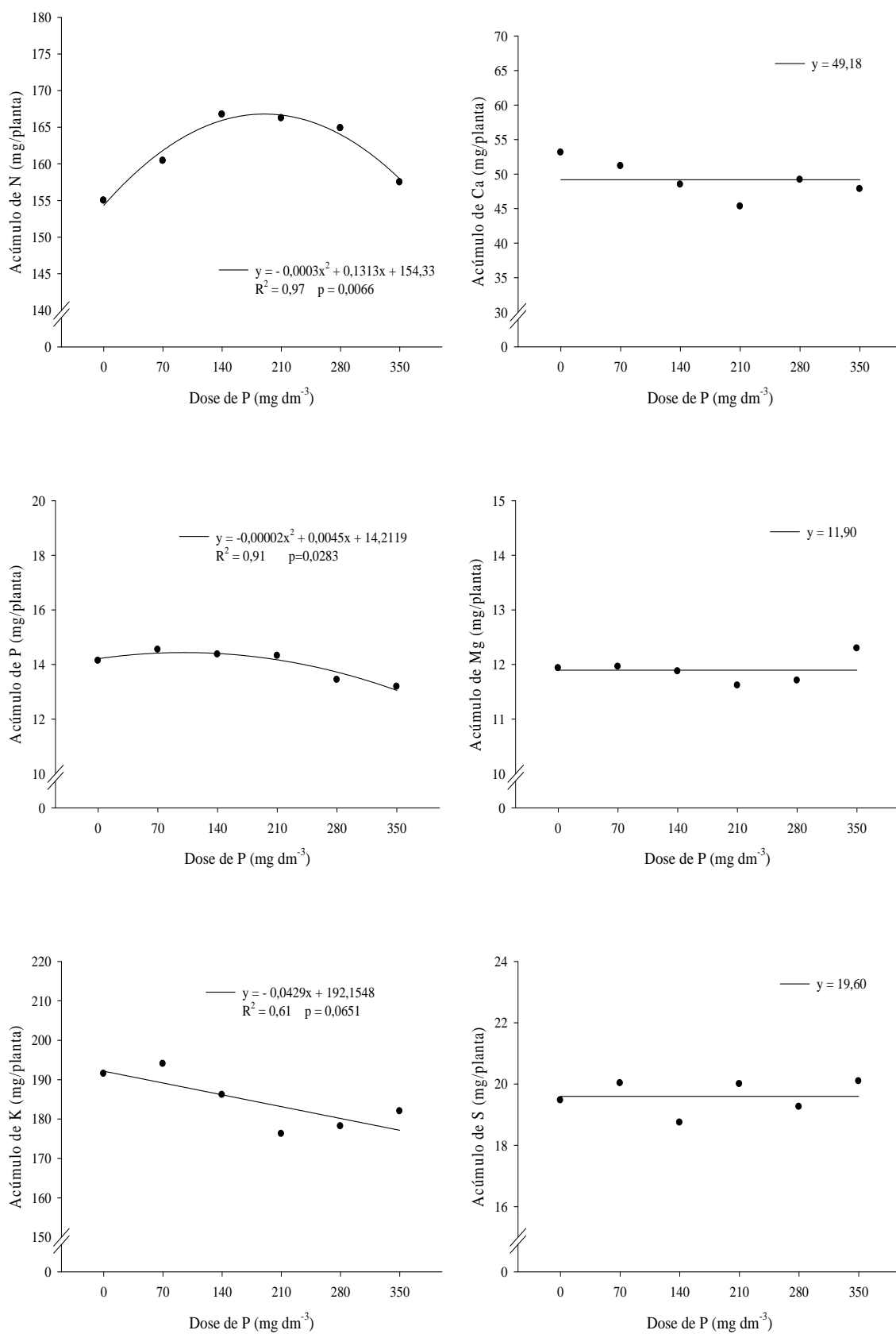
planta<sup>-1</sup>), P (14,5 g planta<sup>-1</sup>) e Zn (g planta<sup>-1</sup>) observados nas doses calculadas de 219, 113 e 83 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. O acúmulo de K, Mn e Fe também variou significativamente com as doses de P, as equações lineares foram as que melhor se ajustaram aos resultados.



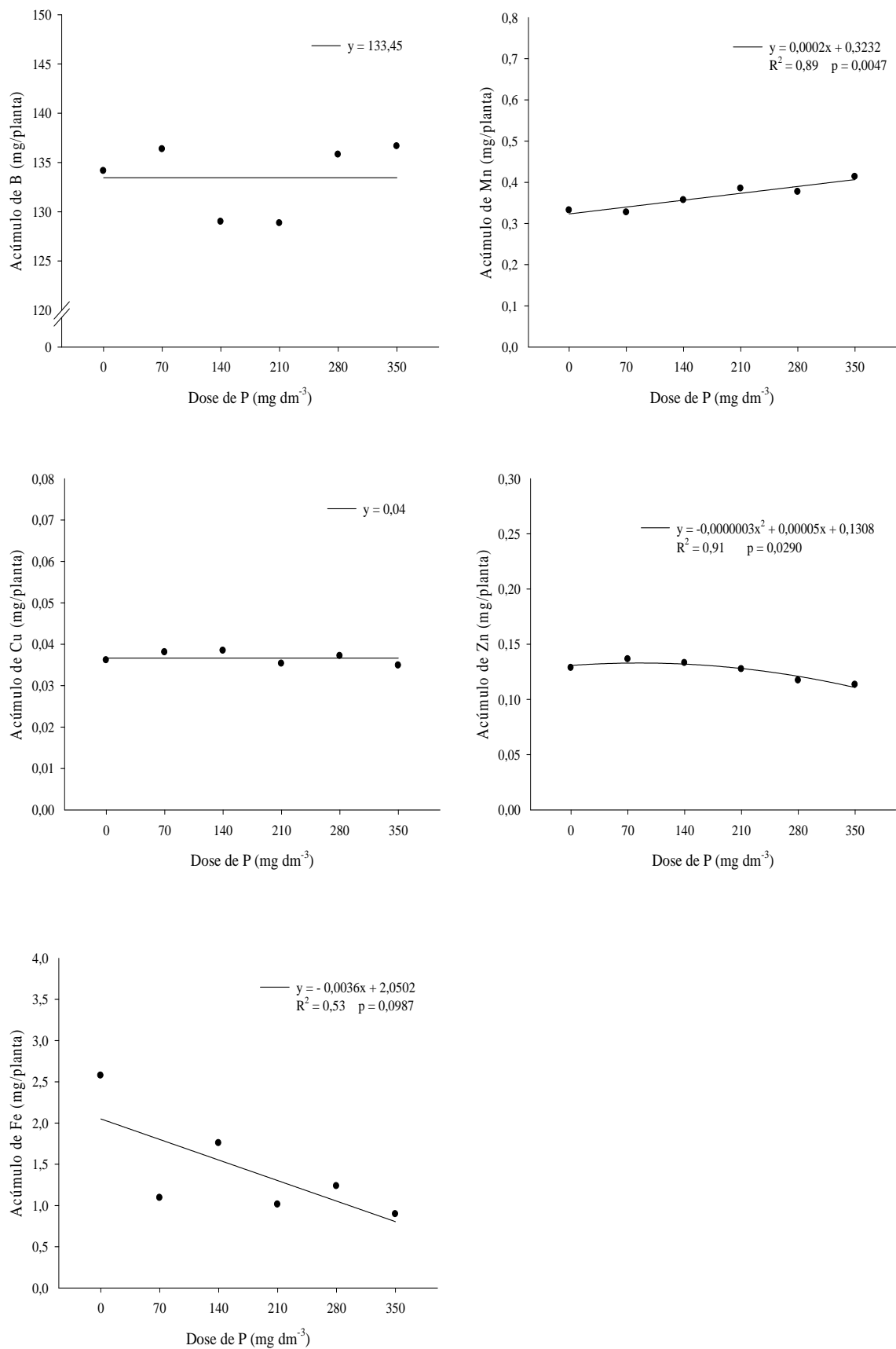
**Figura 15.** Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação em função de doses de P.



**Figura 16.** Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação em função de doses de P.



**Figura 17.** Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação em função de doses de P.

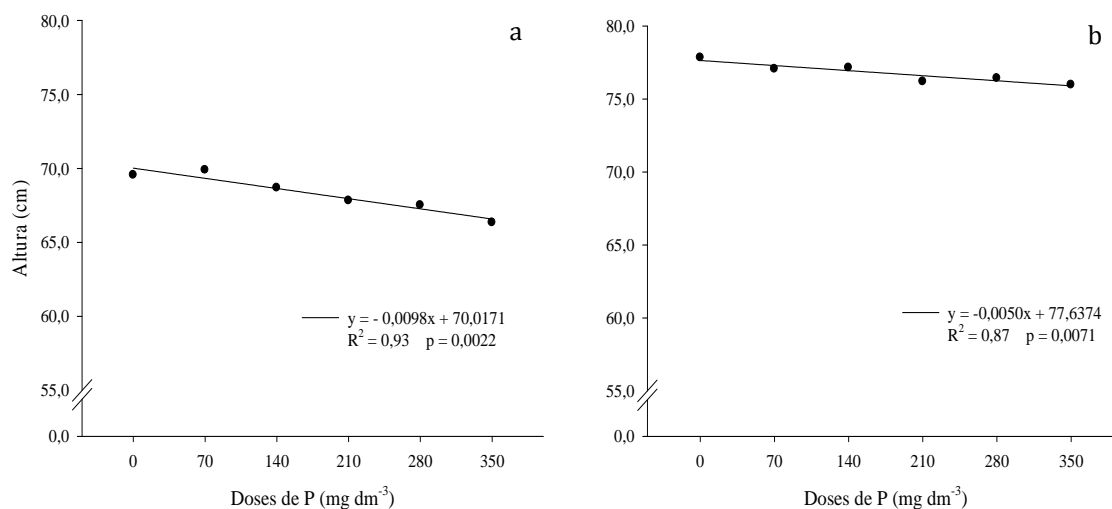


**Figura 18.** Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação em função de doses de P.



### 4.2.3. Características de planta, produção e qualidade de bulbos

Na fase de diferenciação (70 DAP) e no momento da colheita (126 DAP) foi observada redução da altura das plantas com o aumento das doses de P aplicadas e os dados foram ajustados ao modelo linear (Figura 19).



**Figura 19.** Altura das plantas de alho (cm) nas fases de diferenciação (a) e colheita (b) em função de doses de P.

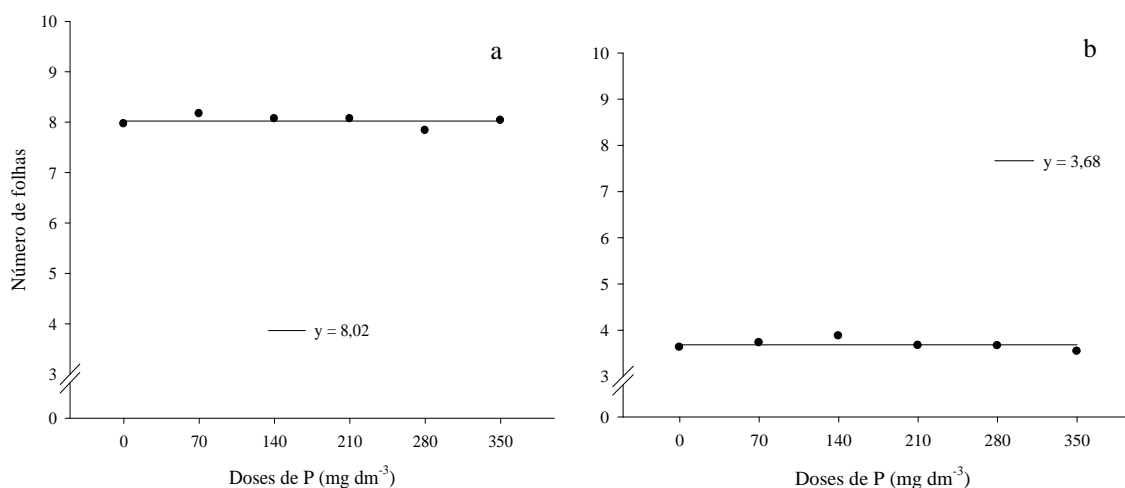
Esse comportamento difere do observado no experimento realizado em 2013 e assemelha-se ao observado por Büll *et al.* (2008) que, trabalhando com alho multiplicado de forma convencional em Neossolo Quartzarênico (NQ) e Latossolo Vermelho Distrófico (LE), atribuíram esse resultado a um possível efeito tóxico da elevação do teor de Mn no solo em função das doses de P aplicadas. Büll *et al.* (2004) também observaram efeito semelhante. O solo utilizado neste experimento apresenta, na camada de 0 a 20 cm, teor de argila de 339 g kg<sup>-1</sup> (Tabela 10) e a análise química realizada no momento da diferenciação (Tabela 8) indica que os teores de Mn encontram-se dentro da faixa de teor médio (RAIJ *et al.*, 1997). Ainda assim, verifica-se que também houve uma elevação no teor de Mn do solo com o aumento das doses de P (Tabela 8) e um aumento linear significativo do teor e acúmulo de Mn na parte aérea das plantas na fase de diferenciação (Figuras 16 e 18), sendo os teores observados semelhantes aos observados por Büll *et al.* (2008) em LE e inferiores aos observados em NQ e por Büll *et al.* (2004).

Há relatos conflitantes sobre o efeito do P no teor de Mn nas plantas, podendo este variar entre positivo, neutro e negativo, dependendo do pH do solo e da relação Ca/P na solução do solo (JONES *et al.*, 1991). O excesso de Mn nas plantas

pode reduzir a absorção de Ca, Mg e micronutrientes, especialmente o Fe. Neste experimento os resultados não demonstraram redução na absorção de Ca e Mg, no entanto observa-se redução no teor de Fe na folha diagnose e no acúmulo de Fe pela parte aérea das plantas, nas doses mais elevadas de P. Dessa forma pode-se inferir que possa ter ocorrido um efeito tóxico do Mn nas plantas cultivadas nas maiores doses de P neste experimento.

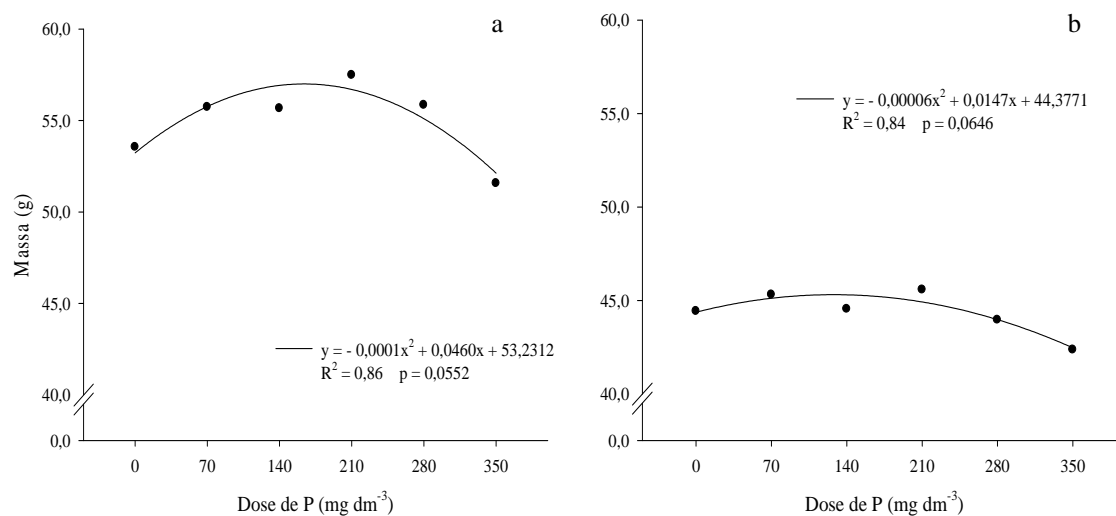
Não foi observado efeito das doses de P no número de folhas verdes (NFV) por planta nas fases de diferenciação e colheita, nessas fases as plantas apresentaram respectivamente 8,0 e 3,7 folhas verdes por planta, em média (Figura 20).

Observou-se maior NFV na diferenciação que na colheita, semelhante ao observado por Jacon (2013). Andriolli *et al.* (2008) observaram o máximo acúmulo de massa seca das folhas próximo aos 80 DAP, quando a planta carrega seus metabólitos visando a produção de novas folhas. Os autores explicam que com o início da bulbificação, os nutrientes absorvidos passam a ser direcionados para os bulbos e não para a formação de novas folhas, dessa forma, próximo à colheita, há um menor número de folhas verdes nas plantas devido ao processo de senescência da parte aérea. A fase de diferenciação coincide com o período de máximo desenvolvimento vegetativo da cultura (SILVA *et al.*, 1970).



**Figura 20.** Número de folhas verdes na fase de diferenciação (a) e colheita (b) em função de doses de P.

A massa dos bulbos na colheita e após a cura foi influenciada significativamente pelas doses de P aplicadas (Figura 21). Em ambas as avaliações os dados foram ajustados ao modelo quadrático de regressão, concordando com os resultados obtidos no experimento 1.



**Figura 21.** Massa de bulbos de alho na colheita (a) e após a cura (b) em função de doses de P.

Na colheita a maior massa de bulbo, 58,5 g, foi calculada na dose estimada de 230 mg dm<sup>-3</sup> de P, correspondendo à uma produção de 20,5 tha<sup>-1</sup> de bulbos frescos. Após a cura a massa de bulbos aumentou até a dose estimada de 123 mg dm<sup>-3</sup> de P, com bulbos de 45,3 g, o que corresponde a 15,9 tha<sup>-1</sup> de bulbos curados.

Neste experimento obteve-se maior produtividade utilizando-se menor dose de P, quanto comparado ao experimento 1, onde a maior produtividade (utilizando a fonte SS+T) foi observada na dose de 290 mg dm<sup>-3</sup> de P. No entanto, o solo utilizado neste experimento apresentava, inicialmente, o dobro do teor de P que o solo utilizado no experimento 1.

Büll *et al.* (1998, 2004 e 2008), trabalhando com alho multiplicado de forma convencional, e Villas Bôas *et al.* (2008), utilizando alho com baixa infestação por vírus, verificaram influência das doses de P aplicadas no peso médio de bulbo e na produtividade. Büll *et al.* (1998) afirmam ainda que o nível crítico de P extraído por resina estaria ao redor de 50 mg dm<sup>-3</sup> de P, valor dentro da faixa de 26-60 mg dm<sup>-3</sup> de P, considerada adequada por Trani *et al.* (1996). Büll *et al.* (2004) observaram efeito quadrático das doses de P aplicadas na massa média de bulbo, tendo sido observada maior massa de bulbos na dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> de P em ambos os solos estudados. Büll *et al.* (2008) concluíram que as melhores doses para a produção do alho nos solos Neossolo Quartzarênico, Latossolo Vermelho Distrófico e Latossolo Vermelho Distroférrico, são respectivamente, 190, 400 e 400 mg dm<sup>-3</sup>.

Tyler *et al.* (1988) após cinco anos de experimentação no cultivo de alho livre de vírus na Califórnia, não verificaram efeito significativo da aplicação de P na produção de alho, atribuindo esse comportamento a uma boa eficiência da cultura na utilização de fósforo, o que leva este elemento a ser exigido muito raramente e somente em solos onde os teores de formas disponíveis são extremamente baixos. Cabe ressaltar que o solo da Califórnia apresenta características distintas dos solos brasileiros, seja pelo material de origem, grau de intemperização e propriedades químicas. Kilgori *et al.* (2007) trabalhando com doses de P e N em cultivo de alho em solo com baixo teor de P na Nigéria, não observaram efeito das doses P na produção de bulbo fresco ou curado. Majundar *et al.* (2003) verificaram que há interação significativa entre doses de P e S aplicadas e a produção de bulbos em experimento realizado na Índia onde foi observada maior produção de bulbos na dose de 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em todas as doses de S aplicadas (0, 10, 15 e 20 kg ha<sup>-1</sup>). No entanto os autores afirmam que houve maior eficiência na utilização do P na dose de 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e não na dose máxima aplicada (100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), atribuindo esse resultado ao fato de as plantas exibirem uma maior capacidade para a absorção de nutrientes em doses mais baixas de P.

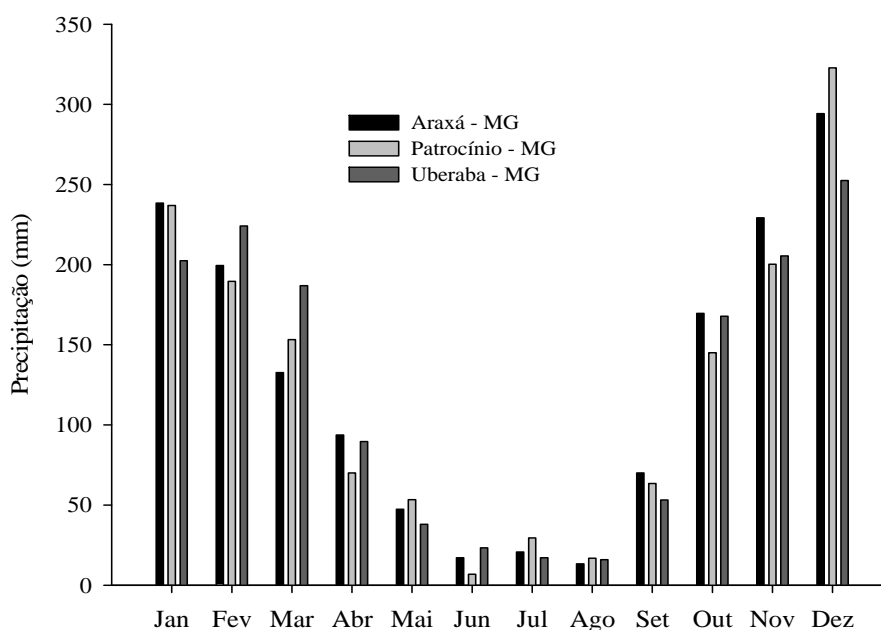
Macêdo *et al.* (2011) observaram que a produtividade dos bulbos comerciais foi proporcional à fitomassa total das plantas e que houve redução linear da produtividade com o aumento nas doses de fósforo avaliadas (200, 400 e 600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) quando foram utilizados o superfosfato simples e o superfosfato triplo. Segundo os autores a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (87,2 kg ha<sup>-1</sup> de P), utilizando como fonte o superfosfato triplo, proporcionou maior ganho em fitomassa total de plantas e melhor produtividade de bulbos comerciais (12,1 t ha<sup>-1</sup>).

#### **4.2.4. Outros aspectos observados durante o ciclo da cultura**

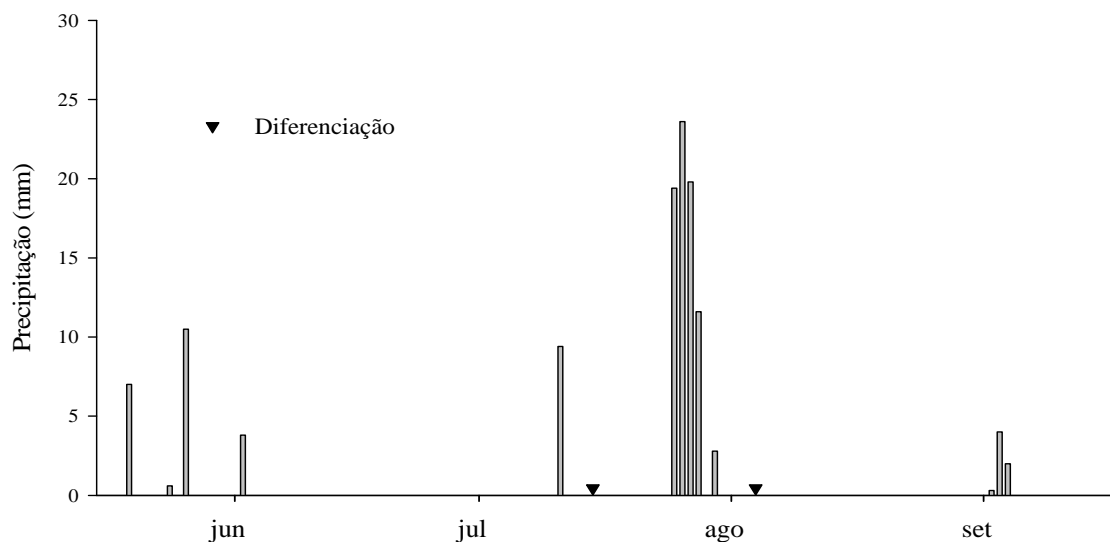
A propriedade onde foi instalado o experimento encontra-se em uma região (Figura 1) que, historicamente, apresenta baixo índice pluviométrico nos meses de julho e agosto. Na Figura 22 são apresentadas as médias pluviométricas históricas de estações meteorológicas localizadas em três locais próximos à propriedade que comprovam essa afirmação.

No entanto, no ano de 2014, quando foi instalado este experimento, houve um período de chuva no mês de julho (Figura 23), que coincidiu com a fase de

diferenciação (72 DAP), quando os bulbilhos ainda não estão completamente formados estavam “abertos” (JACON, 2013). As chuvas ocorreram entre os dias 25 e 30 de julho, acumulando 77,2 mm. Nessa fase, a irrigação da área havia sido reduzida, prática comum na produção de alho, que visa diminuir a incidência de superbrotamento (MACÊDO *et al.*, 2006).



**Figura 22.** Média pluviométrica histórica (1961 a 2016). Fonte: BDMEP/INMET

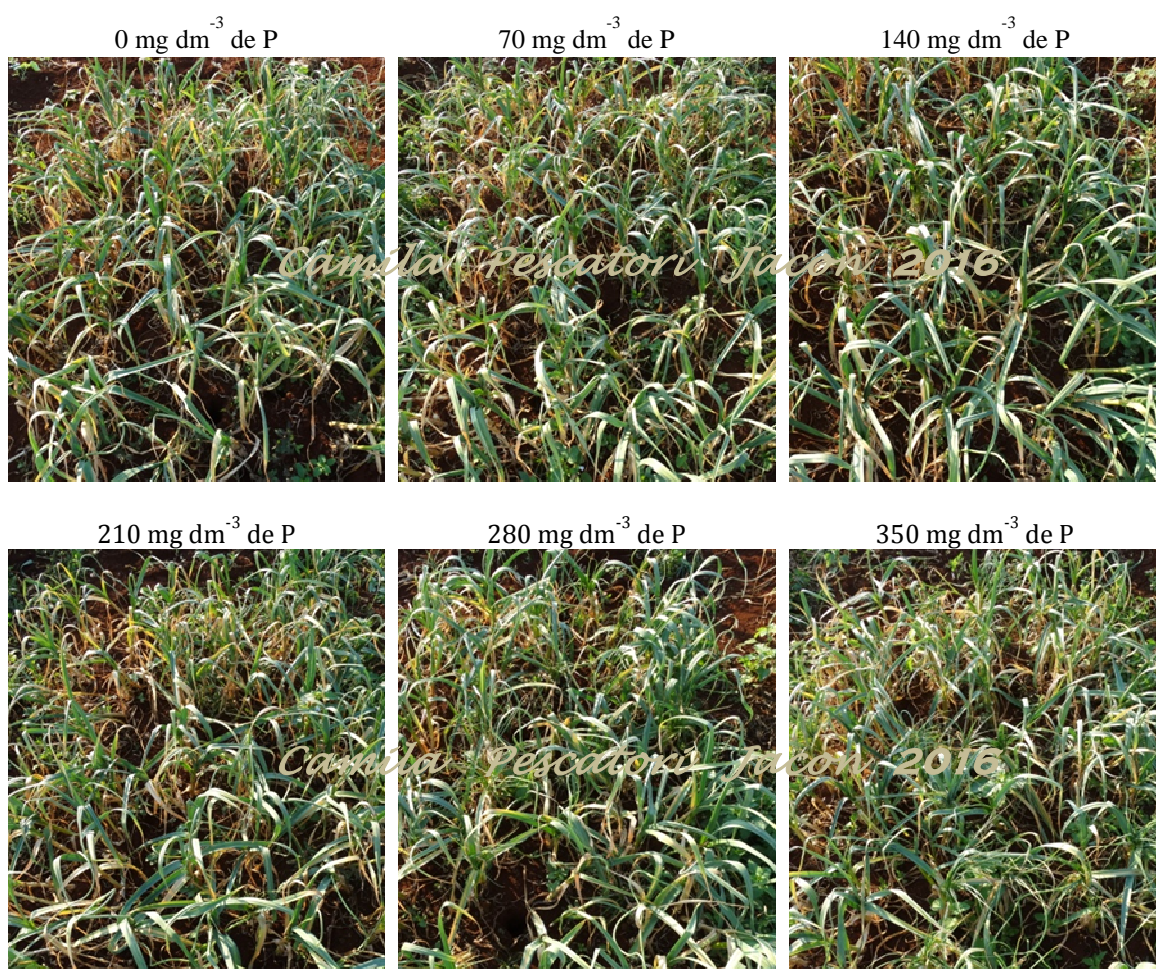


**Figura 23.** Índice pluviométrico do período de condução do experimento no ano de 2014, referente a estação meteorológica localizada em Araxá - MG. Fonte: BDMEP/INMET

O superbrotamento, também denominado pseudoperfilhamento é uma anomalia genético-fisiológica que se caracteriza pelo brotamento dos bulbilhos antes

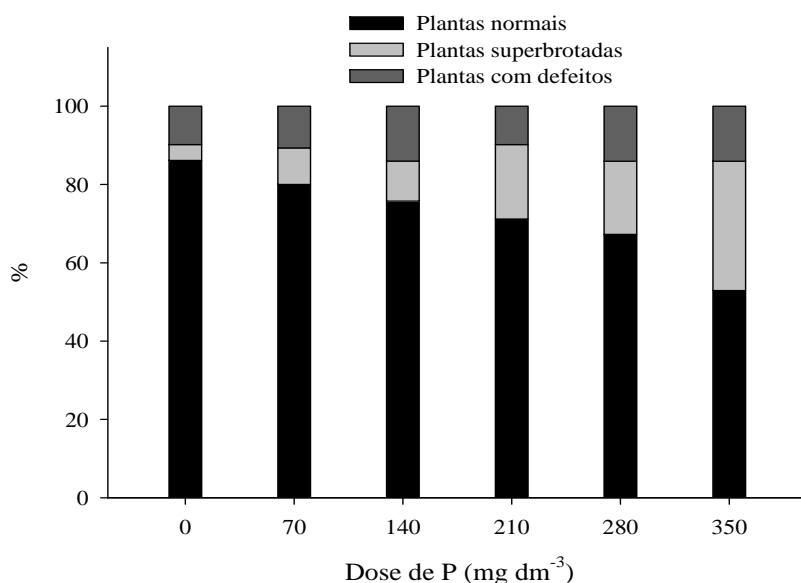
da colheita (Figura 2). E constitui um dos maiores problemas na cultura do alho, principalmente nas cultivares “nobres” (BÜLL *et al.*, 2002), pois resulta na redução da produtividade além de depreciar o produto comprometendo seu valor comercial (SOUZA e CASALI, 1986).

Após essa chuva foi constatada a ocorrência de superbrotamento nas plantas do experimento. No momento da colheita, era visualmente perceptível o efeito das doses de fósforo na incidência do superbrotamento (Figura 24).

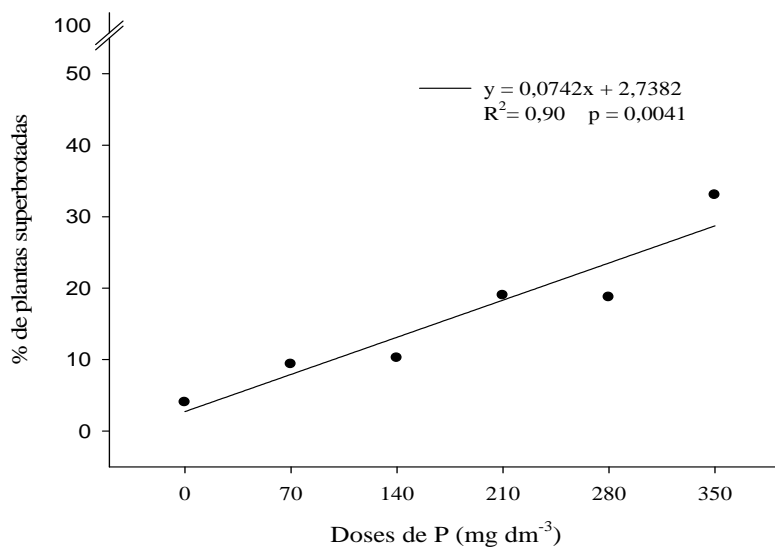


**Figura 24.** Efeito do P na incidência de superbrotamento das plantas de alho observado no momento da colheita.

Após o arranquio das plantas e a contagem, foi calculada a porcentagem de plantas normais, superbrotadas (Figura 2) e que apresentavam outros defeitos (Figura 3). Os resultados confirmaram o que havia sido observado no campo (Figura 25), isto é, a porcentagem de plantas superbrotadas aumentou linearmente com o aumento das doses de P aplicadas (Figura 26).



**Figura 25.** Porcentagem de plantas normais, superbrotaadas e com outros defeitos em função de doses de P.



**Figura 26.** Porcentagem de plantas superbrotaadas em função de doses de P.

Dentre os fatores que têm sido relacionados à incidência de superbrotamento estão o fotoperíodo (PARK e LEE, 1979), a temperatura (SOUZA e CASALI, 1986), a cultivar (SOUZA e MACÊDO, 2004), a adubação nitrogenada (BÜLL *et al.*, 2002), a irrigação (GARCIA, 1964), e a giberelina (MOON e LEE, 1980).

As cultivares de alhos nobres são, geralmente, mais sensíveis a esta anomalia, além disso, são submetidas à vernalização o que também pode interferir na ocorrência do superbrotamento. Segundo BURBA (1983), a vernalização dos bulbilhos estimula o acúmulo de citocininas e giberelinas, modificando o balanço hormonal e

levando o bulbilho à brotação precoce. A formação dos bulbos em alho está relacionada à alta atividade do ácido abscísico - ABA, ao passo que as giberelinas seriam o fator endógeno responsável pelo superbrotamento. A maior síntese de ABA possivelmente interfere no balanço hormonal das plantas, diminuindo a atividade das giberelinas e, conseqüentemente, reduzindo a incidência de plantas com superbrotamento (MOON e LEE, 1980).

Foi observado aumento da incidência de bulbos superbrotados com o aumento das doses de N aplicadas nos trabalhos de Resende e Souza (2001a e b), Büll *et al.* (2002), em experimento de campo conduzido por Lima *et al.* (2008) e Trani *et al.* (2008). No entanto, Fernandes *et al.* (2010) não verificaram esse comportamento, concordando com os resultados obtidos por Backes *et al.* (2008) e Lima *et al.* (2008) em experimento conduzido em ambiente protegido e Macêdo *et al.* (2009).

Nos estados do Sudeste e Centro Oeste as épocas mais frias coincidem com o período de seca, assim os produtores das principais regiões de plantio têm utilizado diversos sistemas de irrigação para diminuir o risco de falta de água e garantir boa produtividade (POLA e BIASI, 1993; MAROUELLI *et al.*, 2002). O erro na irrigação é um dos fatores relacionados ao superbrotamento (GARCIA, 1964; MACÊDO *et al.*, 2006).

Como alternativa para diminuir o superbrotamento os produtores estão suspendendo a irrigação no período da diferenciação, promovendo um estresse por déficit hídrico. Segundo Bermúdez-Zambrano (2004), o ácido abscísico (ABA) é o hormônio envolvido nos processos fisiológicos quando as plantas são expostas a alguns tipos de estresse como o déficit hídrico. Assim, grandes quantidades de ABA são rapidamente sintetizadas nas folhas em resposta ao estresse hídrico. Considerando que o ABA pode reduzir a atividade das giberelinas, conseqüentemente ocorre uma redução na incidência de plantas com superbrotamento. Macêdo *et al.* (2006) avaliaram o efeito do stress hídrico no controle do superbrotamento em alho vernalizado e verificaram que o aumento no período de déficit hídrico, em todas as épocas, possibilitou redução linear nas taxas de superbrotamento.

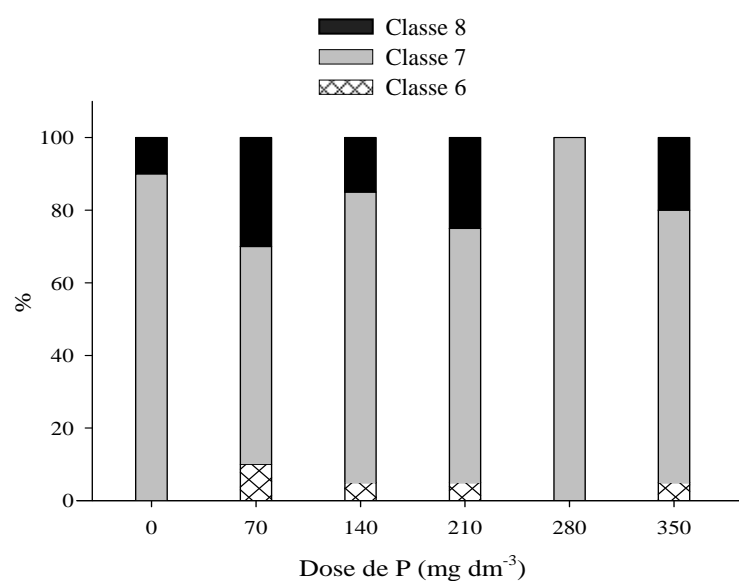
Ressalta-se que ao lado desse experimento estava instalado um outro, com doses crescentes de N, superiores às aplicadas neste experimento e a incidência de plantas superbrotadas foi muito menor, mesmo nas maiores doses de N.



Não há relato de que a adubação fosfatada influencie a ocorrência de superbrotamento (MACÊDO *et al.*, 2011). Porém, nos artigos publicados sobre superbrotamento em alho vernalizado, o teor inicial P no solo a dose de P utilizada na adubação de plantio são bastante variáveis (RESENDE e SOUZA 2001a e b, BÜLL *et al.*, 2002, MACÊDO *et al.*, 2006; BACKES *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2008; TRANI *et al.*, 2008; MACÊDO *et al.*, 2009 FERNANDES *et al.*, 2010). Além disso, Büll *et al.* (2008) observaram aumento nos teores de N nas folhas do alho, em função das doses de P no solo, confirmando os resultados obtidos por Büll *et al.* (1998) e Sumner e Farina (1986), o que segundo os autores permite inferir que existe interação sinérgica entre os dois nutrientes nessa cultura, em especial para solos com menores teores de argila (NQ), nos quais o fósforo torna-se ainda mais disponível. Neste experimento não foi observada elevação nos teores de N na folha diagnose (Figura 13), porém houve ajuste quadrático do teor e acúmulo de N na parte aérea das plantas na fase de diferenciação em função das doses de P aplicadas (Figuras 15 e 17).

Pode-se, então, inferir se não haveria uma interação entre o P, o N e a quantidade de água disponível e não apenas efeito do N ou da água. Isso explicaria, em partes, a divergência entre os resultados observados por outros autores e também o que foi observado neste experimento.

Semelhante ao observado no experimento 1, os bulbos apresentaram boa classificação, tendo sido observada maior uniformidade no tamanho dos bulbos cultivados com a dose de 280 mg dm<sup>-3</sup> de P (Figura 27).



**Figura 27.** Porcentagem de bulbos por classe\* em função de doses de P. (\*(Ministério da Agricultura - Portaria nº 242 de 17 de setembro de 1992)

Villas Bôas *et al.* (2008) trabalhando com doses de P e K obtiveram bulbos nas classes 3 a 6, tendo verificado redução linear dos bulbos classe 3 e aumento linear nos bulbos classe 5 com o aumento das doses de P aplicadas. Neste experimento foram obtidos bulbos com melhor classificação (6 a 8) o que pode ser devido à utilização de “semente” livre de vírus. Além disso, esse efeito substancial também se deve ao menor teor inicial de P no solo,  $42 \text{ mg dm}^{-3}$  de P e à diferença das doses de P aplicadas. A maior dose de P utilizada ( $406 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ) corresponde a  $89 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, sendo semelhante à menor dose aplicada neste experimento.

#### 4.2.5. Considerações

Assim como no primeiro experimento, as maiores doses de P aplicadas ocasionaram redução na produção.

A ocorrência de um período de chuva na fase de diferenciação permitiu observar que o fósforo pode estar relacionado ao superbrotamento das plantas de alho, havendo, possivelmente, uma interação entre N, P e água disponível, além das características de sensibilidade de cada cultivar e da estimulação ocasionada pela vernalização. Percebe-se, então que a aplicação de P deve ser realizada criteriosamente, evitando-se o excesso.

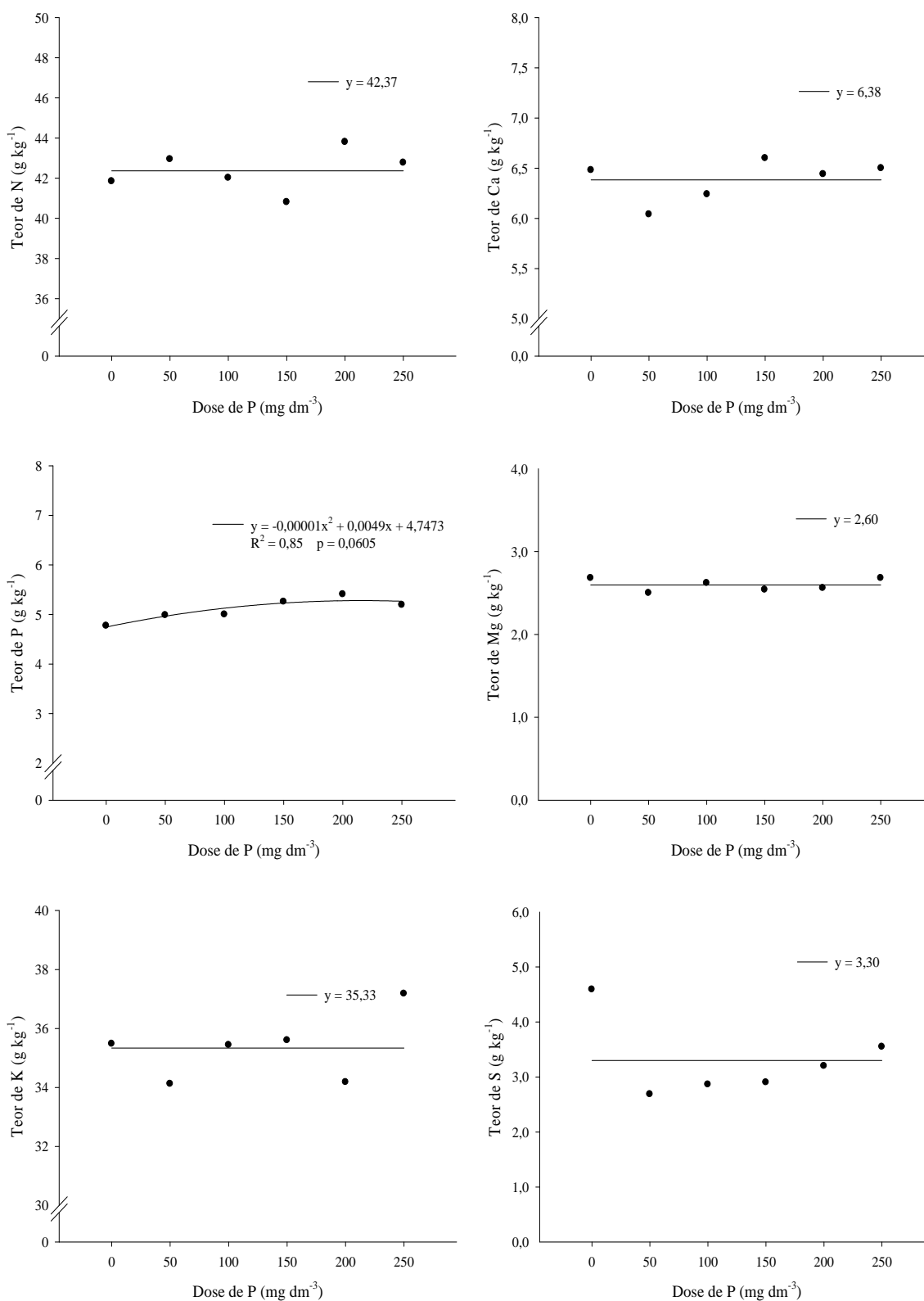
Diante dos resultados obtidos, no experimento seguinte, a maior dose de P foi eliminada e o intervalo entre as doses foi novamente reduzido para um detalhamento, ainda maior, do efeito das doses de P no cultivo de alho vernalizado livre de vírus.

### 4.3. Experimento 3

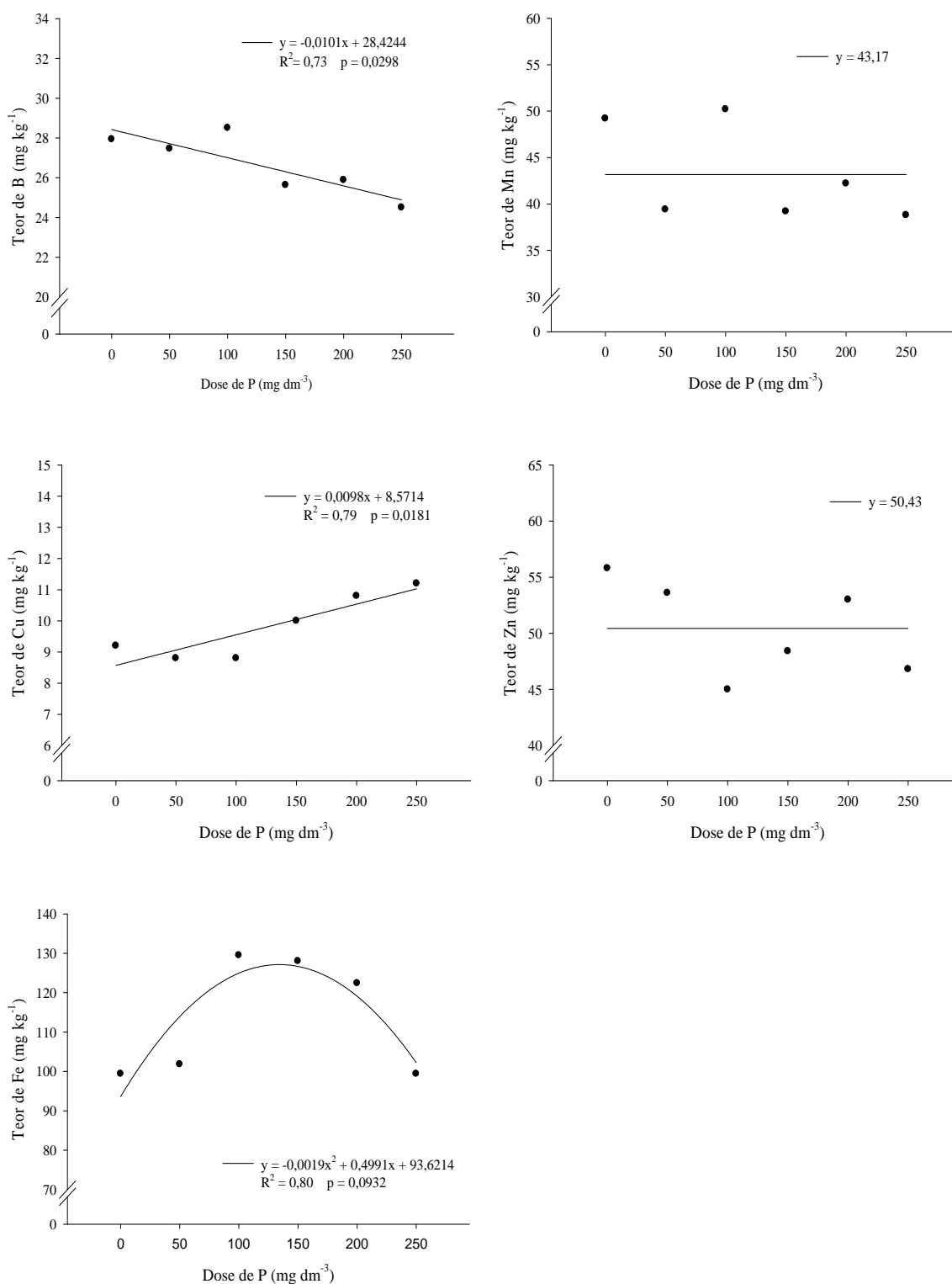
#### 4.3.1. Teor de nutrientes na folha diagnose

Observa-se nos resultado da análise química da folha diagnose (Figuras 28 e 29), que os teores de N, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn encontram-se dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura do alho. O teor de P nas três maiores doses foi maior que a faixa adequada para a cultura. O teor de B também ficou abaixo da faixa

adequada, assim como o teor de S, exceto na dose 0 mg dm<sup>-3</sup> de P. E o teor de Fe ficou acima da faixa adequada (RAIJ *et al.*, 1997).



**Figura 28.** Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha diagnose de alho vernalizado livre de vírus em função de doses de P.



**Figura 29.** Teores de B, Cu, Fe, Mn e Zn na folha diagnose de alho vernalizado livre de vírus em função de doses de P.

As doses de P aplicadas não alteraram os teores de N, Ca, Mg, S e Mn na folha diagnose das plantas, assim como foi observado nos experimentos anteriores

(Figuras 4 e 13). Os teores de K e Zn também não foram influenciados pelas doses de P, contrariando os resultados observados nos experimentos 1 e 2, respectivamente.

Diferindo do que foi observado nos experimentos 1 e 2, o teor de fósforo na folha diagnose foi influenciado pelas doses de P aplicadas. Além disso, nos experimentos anteriores, o teor médio de P na folha diagnose foi menor, sendo semelhante ao teor apresentado pelo tratamento sem aplicação de P deste experimento. Os resultados foram ajustados ao modelo quadrático e o maior teor de fósforo ( $5,4 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi observado na dose estimada de  $245 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (Figura 28). O menor teor inicial de P no solo onde foi implantado este experimento, comparado ao dos experimentos anteriores (Tabelas 1, 7 e 11), pode justificar esse comportamento. Este resultado concorda com os apresentados por Büll *et al.* (1998, 2004 e 2008) onde houve aumento no teor de P nas plantas proporcional às doses do nutriente aplicadas no solo.

O teor de Fe variou significativamente com as doses de P aplicadas, havendo ajuste quadrático dos dados. O maior teor de Fe ( $126,4 \text{ mg kg}^{-1}$ ) foi calculado na dose de  $131 \text{ mg dm}^{-3}$  de P. No experimento 1 não houve influência significativa das doses de P no teor de Fe na folha diagnose. No experimento 2 também houve ajuste quadrático, no entanto o teor máximo de Fe foi menor,  $93 \text{ mg kg}^{-1}$ . Essa variação no teor de Fe nas plantas pode ser devida à interação entre Fe e P no solo e/ou na planta. Considerando o solo, essa redução pode ser devida, entre outros fatores, ao desbalanceamento Fe:Mn ou ao excesso de P (RAIJ, 1991). Na presença de  $\text{MnO}_2$  o Fe reduzido se oxida tornando-se indisponível, fazendo com que o equilíbrio na relação Fe/Mn seja mais relevante que o seu teor absoluto (DECHEN e NACHTIGALL, 2006). Nakagawa (2015) afirma que uma relação  $\text{Fe}^{2+}:\text{Mn}^{2+}$  maior que 7 certamente ocasionaria deficiência de Mn nas plantas de alho, o que não foi verificado neste experimento. No experimento 2 a relação Fe:Mn é de 7:1 e no experimento 3 é de 13:1 (Tabelas 8 e 12). Devido à competição entre Fe e Mn pelos sítios de absorção, essa diferença na relação entre eles poderia justificar a diferença no teor de Fe na folha diagnose entre os experimentos 2 e 3. A aplicação de doses mais elevadas de P pode ocasionar a reação de precipitação do  $\text{Fe}^{+3}$  com o fosfato, formando compostos de menor solubilidade reduzindo o fluxo de difusão do ferro no solo (DECHEN e NACHTIGALL, 2006) e, conseqüentemente, sua absorção pelas plantas.

Observa-se que o teor inicial de Fe no solo dos experimentos 1 e 2 eram menores que o observado no solo deste experimento (Tabelas 1, 7 e 11). Além disso, pode-se observar nas Tabelas 2 e 12 que houve redução no teor de Fe no solo com o

aumento das doses de P aplicadas neste experimento e no primeiro. No segundo experimento essa variação não foi observada, talvez pela diferença no teor de argila e tipo de solo (Tabelas 4 e 10). Além disso, o Fe apresenta baixa mobilidade nos tecidos vegetais e esta é afetada negativamente pelo elevado conteúdo de P (DECHEN e NACHTIGALL, 2006). No experimento 2 o teor de P na folha diagnose foi, em média, de  $4,78 \text{ g kg}^{-1}$ , neste experimento o teor de P chegou a  $5,4 \text{ g kg}^{-1}$  o que poderia justificar o comportamento do teor de Fe. Nunes *et al.* (2004), trabalhando com mudas de gravioleira, observaram que o teor e a quantidade acumulada de Fe na parte aérea das mudas reduziram com as doses de P (NUNES *et al.*, 2004).

O teor de B na folha diagnose diminuiu linear e significativamente com o aumento das doses de P aplicadas (Figura 29). Esse comportamento não foi observado em 2014. No entanto, os teores de B no solo deste experimento são menores que os apresentados pelo solo do experimento 2 (Tabelas 8 e 12). A absorção de boro pelas plantas depende da sua concentração na solução do solo. Esta, por sua vez, depende das reações de adsorção entre o boro e seus adsorventes existentes no solo: óxidos de ferro e alumínio, minerais de argila, matéria orgânica, hidróxido de magnésio e carbonato de cálcio. A adsorção aumenta com o aumento do pH, da temperatura, do teor de materiais adsorventes e com a diminuição da umidade do solo (GOLDBERG, 1993). Observando-se o resultado da análise de solo realizada na fase de diferenciação (Tabela 12) é possível constatar que há uma tendência de aumento do pH, teor de Ca e Mg com a elevação da dose de P aplicada o que justificaria a redução no teor de B disponível.

O teor de Cu na folha diagnose apresentou efeito linear e aumentou em função das doses de P aplicadas, diferindo do observado em 2014, no experimento 2. Semelhante ao B, o teor de Cu no solo deste experimento foi menor que o do solo onde foi implantado o experimento 2 (Tabelas 8 e 12). Segundo Dechen e Nachtigall (2006), em fruteiras, o excesso de aplicação de fertilizantes fosfatados pode induzir deficiência de Cu.

#### **4.3.2. Teor e acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação**

Os teores de N, P, K, Ca, Mg, B e Fe na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação não foram influenciados pelas doses de P aplicadas (Figuras

30 e 31). O comportamento observado nos teores de Ca e B é semelhante ao observado no experimento 2.

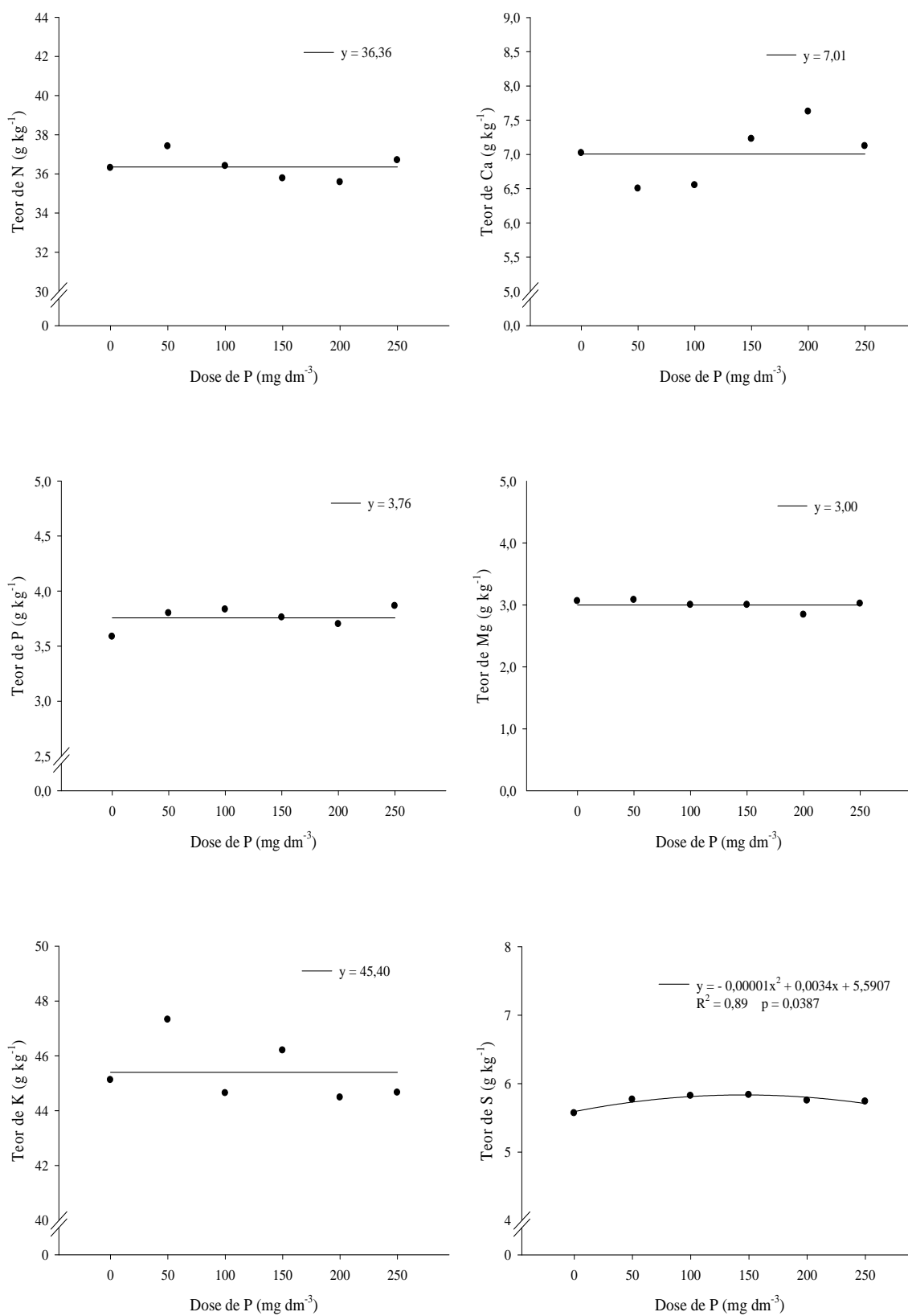
O teor de S apresentou efeito quadrático em relação às doses de P aplicadas, sendo o maior acúmulo (5,89 g planta<sup>-1</sup>) observado na dose de 170 mg dm<sup>-3</sup> de P. Esse comportamento não foi observado na folha diagnose nos experimentos 1, 2 e 3, tampouco na parte aérea das plantas na fase de diferenciação no experimento 2. A interação P x S ainda é pouco discutida na literatura, necessitando maiores estudos (SILVA e TREVISAM, 2015)

O teor de Cu também foi influenciado pelas doses de P aplicadas, apresentando efeito quadrático. O maior teor (11,73 mg planta<sup>-1</sup>) foi observado na dose de 117 mg dm<sup>-3</sup> de P. Observa-se que o teor de Cu na parte aérea das plantas cultivadas com as maiores doses de P, não aumentou linearmente mesmo com o aumento do teor de Cu no solo (Tabela 12). O teor de Cu na folha diagnose apresentou efeito linear positivo com o aumento das doses de P aplicadas. No experimento 2, o teor de Cu na folha diagnose e na parte aérea não variou em função das doses de P.

O teor de Mn reduziu linearmente com o aumento das doses de P aplicadas. Em 2014, no experimento 2 o teor de Mn apresentou comportamento oposto. Ressalta-se que o teor inicial de Mn no solo do experimento 2 é quatro vezes maior que o deste experimento (Tabelas 7 e 11) e no momento da diferenciação o teor de Mn no solo do experimento 2 também é superior a este o que pode ser devido à diferença no teor de argila e textura. Büll *et al.* (1998, 2004 e 2008) observaram que houve aumento do teor de Mn com a elevação das doses de P, principalmente nos solos com menor teor de argila.

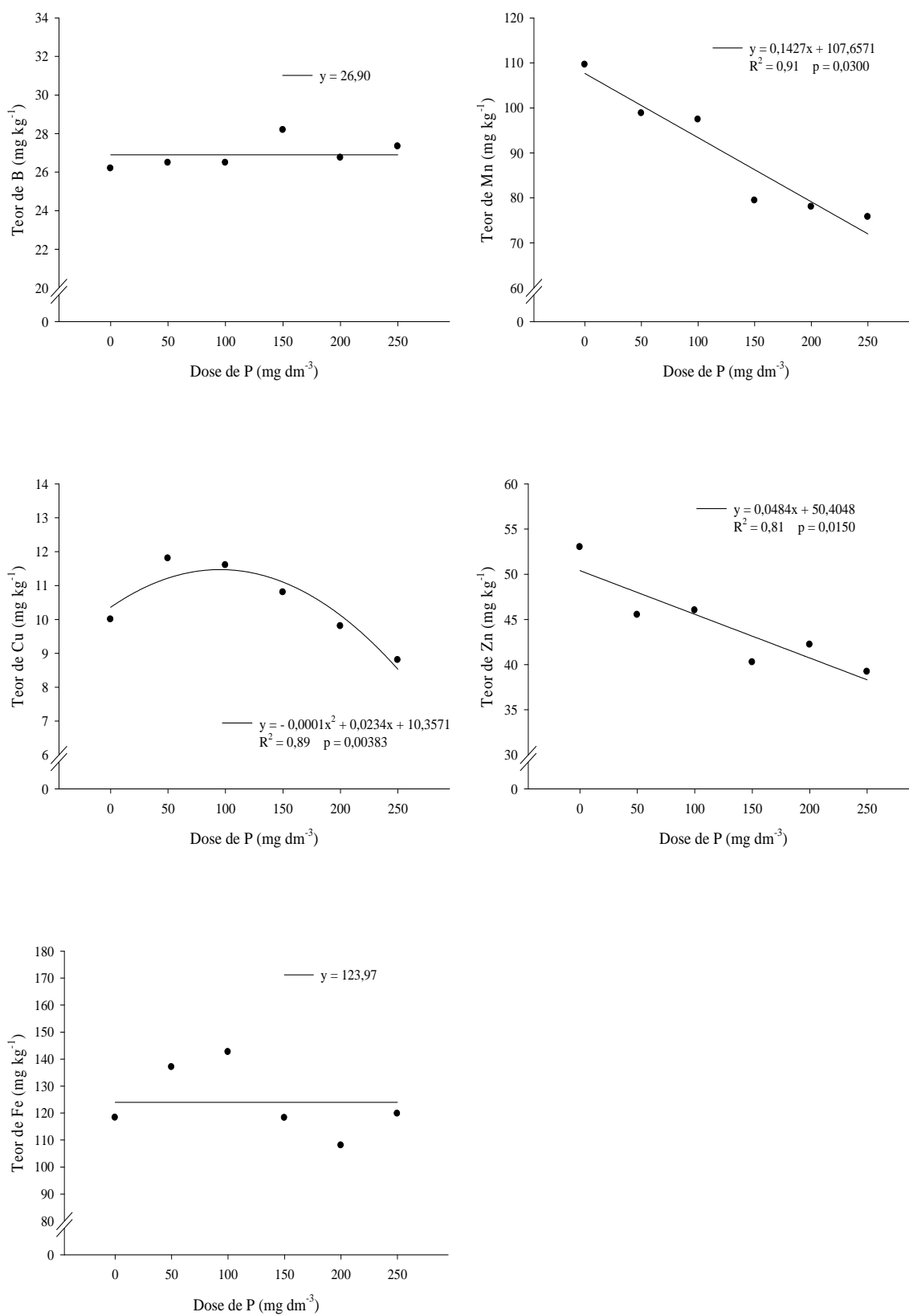
O teor de Zn também reduziu com a elevação das doses de P aplicadas, apesar do aumento do teor de Zn no solo (Tabela 12). Esse resultado é semelhante ao observado no experimento 2 e diferente dos resultados obtidos por Büll *et al.* (1998 e 2008)

O acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu e Fe na parte aérea das plantas de alho na fase de diferenciação não variou significativamente em função das doses de P aplicadas (Figuras 32 e 33). No experimento 2 o acúmulo de Ca, Mg, S, B e Cu também não variou em função das doses de P aplicadas (Figuras 17 e 18). Para o acúmulo de Mn e Zn houve influencia das doses de P. O acúmulo de nutrientes reduziu nas maiores doses de P aplicadas e os dados foram ajustados ao modelo quadrático (Figura 33).

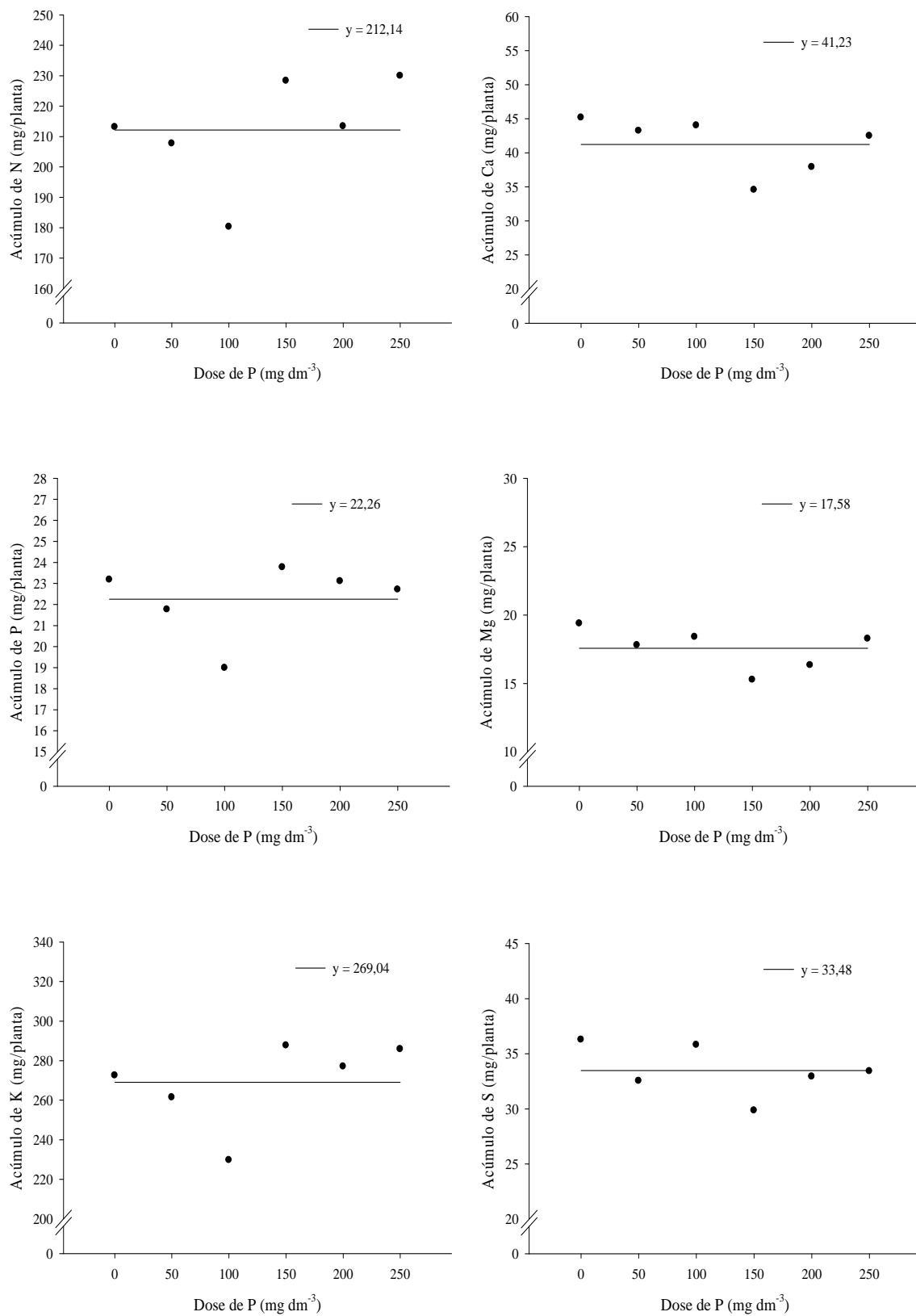


**Figura 30.** Teores de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na fase de diferenciação em função de doses de P.

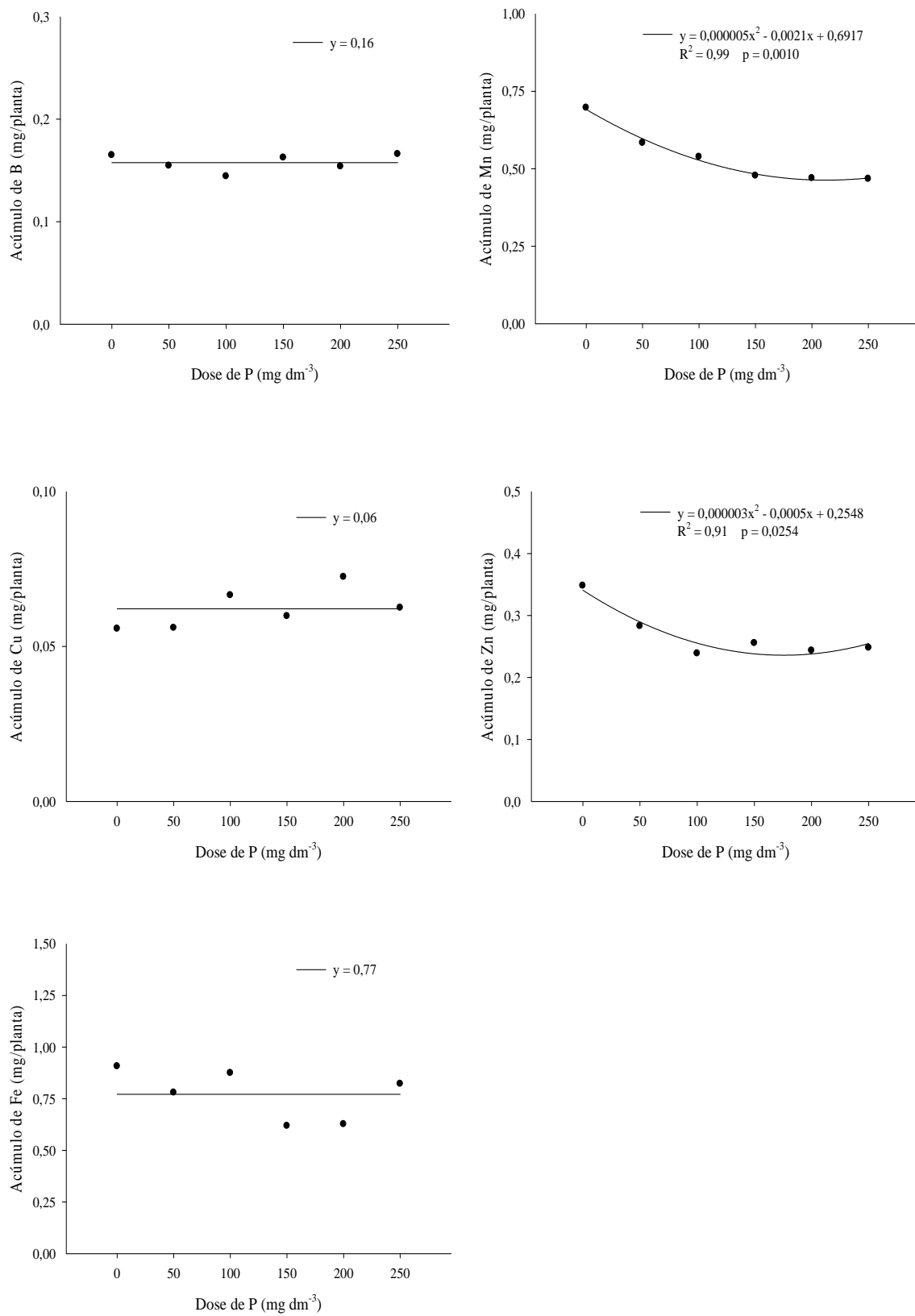




**Figura 31.** Teores de Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na fase de diferenciação em função de doses de P.



**Figura 32.** Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na fase de diferenciação em função de doses de P.



**Figura 33.** Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na fase de diferenciação em função de doses de P.

O acúmulo de Mn apresentou efeito semelhante ao observado no teor de Mn na parte aérea na diferenciação neste experimento (Figura 32) e contrário ao observado no teor e acúmulo de Mn na parte aérea na diferenciação no experimento 2 (Figuras 16 e 18). A disponibilidade de Mn no solo é determinada pelo pH, potencial redox, teor de matéria orgânica e equilíbrio com outros cátions, principalmente Fe e Ca (BARTLETT, 1988; REISENAUER, 1988). O teor de Mn no solo aumentou com as doses de P aplicadas, assim como aumentou o teor de Ca. O teor de Fe no solo apresentou efeito contrário, diminuiu (Tabela 12).

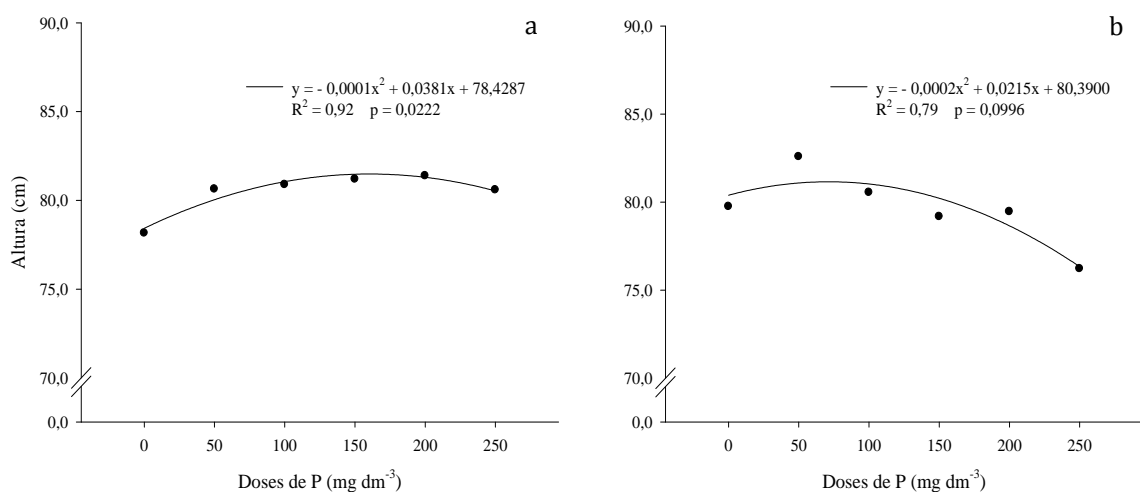
No acúmulo de Zn foi observado comportamento semelhante ao do teor de Zn na parte aérea na diferenciação neste experimento e ao observado no experimento 2. Na análise de solo realizada na diferenciação (Tabela 12), verifica-se que o teor de Zn aumentou com o aumento das doses de P aplicadas, contrariando relato de que os fosfatos podem reduzir a disponibilidade de Zn (RAIJ, 1996). O conteúdo de Zn disponível nos solos pode ser afetado pelo pH, sendo menor em solos que receberam calagem (RAIJ, 1991). Em solos ácidos pode ocorrer deficiência de Zn pelo uso de fertilizantes fosfatados solúveis pela formação de fosfatos de Zn de baixa solubilidade (DECHEN e NACHTIGALL, 2006). Apenas a metade da fonte de P utilizada neste experimento era uma fonte solúvel (SS) e o pH do solo na fase de diferenciação variou entre 5,3 e 5,9 (Tabela 12), acidez média a baixa (RAIJ *et al.*, 1997), além disso o solo que recebeu as menores doses de P apresentou menor pH e menor teor de Zn, contrariando o esperado (RAIJ 1991; DECHEN e NACHTIGALL, 2006).

#### **4.3.3. Características de planta, produção e qualidade de bulbos**

Houve efeito quadrático das doses de P na altura das plantas nas fases de diferenciação (62 DAP) e colheita (121 DAP) (Figura 34).

Na fase de diferenciação, a maior altura (82,0 cm) foi calculada na dose estimada de 191 mg dm<sup>-3</sup> de P. Esse comportamento pode ser explicado por um possível efeito tóxico da elevação do teor de Mn no solo em função das doses de P aplicadas (BÜLL *et al.*, 2008), observado na Tabela 12. Os resultados observados na fase de diferenciação diferem do experimento de 2013, onde não houve efeito das doses e do experimento de 2014, onde o aumento das doses de P ocasionou redução linear na altura

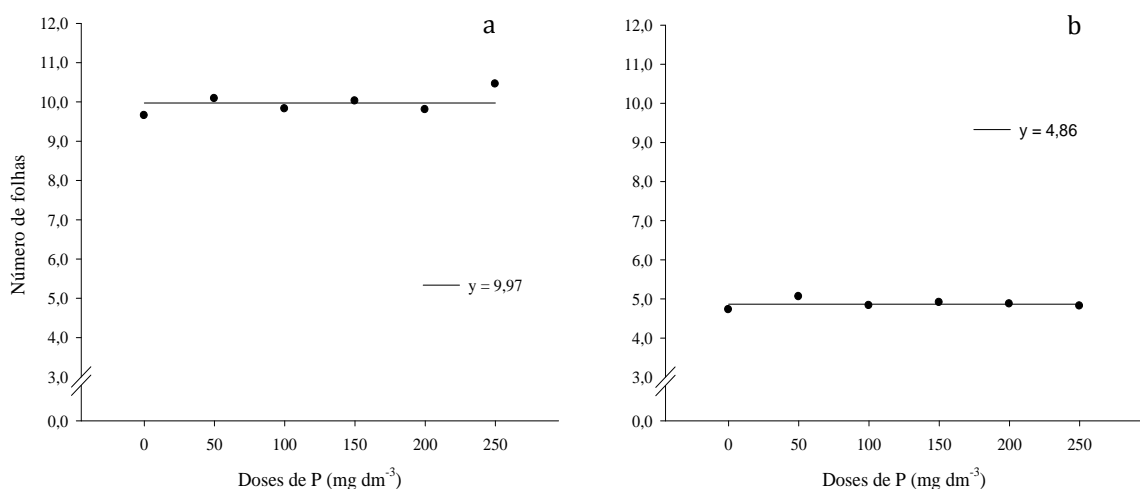
das plantas. A altura das plantas nesta fase, independente da dose de P aplicada, semelhante à observada por Jacon (2013).



**Figura 34.** Altura das plantas de alho (cm) nas fases de diferenciação (a) e colheita (b) em função de doses de P.

Na colheita a dose estimada, que corresponde à altura máxima (81,0 cm), foi de 54 g dm<sup>-3</sup> de P. Nesta fase também foram observadas plantas mais altas que nos experimentos 1 e 2 (Figuras 6 e 19) e o comportamento foi semelhante ao observado em 2013, onde houve efeito quadrático, sendo as plantas mais altas corresponderam à dose calculada de 174 mg dm<sup>-3</sup> de P, maior que a calculada neste experimento.

O número de folhas verdes (NFV) por planta não variou significativamente ( $p > 0,10$ ) com as doses de fósforo aplicadas (Figura 35), resultado semelhante ao observado no experimento de 2014.

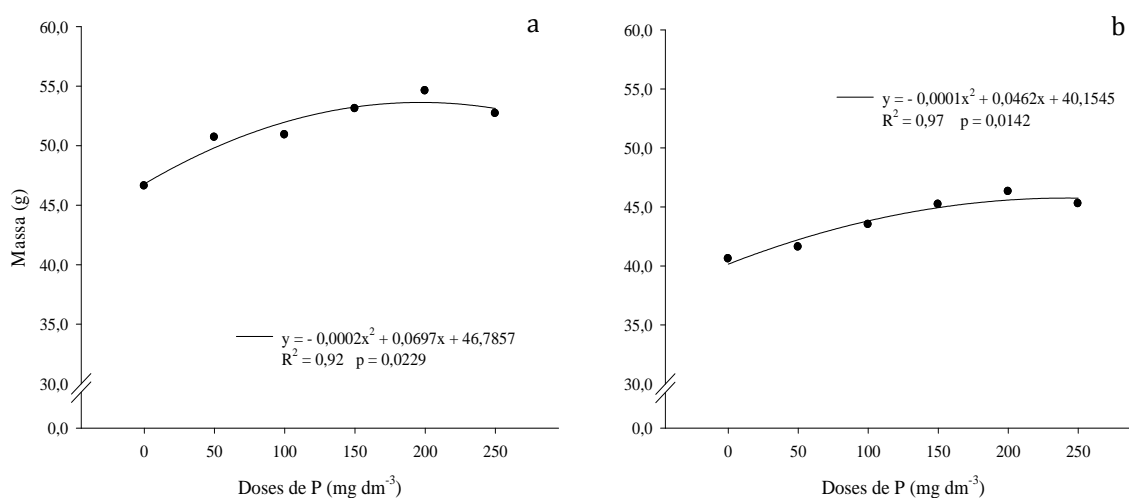


**Figura 35.** Número de folhas verdes na fase de diferenciação (a) e colheita (b) em função de doses de P.

Na fase de diferenciação, as plantas apresentaram maior NFV que o observado no experimento de 2014 e por Jacon (2013). Na colheita o NFV foi semelhante ao observado por Jacon (2013) e maior que o observado em 2014.

Foi observado efeito significativo das doses de P para a massa dos bulbos avaliada na colheita e após a cura. Para ambas, a equação quadrática foi a que apresentou melhor ajuste (Figura 36).

Deve-se considerar que o teor inicial de P no solo deste experimento era menor que o dos demais experimentos (Tabelas 1, 7 e 11), havendo então, uma quantidade menor de P disponível mesmo após a aplicação das dosagens testadas. Além disso, os solos com maior teor de argila apresentam maior capacidade de adsorção de P (NOVAIS e SMYTH, 1999). Portanto, os solos dos experimentos 1 e 3 com teor de argila de 497 e 339 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, apresentam resposta distinta do solo do experimento 2 à aplicação de doses de P (Tabelas 4 e 10).



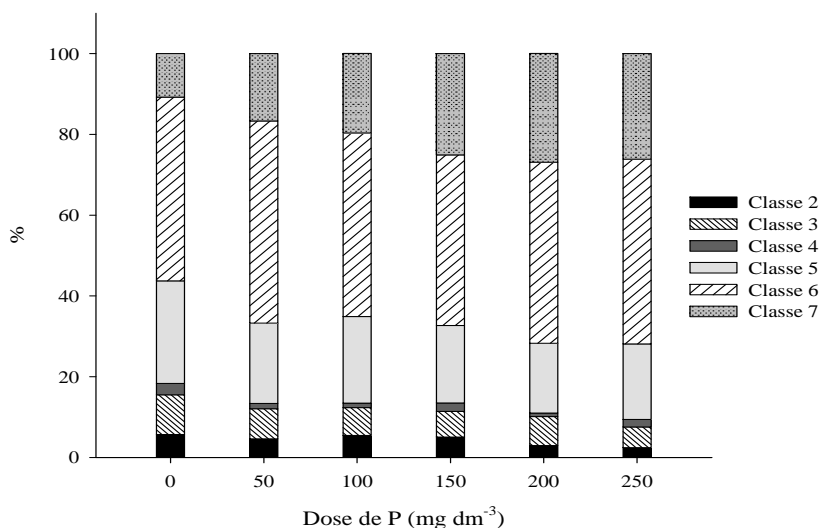
**Figura 36.** Massa de bulbos de alho na colheita (a) e após a cura (b) em função de doses de P.

A maior massa de bulbo na colheita (52,8 g bulbo<sup>-1</sup>) foi observada na dose estimada de 174 mg dm<sup>-3</sup> de P, correspondendo a uma produtividade de 18,5 t ha<sup>-1</sup>. No experimento 1, a maior massa de bulbo (50,0 g bulbo<sup>-1</sup>) foi observada na dose de 291 mg dm<sup>-3</sup> e utilizando-se a mesma fonte deste experimento, em 2014, a maior massa de bulbo, 58,5 g, foi calculada na dose estimada de 230 mg dm<sup>-3</sup> de P.

Após a cura, a dose estimada de 231 mg dm<sup>-3</sup> de P correspondeu à maior massa de bulbos: 45,4 g, e a uma produtividade de 15,9 t ha<sup>-1</sup>. Nos experimentos 1 e 2 a massa de bulbos curados também foi influenciada pelas doses de P aplicadas. Em

ambos foram obtidos bulbos de maior massa (38,9 e 43,5 g, respectivamente) e as doses de P que proporcionaram os maiores bulbos foram inferiores à calculada neste experimento (139 e 123 mg dm<sup>-3</sup> de P, respectivamente). Macêdo *et al.* (2011), utilizando superfosfato triplo, obtiveram maior produção de bulbos comerciais (12,12 t ha<sup>-1</sup>) na menor dose utilizada: 200 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (87,3 mg dm<sup>-3</sup> de P), havendo redução linear da produção até a maior dose avaliada: 800 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (349 mg dm<sup>-3</sup> de P).

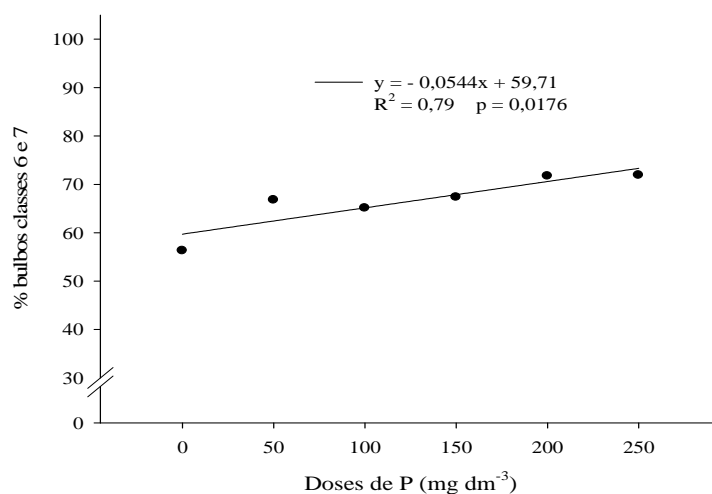
Observa-se na Figura 37, que neste experimento foram obtidos bulbos de todas as classes, diferindo do que ocorreu nos experimentos anteriores. Essa alteração é devida à diferença na metodologia adotada, neste experimento foram classificados todos os bulbos da parcela, sendo descartados apenas os bulbos que apresentaram algum tipo de defeito. Nos experimentos anteriores foi classificada apenas uma amostra dos bulbos que, mesmo sendo realizada de maneira aleatória, não contemplou os bulbos menores (Figuras 8 e 25). A quantidade de bulbos não classificados, que apresentavam algum tipo de anomalia não apresentou correlação com os tratamentos avaliados e representou, em média, 2% da produção.



**Figura 37.** Porcentagem de bulbos por classe\* em função de doses de P (\*Ministério da Agricultura - Portaria n° 242 de 17 de setembro de 1992).

Mesmo com essas diferenças, o comportamento é semelhante ao observado nos experimentos anteriores e por Villas Bôas *et al.* (2008), houve aumento linear e significativo da porcentagem de bulbos nas maiores classes com a elevação das doses de P aplicadas (Figura 38). Ressalta-se que os bulbos de maior tamanho são mais

valorizados no mercado. Portanto, uma produção com melhor classificação de bulbos, possibilita maior rentabilidade ao produtor.



**Figura 38.** Porcentagem de bulbos nas classes 6 e 7\* em função de doses de P (\*Ministério da Agricultura - Portaria nº 242 de 17 de setembro de 1992).

#### 4.3.4. Acúmulo e exportação de nutrientes pelas plantas de alho na colheita

O acúmulo de N, P, K, Ca, Mg, S e B pela parte aérea das plantas na colheita variou com as doses de P aplicadas (Figuras 39 e 40).

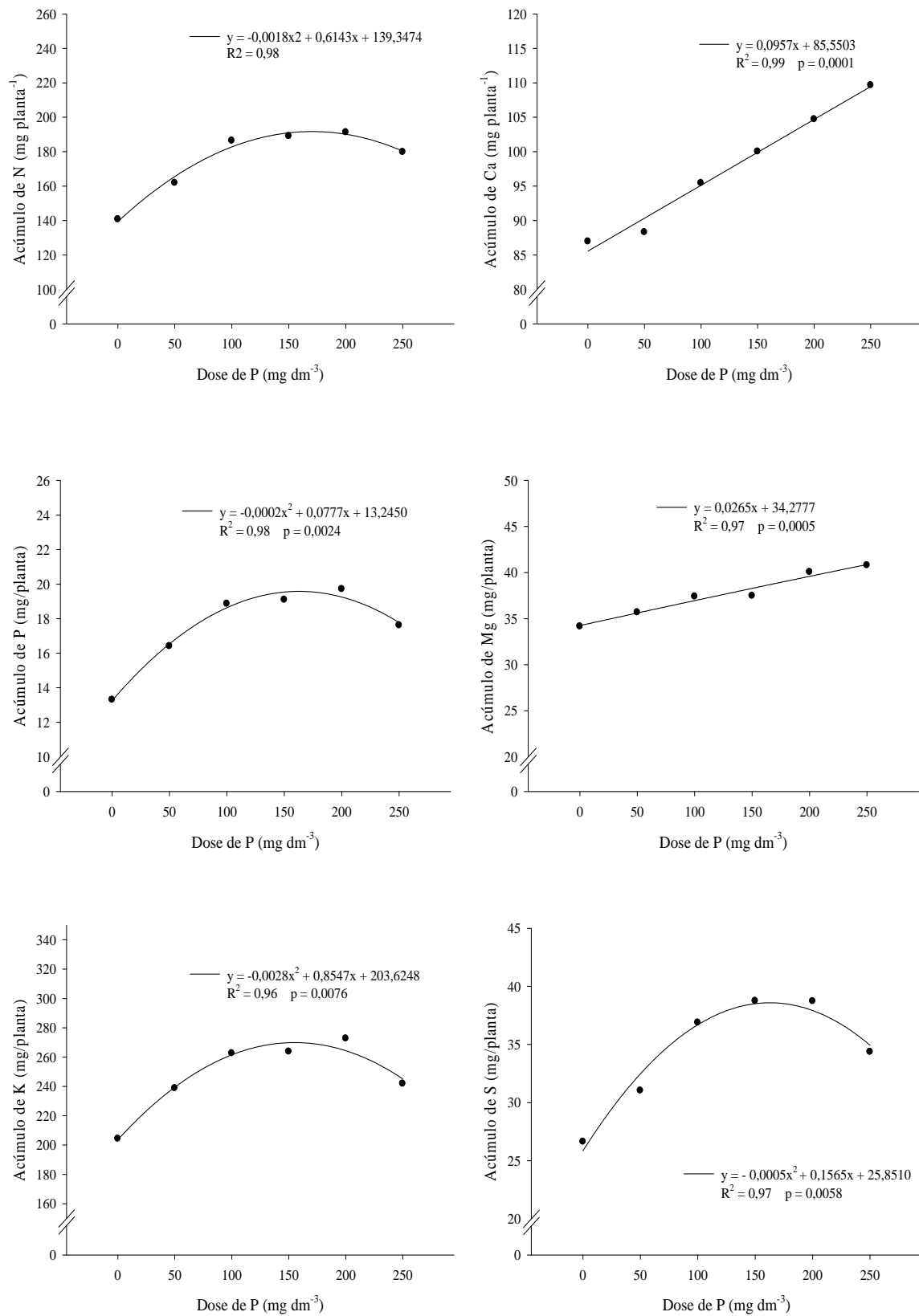
Ca e Mg apresentaram aumento linear de acúmulo com o aumento das doses de P e os demais foram ajustados ao modelo quadrático. As doses de P aplicadas não influenciaram o acúmulo de Cu, Fe, Mn e Zn (Figura 40).

Nos bulbos, as doses de P não influenciaram o acúmulo de N, P, K, Mg, S, Fe e Mn (Figuras 41 e 42).

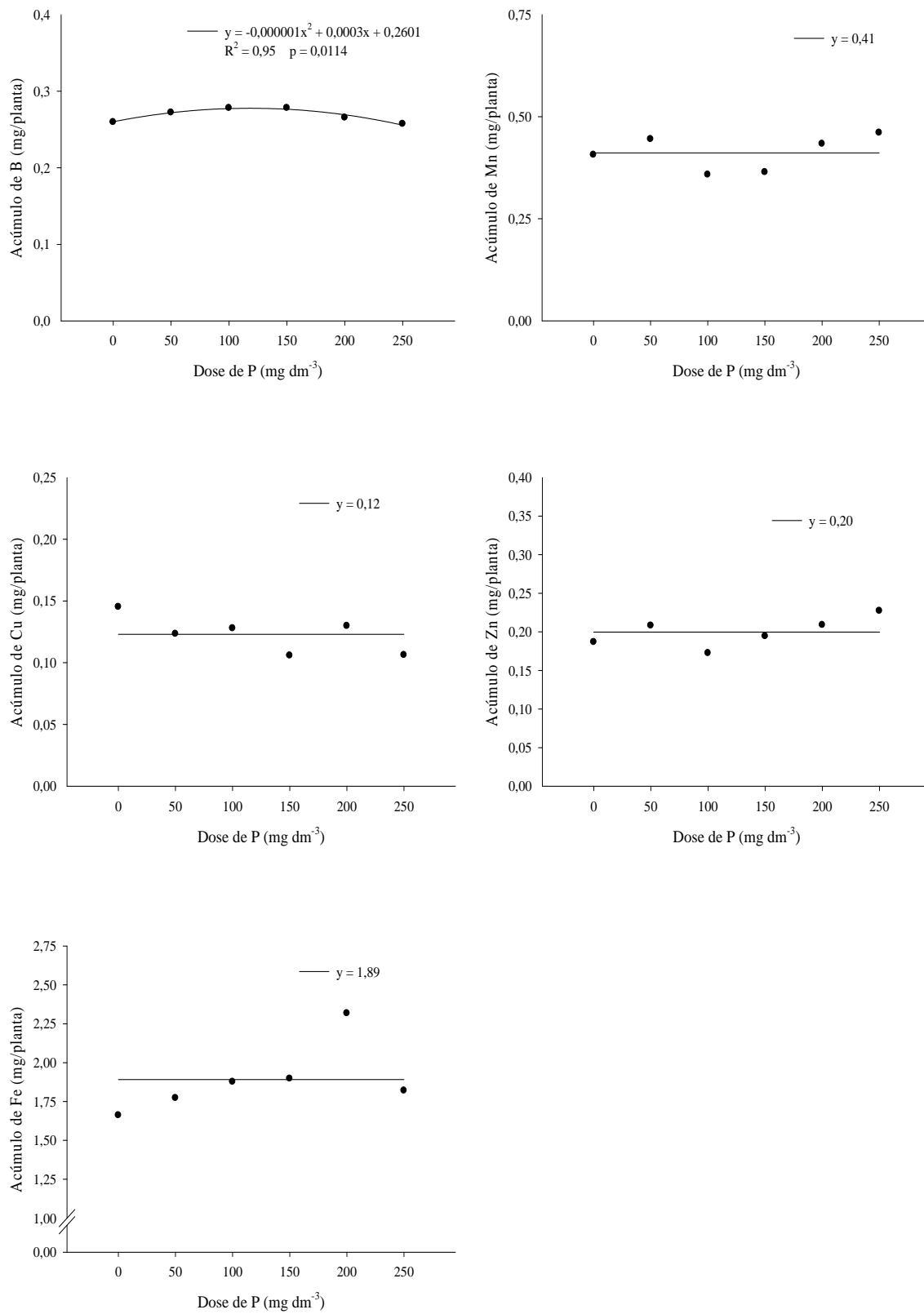
O acúmulo de Ca e B variou em função das doses de P aplicadas e os resultados foram ajustados ao modelo quadrático. Houve redução do acúmulo de Cu e Zn em função das doses de P aplicadas.

O maior acúmulo de N na parte aérea (191,8 mg planta<sup>-1</sup>) foi calculado na dose 170 mg dm<sup>-3</sup> de P. Neste experimento as doses de P não influenciaram o acúmulo de N na parte aérea das plantas na fase de diferenciação, diferindo do experimento 2 (Figura 32). Bull *et al.* (1998 e 2008) observaram que o aumento das doses de fósforo aplicadas elevou os teores de N nas plantas de alho, mas realizaram essa avaliação na fase de diferenciação.

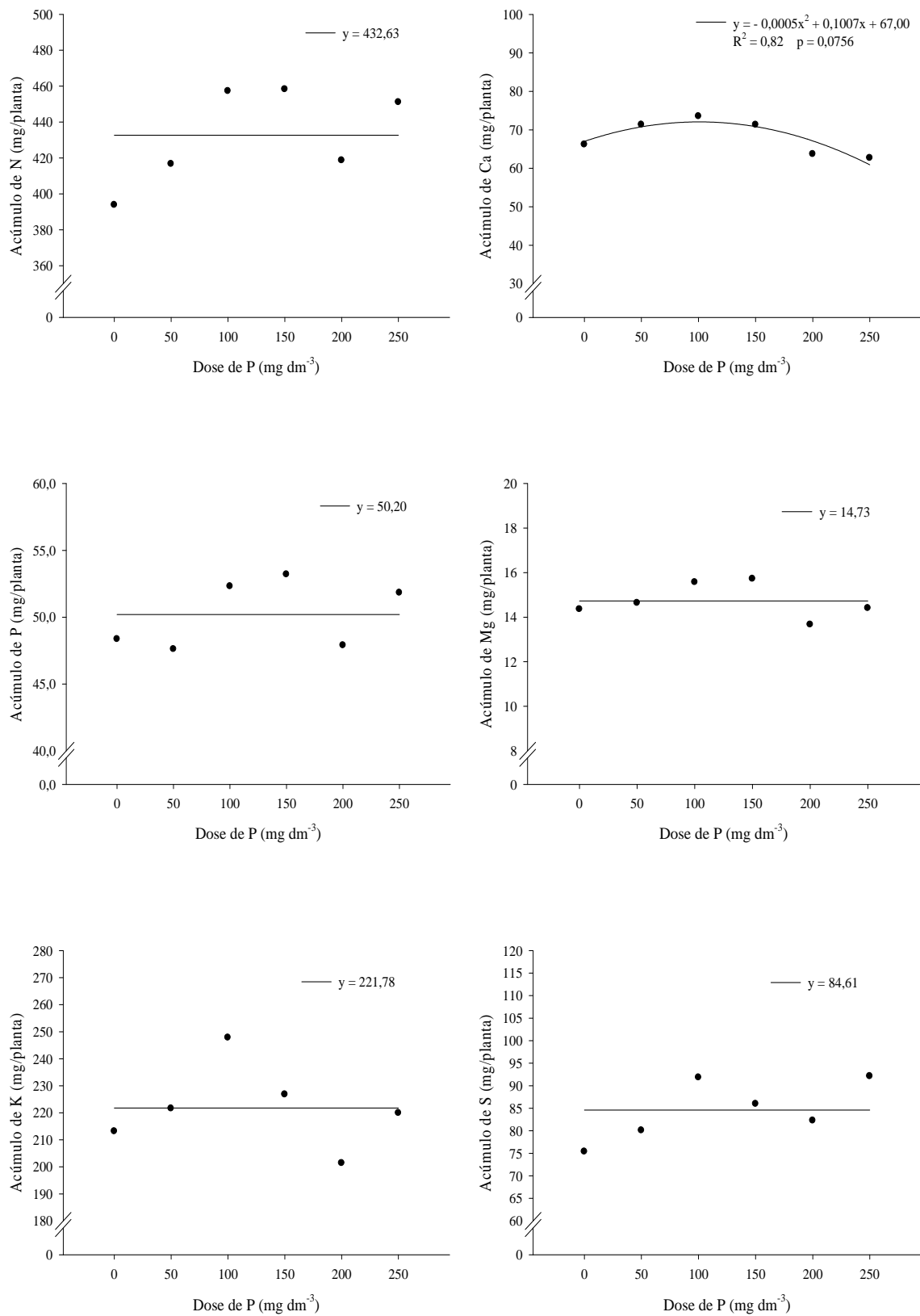




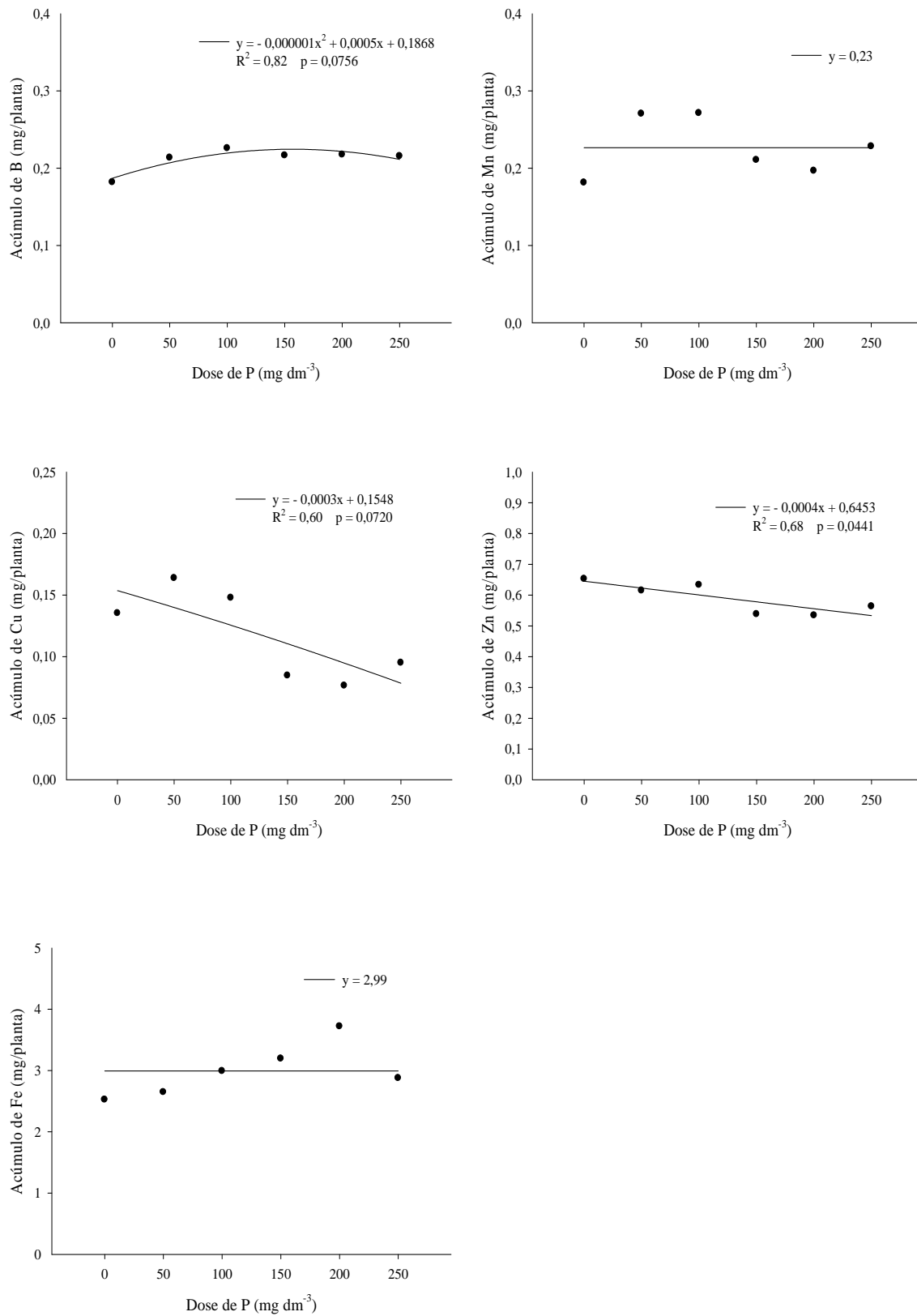
**Figura 39.** Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P.



**Figura 40.** Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea de plantas de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P.



**Figura 41.** Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S nos bulbos de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P.



**Figura 42.** Acúmulo de B, Cu, Fe, Mn e Zn nos bulbos de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P.

O máximo acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas na colheita,  $20,8 \text{ mg planta}^{-1}$ , foi estimado na dose  $194 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (Figura 39). Büll *et al.* (1998, 2004 e 2008) observaram que o teor de P na parte aérea das plantas aumentou proporcionalmente às doses de P aplicadas até a dose máxima aplicada ( $400 \text{ mg dm}^{-3}$  de P). No entanto, nesses experimentos foram utilizadas plantas multiplicadas de forma convencional, possivelmente infectadas com vírus, e o teor inicial de P nos solos utilizados é, aproximadamente, dez vezes menor que o do solo onde foi instalado este experimento. A dose de máximo acúmulo de P,  $194 \text{ mg dm}^{-3}$  (Figura 39) é semelhante à dose onde foi observada a maior massa de bulbo na colheita:  $174 \text{ mg dm}^{-3}$ , que corresponde a uma produtividade de  $18,5 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 36).

O K apresentou maior acúmulo na parte aérea,  $268,8 \text{ mg planta}^{-1}$ , na dose  $153 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (Figura 39). Büll *et al.* (1998) verificaram que a absorção de potássio foi favorecida pelo aumento das doses de P aplicadas nos solos sem adubação orgânica.

O acúmulo de Ca na parte aérea das plantas variou em função das doses de P (Figura 39). Nos bulbos, o maior acúmulo ( $72,1 \text{ mg planta}^{-1}$ ) foi observado na dose  $101 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (Figura 41), contrariando os resultados observados no experimento 1 onde o teor e acúmulo de Ca no bulbos também não variou com as doses de P (Figura 11). Observa-se nas análises de solo (Tabelas 12 e 13) que houve aumento do teor de Ca no solo em função das doses de P aplicadas, o que já era esperado pois tanto o superfosfato simples como o termofosfato apresentam Ca em sua composição. Segundo Andriolli *et al.* (2008) o Ca é mais acumulado nas folhas que nos bulbos até os 80 dias após o plantio, a partir disso o maior acúmulo ocorre nos bulbos, atingindo o máximo acúmulo no final do ciclo de produção da cultura.

Nos bulbos o acúmulo de S não variou significativamente em função das doses de fósforo (Figura 41). Ressalta-se que os compostos sulfurosos são responsáveis, em grande parte, pelo cheiro característico do alho (RESENDE e CECÍLIO FILHO, 2009), sendo este mais acumulado nos bulbos que na parte aérea (ANDRIOLLI *et al.* 2008). Na parte aérea o acúmulo de S aumentou até a dose  $157 \text{ mg dm}^{-3}$  de P (Figura 39) onde foram acumulados  $38,1 \text{ mg planta}^{-1}$ . Observa-se na Tabela 13 que o teor de S no solo aumentou com as doses de P aplicadas, o que pode ser devido à presença de S no fertilizante utilizado, o superfosfato simples.

O acúmulo máximo de B na parte aérea ( $0,2 \text{ mg planta}^{-1}$ ) (Figura 40) e nos bulbos ( $0,22 \text{ mg bulbo}^{-1}$ ) (Figura 42) foi calculado nas doses de 150 e 125  $\text{mg dm}^{-3}$  de P, respectivamente. Observa-se que houve uma redução no teor de B no solo em função das doses de P aplicadas (Tabela 13) e sabe-se que a absorção de boro pelas plantas depende da sua concentração na solução do solo (GOLDBERG, 1993) o que poderia explicar esse comportamento.

Na colheita, o acúmulo de nutrientes na parte aérea ocorreu, na sequência: K>N>Ca>Mg>S>P>Fe>Mn>Zn>B>Cu e nos bulbos a sequência de acúmulo foi: N>K>S>Ca>P>Mg>Fe>Zn>Mn>B>Cu. A sequência de acúmulo nos bulbos foi semelhante à observada por Jacon (2013). Considerando-se uma população de 350.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  e a quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea e nos bulbos, foi calculada a quantidade de nutrientes exportada pelas plantas de alho em função das doses de P aplicadas (Tabela 14). Ressalta-se que nesse cálculo não foi considerado acúmulo pelas raízes que, na fase final do ciclo da cultura representa 5% do total de massa seca acumulada pela planta (ANDRIOLLI *et al.*, 2008).

**Tabela 14.** Exportação de nutrientes por plantas de alho vernalizado livre de vírus cultivado sob doses de P, considerando-se uma população de 350.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

Dose de P ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
----- kg $\text{ha}^{-1}$ -----											
0	187,1	21,6	146,1	53,6	17,0	35,7	0,15	0,10	1,47	0,22	0,31
50	202,5	22,4	161,1	55,9	17,6	38,9	0,16	0,10	1,55	0,25	0,29
100	225,3	24,9	178,6	59,1	18,5	45,1	0,17	0,09	1,70	0,22	0,29
150	226,6	25,3	171,7	60,0	18,6	43,6	0,17	0,07	1,78	0,20	0,25
200	213,5	23,7	165,9	58,9	18,8	42,4	0,17	0,07	2,11	0,22	0,26
250	220,8	24,3	161,6	60,3	19,3	44,3	0,15	0,07	1,64	0,22	0,26
Média	212,6	23,7	164,2	58,0	18,3	41,7	0,16	0,08	1,71	0,22	0,28

A sequência de exportação de macronutrientes foi a mesma independente da dose de P aplicada: N>K>Ca>S>P>Mg, concordando com Souza *et al.* (2011) e com Andriolli *et al.* (2008) que relatam que os nutrientes mais acumulados são N, K, Ca, ambos trabalhando com plantas livres de vírus. No entanto, esses resultados são diferentes dos obtidos por Resende *et al.* (1999) que observaram maior acúmulo de K e não de N em plantas de alho originadas da cultura de tecidos quando comparadas àquelas multiplicadas de forma convencional, que acumulam mais N que K.

Exportação de micronutrientes ocorreu na sequência: Fe>Zn>Mn>B>Cu em todos os tratamentos, concordando com os resultados obtidos por Andriolli *et al.* (2008).

Neste experimento, utilizando-se a cultivar Ito, apesar da sequência ter sido a mesma, a quantidade de nutrientes exportada foi maior que a observada por Andrioli *et al.* (2008) e Souza *et al.* (2011), ambos trabalhando com a cultivar Roxo Pérola de Caçador multiplicada pelo cultivo de meristemas. Andrioli *et al.* (2008) observaram que aos 105 dias após o plantio foram acumulados (em kg ha<sup>-1</sup>) 62,4 de N, 12,1 de P, 61,0 de K, 27,6 de Ca, 6,0 de Mg e 10,3 de S e, em g ha<sup>-1</sup>, de 68,1 de B, 21,7 de Cu, 252,9 de Fe, 70,6 de Mn e 77,2 de Zn. Souza e Macêdo (2011) consideraram 375.000 plantas ha<sup>-1</sup> e observaram a exportação de: N= 179,25, P= 19,95, K= 103,54, Ca= 46,84, Mg= 6,98 e S= 31,73 kg ha<sup>-1</sup> e B= 156,42, Cu= 90,10, Fe= 654,78, Mn= 76,67 e Zn= 138,66 g ha<sup>-1</sup>. Cabe ressaltar que há diferença na absorção de nutrientes entre cultivares de alho e mesmo para uma mesma cultivar, pois há influência, além do genótipo, das características climáticas da região, do manejo, do tipo de solo e da disponibilidade de água, entre outros (SOUZA *et al.*, 2011).

Verifica-se também que há variação na porcentagem de nutrientes exportados, proporcionalmente, pela parte aérea ou bulbos de alho (Figuras 43 e 44).

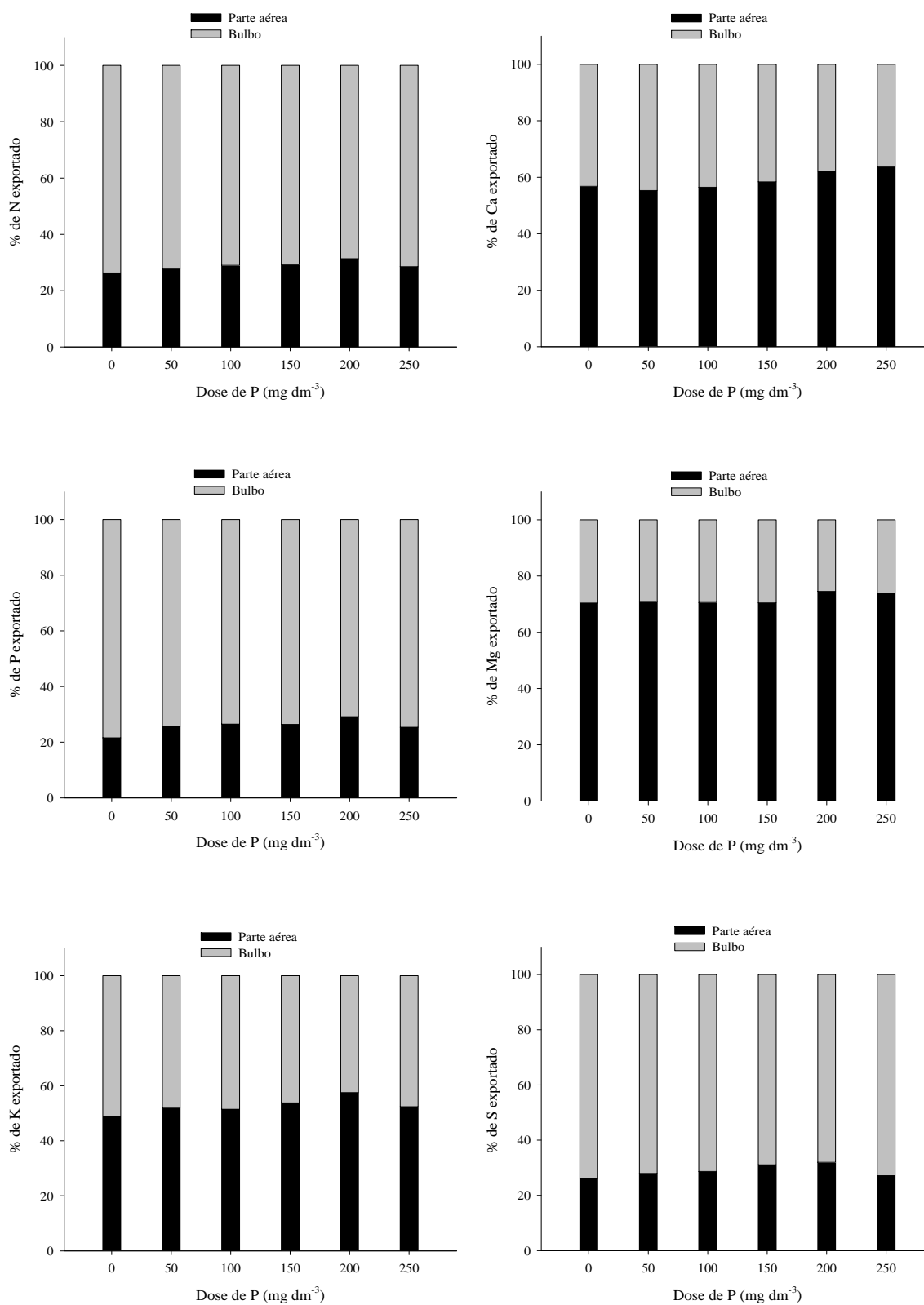
A porcentagem de N exportada pelos bulbos corresponde a mais de 70% do total, havendo pouca variação em função das doses de P aplicadas. Andrioli *et al.* (2008) observaram que na colheita o acúmulo de N nos bulbos foi maior que nas folhas, concordado com este resultado.

Concordando com Andrioli *et al.* (2008), o acúmulo de P nos bulbos foi maior que nas folhas. Observa-se que a exportação de P pela parte aérea aumentou até a dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> de P, representando, nessa dose, 22% do total exportado.

O K apresenta comportamento diferente do N e do P, sendo acumulado nos bulbos e na parte aérea em quantidades semelhantes. Esse comportamento também foi observado por Andrioli *et al.* (2008). No entanto, como houve variação significativa de acúmulo de K na parte aérea em função das doses de P (Figura 39), observa-se na dose 153 mg dm<sup>-3</sup> de P a maior extração de K pela parte aérea e a menor extração desse nutriente pelos bulbos.

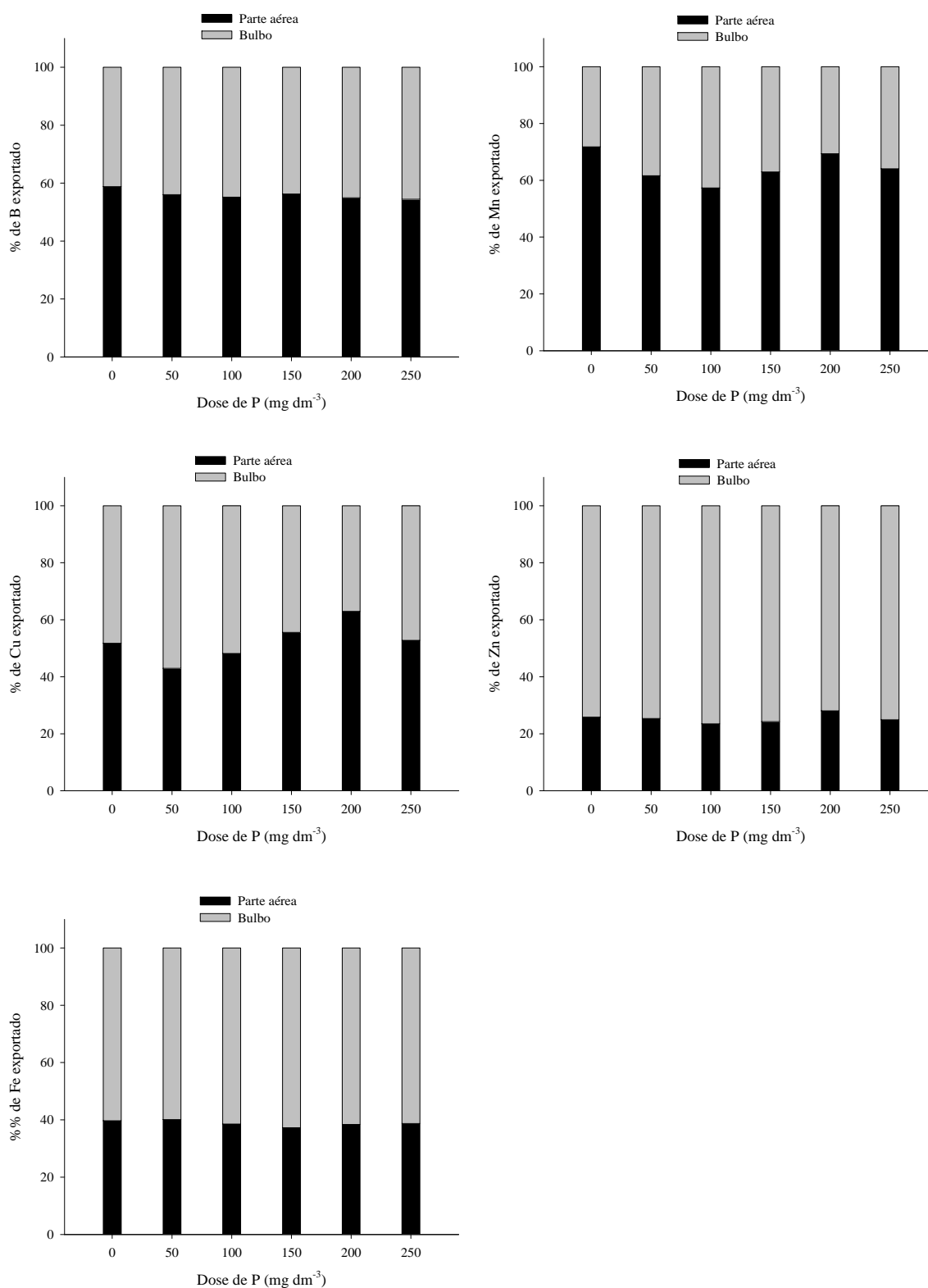
A exportação de Ca e Mg pela parte aérea das plantas é maior que a exportação pelos bulbos (Figura 43), diferindo do S que é mais exportado pelos bulbos, assim como foi observado por Andrioli *et al.* (2008). O maior acúmulo de S nos bulbos já era esperado, pois está ligado, possivelmente, ao acúmulo de compostos sulfurosos

responsáveis, em grande parte, pelo odor característico do alho e sua pungência (LANZOTTI, 2006; RESENDE e CECÍLIO FILHO, 2009).



**Figura 43.** Porcentual de exportação de N, P, K, Ca, Mg e S pela parte aérea e bulbo de alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P.





**Figura 44.** Porcentual de exportação de B, Cu, Fe, Mn e Zn pela parte aérea e bulbo alho vernalizado livre de vírus na colheita em função de doses de P.

Quanto aos micronutrientes, a exportação de B e Cu pela parte aérea e bulbos é semelhante. O Fe e, principalmente, o Zn são mais exportados pelos

bulbos e o Mn é mais exportado pela parte aérea. Destes, apenas o comportamento do Fe difere dos observados por Andriolli *et al* (2008), onde o Fe foi mais acumulado pela parte aérea das plantas.

Na região onde foram conduzidos estes experimentos, vários produtores têm adotado o seguinte manejo na colheita: as plantas são arrancadas e posicionadas em leiras, tomando-se o cuidado de manter os bulbos cobertos pelas folhas. Após 5 a 7 dias, ainda no campo, é realizado o corte das raízes e da parte aérea. Os bulbos são, então, acondicionados em caixas plásticas e levados para barracões onde são mantidos durante o processo de cura. Em outras regiões costuma-se arrancar as plantas e levá-las inteiras para os barracões onde são penduradas e mantidas durante o processo de cura. E, após esse período, são cortadas as folhas. A prática de cortar as folhas ainda no campo, além de reduzir o custo do transporte e o espaço necessário nos galpões, permite a reciclagem dos nutrientes presentes na parte aérea, pois estas são devolvidas e incorporadas à área de produção. Dessa forma, seriam reincorporados à área, em média, em  $\text{kg ha}^{-1}$ : 61 de N, 6 de P, 87 de K, 34 de Ca, 13 de Mg, 12 de S e em  $\text{g ha}^{-1}$ : 91 de B, 42 de Cu, 662 de Fe, 144 de Mn e 70 de Zn. Que corresponde à média de acúmulo de nutrientes pela parte aérea considerando-se uma população de 350.000 plantas por hectare.

#### **4.3.5. Balanço nutricional de N, P e K**

A dose de P que proporcionou maior massa fresca de bulbo foi  $174 \text{ mg dm}^{-3}$  de P e a maior massa de bulbo após a cura foi  $221 \text{ mg dm}^{-3}$  de P, considera-se então como uma dose adequada uma dose média entre estas:  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de P.

Nessa dosagem, houve uma exportação de  $213,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. A adubação de plantio e em cobertura forneceu  $286 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, havendo, portanto um excedente de  $72,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

A exportação de P nessa dose foi de  $23,7 \text{ kg ha}^{-1}$ . Havendo, então uma diferença de  $395,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de P entre o que foi aplicado e o que foi acumulado pelas plantas. Esse valor é semelhante ao observado na análise de solo realizada no momento da colheita:  $195 \text{ mg dm}^{-3}$ , que corresponde a  $390 \text{ kg ha}^{-1}$  de P (Figura 13). Porém, se for considerado o teor inicial do solo, haveria ainda uma diferença de  $65,7 \text{ mg dm}^{-3}$  de P que não foi acumulada pelas plantas e não é detectada na análise de solo, e que estaria, possivelmente, fixada ao solo.

Para o potássio, houve uma exportação de 165,9 kg ha<sup>-1</sup>, gerando uma diferença de 22,6 kg ha<sup>-1</sup> de K entre o que foi aplicado e o que foi acumulado pelas plantas.

#### 4.3.6. Considerações

A maior dose de P aplicada, ocasionou redução na produção e a porcentagem de bulbos nas classes mais valorizadas foi semelhante nas doses de 200 e 250 mg dm<sup>-3</sup> de P. Dessa forma, pode-se considerar que para este solo, com teor inicial de P disponível classificado como alto (RAIJ *et al.*, 2001), a dose de 200 mg dm<sup>-3</sup> de P, equivalente a 400 kg ha<sup>-1</sup> de P, foi a que proporcionou melhores resultados, sendo inclusive a dose média entre a dose onde houve maior massa fresca de bulbo e a dose onde houve maior massa de bulbo após a cura.

Houve diferença na sequência de acúmulo de nutrientes entre a parte aérea das plantas e os bulbos. Na parte aérea o acúmulo ocorreu, na sequência: K>N>Ca>Mg>S>P>Fe>Mn>Zn>B>Cu e nos bulbos a sequência de acúmulo foi: N>K>S>Ca>P>Mg>Fe>Zn>Mn>B>Cu.

Verificou-se também que há variação na porcentagem de nutrientes exportados, proporcionalmente, pela parte aérea ou bulbos de alho, a exportação ocorreu na seguinte sequência: N>K>Ca>S>P>Mg> Fe>Zn>Mn>B>Cu

## 5. CONCLUSÃO

A adubação fosfatada proporcionou respostas na nutrição das plantas, produção e qualidade de bulbos de alho vernalizado livre de vírus.

Houve efeito das doses de fósforo aplicadas na incidência de superbrotamento das plantas de alho, associada à ocorrência de chuva na fase de diferenciação.

A dose de  $200 \text{ mg dm}^{-3}$  de P ( $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de P), utilizando-se a fonte Superfosfato Simples + Termofosfato, em solo com alto teor inicial de fósforo, proporcionou maior produção e bulbos de maior classificação.

## 6. REFERÊNCIAS

ABBAS, M.; RAJAT, S.; TOMAR, S. S.; SHARMA, K. K. Effect of nitrogen and potassium on the growth and yield of garlic. **Journal of Potassium Research**, v. 10, n. 4, p. 338-342, 1994.

AGRIFANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 2016.

AMAGASE, H. Clarifying the real bioactive constituents of garlic. **Journal of Nutrition**, 136, p. 7165-7255, 2006.

AMORIM, J. R. de A.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, N. C. de; Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 167-176, 2002.

ANDRIOLI, F. F.; PRADO, R. M.; ANDRIOLI, I.; SAES, L. P. Curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes pela cultura do alho sob condições de campo. **Scientia Agraria**, v. 9, p. 385-393, 2008.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.253-280.

BACKES, C.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; IMAIZUMI, I. Coloração verde nas folhas na cultura do alho vernalizado em resposta a adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 491-498, 2008.

BARNI, V.; GARCIA, A. Comportamento do alho Quitéria isento de vírus do estriado amarelo em diferentes condições de cultivo. **Hortisul**, Pelotas, v. 3, n. 3, p. 15-19, 1994.

BARTLETT, R. J. Manganese redox reactions and organic interaction in soils. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Eds.) Manganese in soils and plants. Dordrecht, Kluwer academic Publisher, p. 59-73, 1988.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).

BERMÚDEZ-ZAMBRANO, O. D. **Sinalização entre os sistemas radiculares e caulinares em genótipos contrastantes de *Lycopersicon* sob estresse por deficiência hídrica**. 2004. 33p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BERNARDI, J. B.; INFORZATO, R.; IGUE, T. Influencia da adubação mineral (NPK) e micronutrientes na produção de alho. **Revista Olericultura**, v. 6, p. 48-52, 1966.

BOAWN, L.C.; BROWN, J.C. Further evidences for a P x Zn imbalance in plants. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madison, v.32, p.94-97, 1968.

BÜLL, L. T.; BERTANI, R. M. A.; VILLAS BÔAS, R. L.; FERNANDES, D. M. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. **Bragantia**, v. 61, p. 247-255, 2002.

BULL, L. T.; COSTA, M. C. G.; NOVELLO, A.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BOAS, R. L.. Doses and forms of application of phosphorus in vernalized garlic. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 5, p. 516-521, 2004.

BÜLL, L. T.; FORLI, F.; TECCHIO, M. A.; CORRÊA, J. C. Relações entre fósforo extraído por resina e respostas da cultura do alho vernalizado a adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 459-470, 1998.

BÜLL, L. T.; NAKAGAWA, J. Desenvolvimento, produção de bulbos e absorção de nutrientes na cultura do alho vernalizado em função de relações cálcio:magnésio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p.409-415, 1995.

BULL, L. T.; NAKAGAWA, J.; DE PIERRI, J. C. Absorção de nutrientes e produção de alho em função de saturação de bases e de relação Ca:Mg do solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.11, n.2, p.142-145, nov. 1993a.

BÜLL, L. T.; NAKAGAWA, J.; VILLAS BÔAS, R. L. Produção de bulbos e incidência de pseudo-perfilhamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássica e nitrogenada. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., Águas de Lindóia, 1996. **Resumos expandidos...** Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. (CD-ROM)

BÜLL, L. T.; NOVELLO, A.; CORRÊA, J. C.; VILLAS BÔAS, R. L. Doses de fósforo e zinco na cultura do alho em condições de casa de vegetação. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, 2008.

BÜLL, L. T.; VILLAS BÔAS, R. L.; NAKAGAWA, J. Variações no balanço catiônico do solo induzidas pela adubação potássica e efeitos na cultura do alho vernalizado. **Scientia Agricola**, v. 55, p. 456-464, 1998.

BULL, L. T.; VILLAS BÔAS, R. V.; FERNANDES, D. M.; BERTANI, R. M. A. Fertilização potássica na cultura do alho vernalizado. **Scientia agrícola**, v. 58, n. 1, p. 157-163, 2001. .

BURBA, J. L. **Efeitos do manejo de alho-semente (*Allium sativum* L.) sobre a dormência, crescimento e produção da cultivar Chonan**. 1983. 112 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1983.

CÂMARA, F. A. A. **Obtenção de plantas de alho (*Allium sativum* L.) a partir de meristemas e microbulbificação “in vitro”**. 1988. 55f. Dissertação. ESAL, Lavras, 1988.

CAMARGO, C. D.; BARRERA, P. **O alho: uma planta mágica com o futuro garantido no mercado nacional**. São Paulo: Ícone, 1985. 98 p.

CAMPORA, P. S.; SAITO, C. Efeito de doses e épocas de cobertura nitrogenada em alho (*Allium sativum* L.) **Ensaio e Pesquisas Batata, Cebola, Alho, São Paulo**, v. 2, p. 304-308, 1988.

CARVALHO, M. G. Viroses do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 12, n.142, p.41- 46, 1986.

CASTELLANE, P. D.; CHIARADIA, B. M.; DEMATTÊ, J. B. I. Influência da adubação nitrogenada via foliar sobre o comportamento de duas cultivares de alho nobre. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 8, p. 38, 1990. (Resumo)

CASTELLANE, P. D.; CHURATA-MASCA, M. G. C.; SILVA, E. J.; YAMANE, M. Efeitos de doses de superfosfato simples e de cobertura morta na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cvs. Hito, Quitéria e Roxo Pérola de Caçador. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 51, 1987. (Resumo)

CASTELLANE, P. D.; FERREIRA FILHO, C.; ALBUQUERQUE, A. Efeito da refrigeração pré-plantio na produção de alho, seleções Gigante 10 e Gigante 20, em São Paulo. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 10, n. 2, p. 98-99. 1992.

CASTELLANOS, J. Z., OJODEAGUA, J. L., MÉNDEZ, F., VILLALOBOS-REYES, S., BADILLO, V., VARGAS, P.; LAZCANO-FERRAT, I. Phosphorus requirements by garlic under fertigation. **Better Crops International**, v. 15, n. 2, p. 21-23. 2001.

CONCI, V. C.; CANAVELLI, A. E.; BALZARINI, M. G. The distribution of garlic viruses in leaves and bulbs during the first year of infection. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 158, n. 3, p. 186-193, 2010.

COSTA, T. M. P.; SOUZA, R. J.; SILVA, A. M. Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio sobre a cultura do alho (*Allium sativum* L. cv. Juréia). **Ciência e Prática**, v. 17, n. 3, p. 239-246, 1993.

- COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; SOUZA, E. C. A. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. (Coords.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1993. p. 85-140.
- COUTO, F. A. A. Nota prévia sobre dosagens de boro e azoto na adubação de alho. **Olericultura**, Viçosa, v. 1, p. 39-45, 1961 a.
- COUTO, F. A. A. Observações sobre o efeito do azoto, fósforo e potássio na fertilização do alho. **Olericultura**, Viçosa, v. 1, p. 26-38, 1961 b.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G. R. **Nutrição mineral de plantas: Micronutrientes**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, p.327-346, 2006.
- DIRIBA-SHIFERAW, G., NIGUSSIE-DECHASSA, R., KEBEDE, W., GETACHEW, T., SHARMA, J. J. Growth and nutrients content and uptake of garlic (*Allium sativum* L.) as Influenced by different types of fertilizers and soils. **Science, Technology and Arts Research Journal**, v. 2, n. 3, p. 35-50, 2013.
- DUSI, A. N. Doenças causadas por vírus em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.183, p.19-21, 1995.
- EDWARDS, J.H.; KAMPRATH, E.J. Zinc accumulation by corn seedlings as influenced by phosphorus, temperature and light intensity. **Agronomy Journal**, Madison, v.66, p.479-482, 1974.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2013.
- FAJARDO, T. V. M. **Estudo da degenerescência por viroses e caracterização molecular do complexo viral da cultura do alho (*Allium sativum*)**, 1998, 127p. Tese (Doutorado em Fitopatologia), Universidade de Brasília. Brasília, 1998.
- FAJARDO, T. V. M.; NISHIJIMA, M.; BUSO, J. A.; TORRES, A. C.; ÁVILA, A. C.; RESENDE, R. O. Garlic viral complex: identification of potyviruses and carlavirus in central Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.26, p.619-626, 2001.
- FAJARDO, T. V. M.; TORRES, A. C.; BUSO, J. A.; ÁVILA, A. C.; RESENDE, R. O. Produção e qualidade de bulbos de alho livre de suas principais viroses. **Summa Phytopathologica**, v. 28, p. 207-210, 2002.
- FAO: FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agricultural production: garlic**. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>> Acesso em: 26 abr. 2016.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994, 227p.



FERNANDES J. C. F. **Resposta a nitrogênio por plantas de alho (*Allium sativum*) livres de vírus.** 2008. 72p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

FERNANDES J. C. F.; BÜLL L. T.; CORRÊA J. C.; PAVAN M. A.; IMAIZUMI, I. Resposta de plantas de alho livres de vírus ao nitrogênio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 97-101, 2010.

FERREIRA, F. A.; CARDOSO, M. R. O.; ALVARANGA, M. A. R. Adubação fosfatada e calagem na cultura do alho (*Allium sativum* L.) em solos de baixada no sul de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 19, Florianópolis, 1979. **Resumo...** Florianópolis, Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária/Sociedade de Olericultura do Brasil, 1979. 190p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: UFV, 2008. 421p.

GARCIA, A. **Influência da irrigação no crescimento, produção e superbrotamento do alho (*Allium sativum* L.).** 1964. 45 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1964.

GARCIA, A.; PETERS, J. A.; CASTRO, L. A. S. Formação de estoques pré-básicos de alho-semente e estudo da sensibilidade da cultura à infecção por vírus. **Hortisul**, v. 1, n. 1, p. 42-44, 1989.

GARCIA, D. C.; DETTMANN, L. A.; BARNI, V.; LOPES, S. J. Efeito de níveis de nitrogênio no rendimento de alho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 299-302, 1994.

GIBBS, A.; HARRISON, B. **Plant Virology: the principles.** New York: Buffer and Turner, 1979. 292 p.

GOEDERT, W. J., SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Fósforo, In: GOEDERT, W. J. (Ed.) **Solos dos cerrados: tecnologia e estratégias de manejo.** São Paulo, Nobel, p. 129-163, 1985.

GOEDERT, W. Resposta agrônômica do cerrado ao uso do fosfato. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 2., 1981. Brasília, São Paulo: IBRAFOS. 1981.p.262-274

GOLDBERG, S.; GLAUBIG, R.A.; HEICK, E.L. Boron adsorption mechanisms on oxides, clay minerals, and soils, inferred from ionic strength effects. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, n.3, p.704-708, 1993.

HIROSE, T.; TAKARADA, J. K.; MIMAKI, A. Y.; ARIZAWA, M.; MUKAI, Y. Níveis de nitrogênio na cultura de alho vernalizado cv. Ito. Horticultura Bto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 7, p. 56, 1989.

HWANG, J. M.; ANH, I. O.; CHOI, J. K. Studies on the production of virus-free plant through tissue culture in garlic (*Allium sativum* L.). **The Research Reports of the Office Rural Development Korea**, v. 25, n. 1, p. 22-30, 1983.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola**: pesquisa mensal e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. 2015. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>  
Acesso em: 13 mai. 2016

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2016. Dados climáticos: série histórica de 1961 a 2016. Banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2016.

JACON, C. P. R. P. **Fontes de fósforo e saturação por bases no solo no cultivo de alho vernalizado livre de vírus**, 2013, 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Horticultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

JACON, C. P. R. P.; FERNANDES, D. M. Nutrição em alho livre de vírus. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 37., 2014, Botucatu. **Palestra...** Botucatu, SP: Associação Paulista de Fitopatologia, 2014. Disponível em: <<http://www.summanet.com.br/summanet-site/congressos/2014/index.htm>> Acesso em: 14 mar. 2016.

JONES, H. A.; MANN, L. K. Garlic. In: **Onions and their allies**. London: Leonard Hill Books, 1963. p. 210-229.

JONES, JR.; BENTON, J.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide**. Georgia, USA; 1991. 213 p.

JUNQUEIRA, R. M. D.; IZIOKA, H. Efeito de diferentes níveis e épocas de cobertura nitrogenada em alho (*Allium sativum* L.) na região de Botucatu – SP. **Ensaio e Pesquisas: batata, cebola e alho**, v. 2, p. 304-308, 1988.

JUNQUEIRA, R. M. D.; TATIGONE, H. C.; CARBULHA NETO, E. Comparativo entre 4 diferentes fertilizantes nitrogenados aplicados em cobertura na cultura do alho (*Allium sativum* L.) na região de Pouso Alegre-MG. **Ensaio e Pesquisas Batata, Cebola Alho**, São Paulo, v. 2, p. 300-303, 1988.

KILGORI, M.J., MAGAJI, M.D., YAKUBU, A.I. Productivity of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars as affected by different levels of nitrogenous and phosphorous fertilizers in Sokoto, Nigeria. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, Lawlor DW, v. 2, n. 2, p. 158-162, 2007.

LANZOTTI, V. The analysis of onion and garlic. **Journal of Chromatography**; v. 1112, p. 3-22, 2006.

LIMA, C. P. de; BÜLL, L. T.; MANETTII; BACKES, C.; VILLA BÔAS, R. L.; GODOY, L. J. G. Efeito residual da adubação fosfatada sobre a cultura do alho vernalizado. **Bioscience Journal**, v. 23; n. 4; p. 1-10, 2007.

- LIMA, C. P. DE; BÜLL, L. T.; BACKES, C.; GODOY, L. J. G., KIIL, T. A. M. Produtividade e características comerciais do alho vernalizado em função de doses de nitrogênio. **Científica, Jaboticabal**, v. 36, n. 1, p. 48-55, 2008.
- LIMA, C. P. **Medidor de clorofila na avaliação de nutrição nitrogenada na cultura do alho vernalizado**. 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia -Horticultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- LIMA, J. A.; SOUZA, A. F.; CASTOR, O. S.; MENEZES SOBRINHO, J. A. Efeitos de matéria orgânica e vermiculita na produção de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 41-45, 1984.
- LISBÃO, R. S.; TRANI, P. E.; HIROCE, R.; FORNASIER, J. B. Crescimento e absorção de nutrientes pelo alho (*Allium sativum* L.), Roxo Pérola de Caçador, cultivado em condições de campo. **Revista de Agricultura**, v. 66, n. 3, p. 271-295, 1991.
- LONERAGAN, J. F.; WEBB, M. J. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: ROBSON, A. D. (Ed.). **Zinc in soil and plants**. Madison: Kluwer Academic, 1993. p. 119-134.
- LONERAGAN, J. F. GROVE, T. S.; ROBSON, A. D.; SNOWBALL, K. Phosphorus toxicity as a factor in zinc-phosphorus interactions in plants. *Soil Science Society of American Journal.*, v.43, p.966-972, 1979.
- MACÊDO, F. S.; SEDOGUCHI, E. T.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Produtividade de alho vernalizado em função de fontes e doses de fósforo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, 2011.
- MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, B. R.; LEITE, L. V. R. Produtividade de alho vernalizado em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Bragantia**, v.68, p. 657-663, 2009.
- MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; PEREIRA, G. M. Controle de superbrotamento e produtividade de alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 629-635, 2006.
- MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; PEREIRA, G. M. Controle de superbrotamento e produtividade de alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 629-635, 2006.
- MACHADO, M. O.; VIZZOTTO, V. J.; DITTRICH, R. C. Adubação fosfatada na cultura do alho *Allium sativum* L. num Latossolo de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 19. **Resumos...** Florianópolis, Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária/Sociedade de Olericultura do Brasil, 1979.
- MAGALHÃES, J. R. de. Nutrição mineral do alho. **Informe Agropecuário**, v.12, p.20-30, 1986.
- MAJUNDAR, B., VENKATESH, M. S., KUMAR, K., PATIRAM, P. Response of garlic (*Allium sativum* L.) to phosphorous and sulphur application in acid alfisol of Meghalaya. **Journal of Spices and Aromatic Crops**, v. 12, n. 2, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Adubos e adubação**. 3. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 1981. 596p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997, 359 p.

MANGAL, J. L.; SINGH, R. K.; YADAV, A. C.; LAL, S.; PANDEY, U. C. Evaluation of garlic cultivars for salinity tolerance. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 65, n. 6, p. 657-658, 1990.

MARODIN, J. C.; RESENDE, F. V.; SOUZA, R. J. Importância do tamanho do alho-semente no desenvolvimento e produção do alho nobre infectado e livre de vírus – cultivar chonan. **Revista Nosso Alho**, n.22, p.20-28 2015. Disponível em: <[http://www.anapa.com.br/simples/wp-content/uploads/2015/10/Revista\\_nosso\\_alho\\_n22\\_out2015.pdf](http://www.anapa.com.br/simples/wp-content/uploads/2015/10/Revista_nosso_alho_n22_out2015.pdf)> Acesso em: 30 maio 2016.

MAROTO, J.V. 2002. **Horticultura herbacea especial**. Mundi-Prensa, Madrid, 702 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; CARRIJO, O. A.; SILVA, H. R. Produção de alho sob diferentes tensões de água no solo e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p.191-194, 2002.

MASCARENHAS, M. H. T.; VIANA, M. C. M.; LARA, J. F. R. Efeito de doses crescentes de composto orgânico sobre a perda de massa de bulbos de alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 1, p. 83, 1993.

MELO, J. P. L.; OLIVEIRA, A. P. Produção de alho em função de diferentes níveis de água e esterco bovino no solo. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 11-15, 1999.

MITUTI, T., OLIVEIRA, M. L., NARDINI, J. P. C., MOURA, M. F., HOFFMANN, M. I. M., GUIMARÃES, L. R. P., PAVAN, M. A. Garlic aerial bulbils, from floral scapes, are infected by viruses. **Summa Phytopathologica**, . 4, p. 368-370, 2014.

MOON, W.; LEE, B. Y. Influence of short day treatment on the growth and levels of endogenous growth substances in garlic plants (*Allium sativum* L.). **Journal Korean of the Society for Horticultural Science**, Tehran, v. 21, n. 2, p. 109-118, 1980.

MORAES, E. C. Diferentes fontes e nitrogênio e a aplicação de bórax, sulfato de magnésio e sulfato de zinco na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 3, n. 1, p. 80, 1985. (Resumo)

MORAES, E. G.; LEAL, M. L. S. Influência de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na incidência de superbrotamento na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 61, 1986. (Resumos).

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora da universidade Federal de Lavras, 2002. 625p.

MOTA, J. H.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. D. Similaridade genética de cultivares de alho pela comparação de caracteres morfológicos, físico-químicos, produtivos e moleculares. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 156-160, 2006.

NAKAGAWA J. Nutrição e adubação da cultura do alho nobre. In: PAVAN, M. A.; SAKATE, R. K. (Eds.). **A Cultura do Alho: produzir com qualidade para competir**. Botucatu: FEPAF, 2015, p. 45-62.

NAKAGAWA J. Nutrição e adubação da cultura do alho. In: FERREIRA, M. E.; CASTELANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. (Eds.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafós. p. 341-380. 1993.

NAKAGAWA, J.; IZIOKA, H.; UENO, M. N.; PIERI, J. C. Efeitos das aplicações de doses de calcário, de fosfogesso e do KCl no superbrotamento do alho, II. **Horticultura Brasileira**, v.7, p.67, 1989.

NAKAGAWA, J.; KATO, A.H.; IZIOKA, H.; PIERI, J. C. Efeitos de doses e de épocas de aplicação de potássio no superbrotamento do alho. **Horticultura Brasileira**, v.8, p.55, 1990 a.

NAKAGAWA, J.; KIMOTO, T.; UENO, M. N. Efeito de doses crescentes de calcário na produção de alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 67, 1987 (Resumo)

NAKAGAWA, J.; ROSA, J. C.; KIMOTO, T.; KUROZAWA, C. Efeitos de micronutrientes na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 4, p. 62, 1986. (Resumo)

NAKAGAWA, J.; SAKAMOTO, H.; UENO, M. N. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 8, p. 55, 1990 b.

NAKAGAWA, J.; SAKAMOTO, H.; UENO, M. N. Efeito de doses e épocas de aplicação de N em cobertura na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 9, p. 50, 1990c.

NAKAGAWA, J.; YASUDA, M.; SAKAMOTO, H.; BÜLL, L. T.; GOTO, R.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito dos tipos de termofosfatos na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, p. 206, 1998.

NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G.; PAULA, M. B. de; FARIA, J. F. Gesso, fosfato natural e adubo verde na cultura do alho em solo aluvial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 13, n. 3, p. 349-354, 1989.

NOGUEIRA, I. C. C.; FERREIRA, F. A.; PEDROSA, J. F. Efeito do parcelamento da adubação nitrogenada sobre as características morfológicas e produção de alho (*Allium sativum* L.) cultivar Juréia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 20. Brasília, 1980. **Resumos...** Brasília, EMBRAPA/EMBRATER, 1980, p. 86-87.

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

NUNES, F. N.; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R.; GEBRIM, F. O.; SÃO JOSÉ, J. F. B. Fluxo difusivo de ferro em solos sob influência de doses de fósforo e de níveis de acidez e umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 423-429, 2004.

- OH, D. G., SUH, H. D., KIM, K. T. AND LEE, J. W. Field performance of meristem-tip-culture derived seed garlic. **Acta Horticulturae**, 358, p. 281-284. 1994. Disponível em: <[http://www.actahort.org/books/358/358\\_46.htm](http://www.actahort.org/books/358/358_46.htm)>. Acesso em: 18 nov. 2013.
- OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.243-264.
- PARK, Y. B.; LEE, B. Y. Study on growth and bulb formation of garlic plants (*Allium sativum* L.). I. The effect of daylength on the bulb formation and secondary growth in 6 cloved garlic plants. **Journal Korean Society Horticultural Science**, Tehran, v. 20, n. 1, p. 1-4, 1979.
- PATEL, B. G.; KHANAPARA, V. D.; MALAVIA, D. D.; KANERIA, B. B. Performance of drip and surface methods of irrigation for garlic (*Allium sativum*, L.) under varying nitrogen levels. **Indian Journal of Agronomy**, v. 41, n. 1, p. 174-176, 1996.
- PAULA, M. B. de; NOGUEIRA, F. D.; FONTES, P. C. R.; LOPES, A. S. Produção de bulbos e concentração de nutrientes em folhas de alho sob a influência da calagem. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 33, p. 496-505, 1986
- PAVAN, M. A. **Viroses em alho nobre: identificação, estabelecimento de métodos eficientes para obtenção de plantas livres de vírus, seleção de clones assintomáticos em campo e avaliação comparativa do desempenho em condições controladas**. 1998. 116 f. Tese (Livre docência disciplina de fitopatologia Geral) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- PEIXOTO, N.; FILGUEIRA, F. A. R. Efeito de níveis de boro na produção e conservação de alho em Anápolis. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.1, n.1, p.47-48, 1983.
- PEREIRA, E.B. Efeito da adubação orgânica com composto sobre a cultura de alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 33, 1987.
- PETERS, J. A.; CASTRO, L. A. S.; GARCIA, S.; PATELLA, A. E. C. Cultura de meristemas e indexação de plantas de alho. **Hortisul**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 36-41, 1989.
- POLA, A. C.; BIASI, J. Primeiros resultados experimentais de irrigação na cultura do alho em Caçador, SC. **Agropecuária Catarinense**, v. 6, n. 2, p. 18-20, 1993.
- RABINOWITCH, H. D., CURRAH, L. **Allium crop science: recent advances**. CABI publishing, 2002.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agrônômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônômico, 2001. 284p.

- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Boletim 100). 1996. Campinas, Instituto Agrônomo, 285p.
- REISENAUER, H. M. Determination of plant-available soil manganese. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Eds.) Manganese in soils and plants. Dordrecht, Kluwer academic Publisher, p. 87-98, 1988.
- RESENDE, F. V.; FAQUIN, V.; SOUZA, R. J.. Efeito da adubação nitrogenada no crescimento e na produção de alho proveniente de cultura de tecidos e de multiplicação convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** Viçosa, v. 24, n. 1, p. 49-57, 2000a.
- RESENDE, F. V.; OLIVEIRA, P. S. R. de; SOUZA, R. J. de. Crescimento, produção e absorção de nitrogênio do alho proveniente de cultura de tecidos, cultivado com doses elevadas de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 1, p. 31-36, 2000b.
- RESENDE, F. V.; SOUZA, R. J.; FAQUIN, V.; RESENDE, J. T. V. Comparação do crescimento e produção entre alho proveniente de cultura de tecidos e de multiplicação convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 17, p. 118-124, 1999.
- RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Efeitos de tipos de bulbos e adubação nitrogenada sobre a produtividade e características comerciais do alho cv. Quitéria. **Horticultura Brasileira**, v.19, p.188-191, 2001b.
- RESENDE, G.M.; SOUZA, R. J. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio sobre a produtividade e características comerciais de alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.2, p.126-129, 2001a.
- RESENDE, G.M.; SOUZA, R. J.; LUNKES, J. A. Influência do nitrogênio e paclobutrazol em alho cv. Quitéria. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.11, n.2, p.126-128, 1993.
- REZENDE, F. V.; FAQUIM, V.; SOUZA, R. J. de; SILVA, V. S. Acúmulo de matéria seca e exigências nutricionais de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de propagação convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 220-226. 1999.
- REZENDE, F. V.; SOUZA, R. J. de; PASQUAL, M. Comportamento em condições de campo de clones de alho obtidos por cultura de meristema. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 44-46, 1995.
- REZENDE, G. M.; CECÍLIO FILHO, A. B. Nutrição, calagem e adubação. In: SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S. (eds.). **Cultura do alho: tecnologias modernas de produção**. Lavras; Editora UFLA, p. 63-93, 2009.
- RIVLIN, R. S. Historical perspective on the use of garlic. **The Journal of nutrition**, v. 131, n. 3, p. 951-954, 2001
- SENO, S.; FERNANDES, F. M.; SASAKI, J. L. S. Influência de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do alho (*Allium sativum* L.) cv. Roxo Pérola de Caçador, na região de Ilha Solteira-SP. **Cultura Agrônômica**, v.3, p.9-20, 1994b.

SENO, S.; SALIBA, G. G.; PAULA, F. J. Efeito de doses de fósforo e esterco de galinha na produção do alho (*Allium Sativum* L). **Científica**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 127 - 133, 1996.

SENO, S.; SALIBA, G. G.; PAULA, F. J. Utilização de fósforo e esterco de curral na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 196 – 1199, 1995.

SENO, S.; SALIBA, G. G.; PAULA, F. J.; KOGA, P. S. Efeitos do fósforo e húmus de minhoca, na cultura do alho (*Allium sativum* L.), cv. Roxo Pérola de Caçador. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 3, n.1, p. 27-32, 1994a.

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de Principal Components Anylysis in the Software Assistat Statistical Attendance. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 7. Reno – NV – USA, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agrônômicas**. IPNI, n. 149, p. 10-16, 2015.

SILVA, N.; OLIVEIRA, G. R.; VASCONCELOS, E. F. C.; HAAG, H. P. Absorção de nutrientes pela cultura do alho. **O Solo**, Piracicaba, v. 62, n. 1, p. 8-17. 1970.

SILVA, N; OLIVEIRA, G. D.; VASCONCELLOS, E. F. C.; HAAG, H. P. Absorção de nutrientes pela cultura do alho. In: HAAG, H. P.; MINAMI, K. (eds). **Nutrição mineral em hortaliças**. Campinas: Fundação Cargill, 1981, p. 241-256.

SOUZA, R. J. D.; MACÊDO, F. S. 2009. **Cultura do alho: técnicas modernas de produção**. Lavras: UFLA. 181p.

SOUZA, R. J. de; CASALI, V. W. D. Influência do nitrogênio e cycocel na cultura do alho (*Allium sativum* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, n.1, p.69-78, jan./mar. 1991.

SOUZA, R. J.; CASALI, V. W. D. Pseudoperfilhamento: uma anormalidade genético-fisiológica em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, p. 36-41, 1986.

SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S. Vernalização de cultivares de alho nobre na região de Lavras. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 651- 654, 2004

SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S.; CARVALHO, J. G.; SANTOS, B. R.; LEITE, L. V. R. Absorção de nutrientes em alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas cultivado sob doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p. 498-503, 2011.

STUKENHOLTZ, D.P.; OLSEN, R.J.; GOGAN, G.; OLSON, R.A. On the mechanism of phosphorus-zinc interaction in corn nutrition. **Soil Science Society of America Proceeding**, Madison, v.30, p.759-763, 1966.

SUMI, S.; CSTEELLANE, P. D.; BELLINGIERI, P.; CHURATA-MASCA, N; G. C. Cobertura morta e doses de superfosfato simples na cultura do alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 4, p. 32-34, 1986.



SUMNER, M. E., FARINA, M. P. W. Phosphorus interaction with other nutrients and lime in field cropping systems. **Advances in Soil Science**, v. 5, p.201-236, 1986.

SYSTAT SOFTWARE. SIGMA PLOT 10.0. Scientific Graphing Software. Versão 3.5. Systat Software, Inc., San Jose California USA, 2007.

TATTELMAN, E. Health effects of garlic. *American Family Physician*, v. 72, n. 1, p. 103-106, 2005.

TRANI, P. E. *et al.* Produtividade e pseudoperfilhamento do alho influenciados pelo nitrogênio, potássio e cobertura morta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 330-334, 2008.

TRANI, P. E.; LISBÃO, R. S.; FORNASIER, J. B. Efeito do nitrogênio, potássio e da cobertura morta na produtividade de alho "Roxo Pérola de Caçador", em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1992. p. 264-265.

TRANI, P.E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C (Eds). Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Boletim 100). Campinas, Instituto Agrônomo, 1996.

TYLER, K. B.; MAY, D. M.; GUERARD, J. P.; RIRIE, D.; HATAKEDA. J.J. Diagnosing nutrient needs of garlic. **California Agriculture**, v. 42, n. 2, p. 28-29, 1988.

VILLAS BÔAS, R. L.; LIMA, C. P.; BACKES, C.; GODOY, L. J. G.; IMAIZUMI, I. Adubações fosfatada e potássica afetando a produção de bulbos de alho. **Revista Ceres**, v. 55, n. 6, p. 605-609, 2008.

WALKEY, D. G. A.; ANTILL, D. N. Agronomic evaluation of virus-free and virus-infected garlic (*Allium sativum*, L.) **Journal of Horticultural Science**, v. 64, n. 13, p. 53-60, 1989.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafós, 2004. 726p.

YAMANISHI, A.; CASTELLANE, P. D. Efeitos da adição de fósforo, boro e zinco na cultura do alho (*Allium sativum*, L.) "Quitéria". **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.5, p. 38, 1987.