

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO CULTIVO DE MILHO EM
CONDIÇÕES DE TERRA FIRME EM MANAUS-AM

HAROLDO CUNHA DIOGENES

MANAUS-AM
2015
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

HAROLDO CUNHA DIOGENES

FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO CULTIVO DE MILHO EM
CONDIÇÕES DE TERRA FIRME EM MANAUS-AM

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Célio Maia Chaves

Co-orientadores: Prof. Dr. José Ricardo Pupo Gonçalves - *in memoriam*
Dr. Inocência Junior de Oliveira

MANAUS-AM
2015

Ficha Catalográfica

D591f DIOGENES, HAROLDO CUNHA
FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO CULTIVO DE MILHO EM
CONDIÇÕES DE TERRA FIRME EM MANAUS-AM / HAROLDO
CUNHA DIOGENES. 2015
114 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: FRANCISCO CÉLIO MAIA CHAVES
Coorientador: JOSÉ RICARDO PUPO GONÇALVES - IN
MEMORIAM
Coorientador: INOCÊNCIO JUNIOR DE OLIVEIRA
Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal
do Amazonas.

1. ZEA MAYS L. . 2. TERRA FIRME. 3. PRODUÇÃO DE GRÃOS.
4. AMAZONAS. I. CHAVES, FRANCISCO CÉLIO MAIA II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título

HAROLDO CUNHA DIOGENES

**FONTES E DOSES DE FÓSFORO NO CULTIVO DE MILHO EM
CONDIÇÕES DE TERRA FIRME EM MANAUS-AM.**

Aprovado em 22 de junho de 2015

BANCA EXAMINADORA



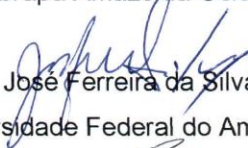
Prof. Dr. Francisco Célio Maia Chaves, Presidente

Embrapa Amazônia Ocidental



Dr. Inocencio Junior de Oliveira, Membro

Embrapa Amazônia Ocidental



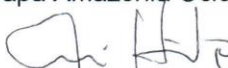
Prof. Dr. José Ferreira da Silva, Membro

Universidade Federal do Amazonas



Prof^ª. Dra. Maria do Rosário Lobato Rodrigues, Membro

Embrapa Amazônia Ocidental



Prof. Dr. Ari de Freitas Hidalgo, Membro

Universidade Federal do Amazonas

DEDICATÓRIA

A Deus e aos meus pais Mozart Diogenes (*in memoriam*) e Zuleide de Souza Diogenes.

DEDICO

Aos meus irmãos

Hamilton, Helder, Hilton, Herbert,
Hênio, Heriberto, Henrique e Libânio

OFEREÇO

À minha esposa e filhos

AGRADECIMENTOS

À Deus, mestre maior e responsável por esse trabalho.

À Universidade Federal do Amazonas, pela possibilidade de realização dessa Tese.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Ocidental, pelo apoio logístico na implantação e condução do experimento.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas - FAPEAM, pelo apoio financeiro concedido através da bolsa.

Aos membros da banca examinadora da Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, Prof. Dr. Francisco Célio Maia Chaves, Dr. Inocêncio Junior de Oliveira, Prof^a. Dra. Maria do Rosário Lobato Rodrigues, Prof. Dr. José Ferreira da Silva e Prof. Dr. Ari de Freitas Hidalgo, pelos ensinamentos, compreensão e profissionalismo.

Aos pesquisadores da Embrapa Amazônia Ocidental, Dr. José Roberto Fontes Antoniol e Dra. Cristiani Kano pelo apoio nas análises químicas de laboratório e estatísticas.

A coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Prof^a. Dra. Jânia Lília Bentes, pela dedicação com as questões acadêmicas.

A todos os funcionários de campo da Embrapa Amazônia Ocidental, km 29 da Rodovia AM-10 e, em especial, aos agrônomos Mário José Kokay Barroncas, Ernani Félix Ferreira de Almeida e João Batista Sales de Souza, pelo apoio durante todo o período de execução dos trabalhos de campo.

Aos chefes e seus auxiliares dos Laboratórios de Solos e Plantas, Sementes e Recursos Genéticos da Embrapa Amazônia Ocidental.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, José Nascimento, pela atenção nos dada no transcorrer do curso.

Ao meu amigo engenheiro de produção José Evilásio Raulino, pelo grande apoio na formatação final dessa Tese de Doutorado.

RESUMO

O trabalho objetivou definir a melhor fonte e dose de fósforo (P) para o milho cultivado em terra firme em Manaus - Amazonas em Latossolo Amarelo Distrófico. Os experimentos foram realizados no Campo Experimental do km 29 da Embrapa Amazônia Ocidental em Manaus, nos anos de 2012/2013 e 2013/2014, sob o delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial com 10 tratamentos (5 x 2) e quatro repetições, sendo composto por duas fontes de P (superfosfato triplo - SFT e fosfato natural de Arad - FNA) e cinco doses de P_2O_5 (0, 40, 80, 120 e 160 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5). O genótipo de milho utilizado nos experimentos foi o híbrido duplo AG 1051. Nos dois anos de cultivo foram avaliados o teor de P no solo no período que antecedeu a semeadura, teor de P no solo no período de florescimento e período de após colheita, teor de P no tecido foliar no período de florescimento, conteúdo de P na parte aérea, conteúdo de P nos grãos, matéria seca da parte aérea, comprimento da espiga, diâmetro da espiga, peso da espiga, produtividade de grãos e número de espigas de milho verde além da eficiência de absorção do nutriente pela planta, fração do total do nutriente na planta que é translocado para os grãos, produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos, eficiência de utilização do nutriente para a produção de grãos e a produção de grãos sobre a quantidade de P suprido a partir do fertilizante fosfatado aplicado. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e foi realizada a análise de regressão dos dados quantitativos ao nível de P. A partir da detecção de diferenças significativas entre tratamentos e suas interações, realizaram-se os desdobramentos e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e foi estimada a dose de máxima eficiência por meio de derivação da equação de regressão. A partir dos resultados obtidos concluiu-se que o uso da adubação fosfatada, independente da fonte utilizada, foi eficiente em todas as variáveis avaliadas. Nos dois anos de cultivo e nas duas fontes de P avaliadas a produtividade de grãos apresentou comportamento linear. A fonte superfosfato triplo proporcionou maior produtividade de grãos no primeiro ano de cultivo, enquanto que no segundo ano o fosfato natural de Arad apresentou produtividade equivalente ao superfosfato triplo. A melhor dose de P_2O_5 para a produção de espigas de milho verde sem palha com vista à comercialização no primeiro ano de cultivo foi de 120 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 com as fontes superfosfato triplo e fosfato natural de Arad, enquanto que no segundo ano de cultivo a melhor dose foi de 80 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 para a fonte superfosfato triplo e 160 $kg\ ha^{-1}$ P_2O_5 para o fosfato natural de Arad. Quanto a eficiência de absorção do P pelo milho nas condições de terra firme os resultados demonstram que até 80 $kg\ ha^{-1}$ P_2O_5 disponibilizado no solo tendo o SFT e FNA como fonte, maior será a eficiência de absorção pelo milho no 1º e 2º anos de cultivo.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; terra firme; produção de grãos; Amazonas.

ABSTRACT

The study aimed to determine the best source and dose of phosphorus (P) for corn grown on land in Manaus, Amazonas, in Dystrophic Yellow Latosol. The experiments were performed in the Experimental Area km 29 of Embrapa Western Amazon in Manaus, in the years of 2012/2013 and 2013/2014, under a randomized block design in a factorial design with 10 treatments (5x2) and four repetitions, composed by two sources of P (triple superphosphate - TSP and Arad reactive rock phosphate - RRP) and five doses of P₂O₅ (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹ of P₂O₅). The corn genotype used in the experiments was the double hybrid AG 1051. In the two years of cultivation, the P content was evaluated in the soil during the stages of sowing, of flourishing and of post-harvest; moreover, the P content evaluated in leaf tissue in the flowering period, in the shoot, in grain, shoot dry matter, cob length, cob diameter, cob weight, grain yield and number of sweet corn cobs besides the nutrient absorption efficiency by the plant, fraction of the total nutrient in the plant that is translocated to grains, grain yield per the unit grain nutrient, the nutrient use efficiency for grain yield and grain yield of the amount of P supplied from the fertilizer applied. Analysis of variance in the data was performed using the F test and regression analysis of quantitative data regarding P level was performed. From the detection of significant differences between treatments and their interactions, there were developments and the averages were compared between through the Tukey test at 5% probability. The maximum dose of efficiency was estimated through derivation of the regression equation. Analyzing the results, it was concluded that the use of phosphate fertilizer, regardless its font, was efficient in all researched varieties. In the two years of cultivation and in the two sources of P evaluated grain yield showed a linear behavior. The triple superphosphate source provided better grain yield in the first year of cultivation, while in the second year Arad reactive rock phosphate had and equivalent yield compared to the triple superphosphate. The best P₂O₅ dose for the production of sweet corn ears with no straw for marketing in the first year of cultivation was 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅ with triple super phosphate and Arad reactive rock phosphate sources, while in the second year of growing the best dose was 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for triple superphosphate source and 160 kg ha⁻¹ of P₂O₅ for Arad reactive rock phosphate. Regarding P absorption efficiency for corn in dry land conditions, the results show that up to 80 kg ha⁻¹ of P₂O₅ available in the soil with TSP and RRP as a source, the greater the absorption efficiency by corn will be in the 1st and 2nd year of cultivation

Keywords: *Zea mays* L .; land; grain production; Amazonas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Média mensal da temperatura e umidade relativa (a), precipitação e insolação (b) da área experimental da Embrapa Amazônia Ocidental no 1º ano de cultivo, Manaus-AM.	34
Figura 2: Média mensal de temperatura e umidade relativa (a), precipitação e insolação (b) da área experimental da Embrapa Amazônia Ocidental no 2º ano de cultivo, Manaus-AM.....	34
Figura 3: Esquema da parcela experimental com milho utilizado com fontes e doses de P_2O_5 em terra firme nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014, Manaus-AM.....	36
Figura 4: Croqui da área experimental com milho usando fontes e doses de P_2O_5 em terra firme nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014, Manaus-AM.	37
Figura 5: Detalhe da parcela experimental logo após o desbaste do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	42
Figura 6: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre o teor de P no solo no período de florescimento do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	54
Figura 7: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre o teor de P no solo no período de florescimento no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	54
Figura 8: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre o teor de P no solo no após colheita no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	56
Figura 9: Efeito das doses de P_2O_5 sobre o teor de P no tecido foliar do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	59
Figura 10: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre o teor de P no tecido foliar do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	60
Figura 11: Efeito das doses de P_2O_5 sobre o comprimento da espiga sem palha de milho verde no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	64
Figura 12: Efeito das doses de P_2O_5 sobre o comprimento da espiga sem palha de milho verde no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	65
Figura 13: Efeito das doses de P_2O_5 sobre o diâmetro da espiga sem palha do milho verde no 1º ano cultivo em terra firme, Manaus-AM.	67
Figura 14: Efeito das doses de P_2O_5 sobre o diâmetro da espiga sem palha do milho verde no 2º	

ano cultivado em terra firme, Manaus-AM.	68
Figura 15: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre espiga por hectare do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	71
Figura 16: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre espiga por hectare do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	71
Figura 17: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre a matéria seca da parte aérea do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	76
Figura 18: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre a matéria seca da parte aérea do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	76
Figura 19: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre a produtividade de grãos do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	80
Figura 20: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre a produtividade de grãos do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	81
Figura 21: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre o conteúdo de P nos grãos do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	84
Figura 22: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre o conteúdo de P nos grãos do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	85
Figura 23: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre o conteúdo de P parte aérea do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	87
Figura 24: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre o conteúdo de P parte aérea do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	87
Figura 25: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 na eficiência de absorção do nutriente pelo milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	91
Figura 26: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 na eficiência de absorção do nutriente pelo milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	91
Figura 27: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre a fração do total do nutriente na planta que é translocado para os grãos do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	95
Figura 28: Efeito de doses e fontes de P_2O_5 sobre a produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	99
Figura 29: Efeito de doses e fontes de P_2O_5 na eficiência de utilização do nutriente para a produção de grãos no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus -AM.....	102

Figura 30: Efeito de doses e fontes de P_2O_5 na produção de grãos sobre a quantidade de P_2O_5 suprido a partir do fertilizante fosfatado no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	105
Figura 31: Efeito de doses e fontes de P_2O_5 na produção de grãos sobre a quantidade de P_2O_5 suprido a partir do fertilizante fosfatado no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado da análise química do solo de terra firme utilizado para produção de milho verde e grãos na camada de 0,0 a 0,20 m na fase que antecedeu a semeadura do 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	50
Tabela 2: Resultado da análise química do solo de terra firme utilizado para produção de milho verde e grãos na camada de 0,0 a 0,20 m na fase que antecedeu a semeadura do 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	50
Tabela 3: Resumo da análise de variância do teor de P no solo no período de florescimento do híbrido de milho relativa ao 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	51
Tabela 4: Médias do teor de P no solo das fontes (F) e doses (D) referente ao 1º e 2º ano de cultivo no período de florescimento e após colheita do milho (2º ano de cultivo) em terra firme, Manaus-AM.	53
Tabela 5: Resumo da análise de variância do teor de P no solo no após colheita referente ao 2º ano de cultivo do milho cultivado em terra firme, Manaus-AM.	56
Tabela 6: Resumo da análise de variância do teor de P no tecido foliar no período do florescimento do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	58
Tabela 7: Médias do teor de P das fontes (F) e doses (D) no tecido foliar do milho no período de florescimento no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	59
Tabela 8: Resumo da análise de variância do comprimento da espiga sem palha e diâmetro da espiga do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	62
Tabela 9: Médias do comprimento da espiga sem palha do milho com fontes (F) e doses (D) no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	63
Tabela 10: Médias do diâmetro da espiga sem palha com fontes (F) e doses (D) de fósforo no milho referente ao 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	66
Tabela 11:	

Resumo da análise de variância de espigas por hectare do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	69
Tabela 12: Médias de espigas comerciais por hectare com fontes (F) e doses (D) de fósforo no milho do 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	70
Tabela 13: Resumo da análise de variância de espigas comerciais por hectare do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	73
Tabela 14: Médias de espigas comerciais por hectare com fontes (F) e doses (D) de fósforo do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	73
Tabela 15: Resumo da análise de variância da matéria seca da parte aérea do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	75
Tabela 16: Médias da matéria seca da parte aérea do milho com fontes (F) e doses (D) de fósforo no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	75
Tabela 17: Resumo da análise de variância da produção de grãos do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	78
Tabela 18: Médias da produção de grãos com fontes (F) e doses (D) de fósforo do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	79
Tabela 19: Resumo da análise de variância do conteúdo de P nos grãos do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	83
Tabela 20: Médias do conteúdo de P nos grãos com fontes (F) e doses (D) de P do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	84
Tabela 21: Resumo da análise de variância do conteúdo de P parte aérea do milho cultivado em terra firme no 1º e 2º ano de cultivo, Manaus-AM.	86
Tabela 22: Resumo da análise de variância da razão que avalia a eficiência de absorção do nutriente pela planta ($NP/NS = \text{kg de P acumulado na planta/kg de P aplicado do milho}$ no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	88
Tabela 23: Médias da eficiência de absorção do nutriente com fontes (F) e doses (D) de P no milho referente ao 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	89
Tabela 24: Resumo da análise de variância da razão que avalia a fração do total do nutriente na planta que é translocado para os grãos ($NG/NP = \text{kg de P acumulado nos grãos/kg de P acumulado na planta inteira}$) do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	93

Tabela 25: Médias da fração do total do nutriente na planta com fontes (F) e doses (D) de P que é translocado para os grãos do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	94
Tabela 26: Resumo da análise de variância que avalia a produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos (PG/NG = kg de grãos.kg ⁻¹ de P acumulado nos grãos sobre a quantidade de P suprido a partir do fertilizante fosfatado aplicado no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.....	97
Tabela 27: Médias da produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos com fontes (F) e doses (D) de P do milho referente ao 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	98
Tabela 28: Resumo da análise de variância da eficiência de utilização do nutriente para a produção de grãos (PG/NP = kg de grãos.kg ⁻¹ de P acumulado na planta) do milho cultivado em terra firme no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	100
Tabela 29: Médias da eficiência de utilização do nutriente para a produção de grãos com fontes (F) e doses (D) de P do milho referente ao 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	101
Tabela 30: Resumo da análise de variância que avalia a produção de grãos sobre a quantidade de P suprido a partir do fertilizante fosfatado aplicado (PG/NS = kg de grãos.kg ⁻¹ de P aplicado) do milho no 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus..	103
Tabela 31: Médias da produção de grãos sobre a quantidade de P suprido com fontes (F) e doses (D) de P a partir do fertilizante fosfatado aplicado no milho referente 1º e 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus-AM.	104

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
1. REVISÃO DE LITERATURA	20
1.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DO MILHO	20
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO ECONÔMICA DO MILHO VERDE	20
1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO ECONÔMICA DO MILHO GRÃOS	21
1.4 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO	23
1.5 FÓSFORO (P) NO SOLO	25

1.6 FONTES DE FÓSFORO (P) NO SOLO	28
1.7 ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DO FÓSFORO (P)	30
2. OBJETIVOS	32
2.1 OBJETIVO GERAL	32
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	33
3.2 CLIMA	33
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	36
3.4 SOLO DO LOCAL DO EXPERIMENTO	38
3.5 PREPARO DA ÁREA	39
3.6 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO	40
3.7 GENÓTIPO DE MILHO UTILIZADO NO 1º E 2º ANOS DE CULTIVO	40
3.8 COLETA DE SOLOS	40
3.9 SEMEADURA.....	41
3.10 CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS INVASORAS	41
3.11 DESBASTE DE MUDAS	42
3.12 ADUBAÇÃO DE SEMEADURA	42
3.13 ADUBAÇÃO DE COBERTURA	43
3.14 ADUBAÇÃO FOLIAR COM SULFATO DE ZINCO	44
3.15 TRATAMENTOS FITOSSANITÁRIOS	44
3.16 COLETA DE FOLHAS PARA ANÁLISE FOLIAR NOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS (VT E R1)	44
3.17 COLHEITAS	45
3.17.1 - 1º ANO DE CULTIVO	45
3.17.2 - 2º ANO DE CULTIVO	45
3.18 VARIÁVEIS AVALIADAS NO 1º E 2º ANOS DE CULTIVO	46
3.18.1 PESO DE ESPIGA POR HECTARE	46
3.18.2 COMPRIMENTO DAS ESPIGAS SEM PALHA.....	46
3.18.3 DIÂMETRO DE ESPIGAS COMERCIAIS SEM PALHA	46
3.18.4 ESPIGAS COMERCIAIS SEM PALHA	46
3.18.5 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS	47

3.18.6 MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA	47
3.18.7 CONTEÚDO DE P NA PARTE AÉREA	48
3.19 ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DO P	48
3.19.1 USO EFICIENTE DO FERTILIZANTE FOSFATADO - PG/NS	48
3.19.2 EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DO P PARA A PRODUÇÃO DE GRÃOS - PG/NP	49
3.19.3 PRODUÇÃO DE GRÃOS POR UNIDADE DO NUTRIENTE NOS GRÃOS - PG/NG	49
3.19.4 EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DO P PELA PLANTA - NP/NS	49
3.19.5 FRAÇÃO TOTAL DO NUTRIENTE NA PLANTA QUE É TRANSLOCADO PARA OS GRÃOS - NG/NP	49
3.20 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	49
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 TEOR DE P NO SOLO - PERÍODO QUE ANTECEDEU A SEMEADURA	50
4.2 TEOR DE P NO SOLO - ÉPOCA DO FLORESCIMENTO	51
4.3 TEOR FÓSFORO (P) NO SOLO - APÓS COLHEITA (2º ANO DE CULTIVO)	55
4.4 TEOR DE FÓSFORO (P) NO TECIDO FOLIAR - PERÍODO FLORESCIMENTO	57
4.5 COMPRIMENTO DA ESPIGA SEM PALHA	60
4.6 DIÂMETRO DAS ESPIGAS SEM PALHA	65
4.7 ESPIGAS POR HECTARE	68
4.8 ESPIGAS COMERCIAIS POR HECTARE	71
4.9 MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA	74
4.10 PRODUTIVIDADE DE GRÃOS	77
4.11 CONTEÚDO DE P NOS GRÃOS	82
4.12 CONTEÚDO DE P PARTE AÉREA	85
4.13 NP/NS - EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DO NUTRIENTE PELA PLANTA	88
4.14 NG/NP - FRAÇÃO DO TOTAL DO NUTRIENTE NA PLANTA	92
4.15 PG/NG - PRODUÇÃO DE GRÃOS POR UNIDADE DO NUTRIENTE	96
4.16 PG/NP - EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DO NUTRIENTE	99
4.17 PG/NS - PRODUÇÃO DE GRÃOS SOBRE A QUANTIDADE DE P SUPRIDO.	102
CONCLUSÕES	106

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual cultivada em quase todos os continentes e a grande importância da cultura no mundo é observada pela sua elevada produtividade, valor nutritivo e pelas diversas formas de utilização na alimentação humana, animal, *in natura* e biocombustível (ARGENTA et al., 2003; SANGOI et al., 2003; FORSTHOFER et al., 2006, CONAB, 2012). Pode ser colhido e comercializado em estágio de maturação verde para ser consumido nas mais diversas formas, *in natura* ou como ingrediente para pamonhas, bolos, sorvetes e de uma série de outros alimentos industrializados ou não (PEREIRA FILHO et al., 2003).

O cultivo do milho verde vem crescendo a cada ano, tendo em vista a lucratividade face aos valores agregados, e apresenta-se como uma alternativa econômica para o pequeno e médio produtor, por conta do bom preço de mercado, da contínua demanda pelo produto *in natura* e pela indústria de conservas alimentícias.

O incremento médio anual na produtividade do milho na última década no Brasil, (CONAB, 2014), foi de 126,8 kg ha⁻¹ e, segundo a FAO (2014), há necessidade de aumentar a produção agrícola em cerca de 70%, para atender à demanda crescente por alimentos, fibra e energia até 2050. Portanto, é imprescindível o cultivo do milho em áreas frequentemente submetidas a estresses abióticos bem como melhorias quanto ao aumento da produtividade. Além disso, nos próximos anos, novas áreas deverão ser incorporadas ao setor agrícola, principalmente nas regiões tropicais, onde os solos se caracterizam pelo elevado grau de intemperismo e pelos baixos teores de fósforo (P) na forma disponível às plantas, uma vez que está localizado, preferencialmente, nos horizontes superficiais, decrescendo conforme aumenta a profundidade do solo (BONSER et al., 1996; ROCHA et al., 2005).

O uso de fertilizantes fosfatados acidulados solúveis em água, como o superfosfato triplo (SFT), pelos agricultores de baixo poder aquisitivo é limitado no Brasil, principalmente pelo alto custo. Como alternativa para minimizar os custos de aquisição e aumento de produtividade, talvez seja interessante a utilização, pelo menos em parte, de fosfatos naturais, de menor custo e de menor reatividade. Apesar do Brasil apresentar inúmeras reservas de fosfatos naturais, ainda são pouco utilizadas, devido à baixa eficiência de absorção.

No estado do Amazonas a produção de milho verde é de 375 toneladas de espigas empalhadas por ano, que abastece o mercado consumidor de Manaus, proveniente de uma área de 150 hectares (PEREIRA NÚBIA, 2009), enquanto que a produtividade de milho grãos segundo a CONAB (2015) é de $2,4 \text{ t ha}^{-1}$, muito inferior à média de $3,4 \text{ t ha}^{-1}$ da região norte e do Brasil de $5,1 \text{ t ha}^{-1}$, muito provavelmente devido, dentre outros fatores, pela baixa disponibilidade de P na camada superficial do solo, uma vez que os solos de terra firme da região, reúnem características dos solos de clima tropical úmido, ou seja, solos intemperizados e com características físicas adequadas ao uso agrícola, porém, com fortes limitações químicas (MOREIRA et al., 2005).

Dessa forma, o uso de fontes alternativas de P, como por exemplo, os fosfatos naturais, que podem contornar os altos custos dos fosfatos solúveis, vêm se apresentando como alternativa para se obter o menor custo de produção e melhor resposta quanto à produtividade (PROCHNOW et al., 2004).

Nesse sentido, o presente trabalho objetivou definir a melhor fonte e dose de fósforo para o milho verde e grãos cultivado em terra firme em Manaus, AM.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DO MILHO

O milho pertence ao gênero *Zea*, espécie *Zea mays* L., família Poaceae, originário da América do Norte, exigente em nitrogênio, fósforo, potássio e água durante o período vegetativo e, no entanto, é um dos principais cereais cultivados no Brasil com perspectiva de crescimento em termos de produção e produtividade (PATERNIANI; CAMPOS, 2005).

Na América do Sul o milho conseguiu adaptar-se a climas variados, como a costa do Equador, onde pode vegetar no período da seca sem necessitar de irrigação ou no clima sub-desértico dos limites andinos onde oferece alta produtividade com irrigação.

Face ao seu potencial produtivo, cuja produção destina-se não só à alimentação humana, é um dos cereais mais cultivados no mundo, com uma produção que supera 844 milhões de toneladas ao ano em uma área de aproximadamente 150 milhões hectares, segundo dados do USDA (2013).

O Brasil é o terceiro produtor mundial, com produção de 77,8 milhões de toneladas na safra 2013/2014, com produtividade média de 5,1 t ha⁻¹ para uma área plantada de 14,6 milhões de hectares, área essa superada pelos Estados Unidos da América (306,6 milhões de toneladas - 36,5% do volume mundial) e China com produção de 190,7 milhões de toneladas, correspondente a 22,7% do total (CONAB, 2015).

A baixa produtividade de milho no Brasil não reflete o bom nível tecnológico já alcançado por boa parte dos produtores voltados para lavouras comerciais, uma vez que, as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, em plantios com diferentes sistemas de cultivos e finalidades (GCEA/IBGE, DPE, COAGRO, 2009).

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO ECONÔMICA DO MILHO VERDE

O milho verde representa papel importante na culinária brasileira, sendo utilizado de diversas formas, desde espigas cozidas, assadas ou até mesmo no preparo de pamonha, curau, bolos, sorvetes, etc. (RODRIGUES et al., 2009).

No Brasil é comercializado para consumo nas mais diversas formas, desde os grãos *in natura*, cozidos ou como ingrediente na fabricação de diversos produtos da culinária brasileira na forma de espigas cozidas ou assadas, para processamento como pamonha, mingau, bolos e sorvetes (SANTOS et al., 2005). Portanto, o milho verde é comercializado em todas as regiões porque contribui para a geração de empregos em pequenas propriedades, absorve a mão de obra familiar e a colheita é realizada de forma manual (CRUZ et al., 2006).

Os Estados Unidos da América, seguidos do México e da Nigéria são os maiores produtores de milho verde no mundo. No Brasil, os Estados de Minas Gerais, São Paulo, Goiás e Paraná concentram as maiores produções de milho verde (TSUNECHIRO et al., 2003).

A produtividade média gira em torno de 20 - 25 mil espigas de milho verde comerciais por hectare. Em Manaus-AM, o milho verde quando comercializado em feiras livres ao preço de R\$ 15,00 (U\$ 3,18) a “mão de espigas de milho verde” (termo utilizado para 50 espigas comerciais de milho verde), o produtor pode ter uma renda bruta que varia de R\$ 10.250,00 a R\$ 12.812,00 (GONÇALVES, 2012).

O mercado de milho verde tem se tornado tão promissor que produtores tradicionais de café, feijão e milho para grãos, estão substituindo essas lavouras pela produção durante todo o ano pelo fato de agregar maior valor econômico ao produto.

Para região de Manaus, o registro na literatura de dados referentes à produtividade de milho verde ainda é inexpressivo. Na avaliação de cultivares de milho verde no estado do Amazonas, no ano agrícola 2009/2010, o genótipo de milho AG 1051 esteve entre os cinco mais produtivos para Manaus, AM (DIÓGENES, 2011).

1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO ECONÔMICA DO MILHO GRÃOS

Vários órgãos no mundo, como a Organização para a Cooperação Econômica e Desenvolvimento (OCDE) e a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), em estudos realizados sobre a “Perspectiva Agrícola 2006-2015” preveem a expansão agrícola mundial na próxima década em 10% da área cultivada e colocam os países do grupo chamado BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul), como os que poderão atender a demanda internacional, mostrando a nova tendência do deslocamento da produção para os países em desenvolvimento.

Os mercados dos países que compõe o bloco BRICS estão se projetando em função do desenvolvimento tecnológico e científico, proporcionando elevação e melhoria da expectativa de vida e de renda de sua população, crescimento do comércio local e incremento da renda. Tudo isso, vem levando a uma mudança de hábitos e consumos, que impulsionam a demanda por produtos agropecuários, trazendo benefícios agregados à saúde humana em função da melhoria de suas características e do seu valor nutricional.

A produção de grãos de milho está diretamente ligada a uma série de caracteres que são denominados componentes de produção, e dentre eles, destacam-se o número de espigas por planta, comprimento da espiga e diâmetro da espiga, peso médio do grão e número de plantas por área (BENTO, 2006).

A produção de milho no Brasil no período entre 2004 e 2011, teve um crescimento anual de 4,7%, enquanto que o consumo cresceu 2,8% no mesmo período. A elevação da produção é reflexo dos ganhos em produtividade, visto que a expansão da área com a cultura do milho entre 1990 e 2011 foi de apenas 11,1%, enquanto que a produtividade teve uma evolução de 143,3% (IBGE, 2011).

Na região norte do Brasil, a produção de milho é insuficiente para atender ao mercado interno. A avicultura e a suinocultura vêm expandindo suas fronteiras nos últimos anos e a falta do principal insumo (milho) acaba se tornando um gargalo nas agroindústrias produtoras de carnes, aves e suínos, pois as mesmas tem que importar milho de outras regiões do Brasil (FILGUEIRAS et al., 2007) tornando o custo de produção muito elevado.

O estado do Amazonas produziu na safra 2013/2014, 36 mil toneladas de milho em uma área correspondente a 14,4 mil hectares, cuja produtividade média é de 2.500 kg ha⁻¹, abaixo da média nacional que corresponde a 5,1 t ha⁻¹ (CONAB, 2015).

A demanda no Estado do Amazonas é na ordem de 64 mil toneladas de grãos, portanto, é imprescindível que em tempo hábil haja melhorias no nível tecnológico da cultura do milho, pois tem apresentado uma das produtividades médias mais baixas do Brasil, o que acarreta grandes perdas de divisas para o estado do Amazonas, devido ao aumento da demanda interna e ao elevado custo de importação desse cereal.

1.4 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO

No Brasil, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 180 dias, em função da caracterização das cultivares (super precoce, precoce e normal), período este que compreende a exploração de milho verde a milho grãos (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2003a).

O milho é uma planta monóica, alógama e protândrica na qual a inflorescência masculina, oriunda do ponto de crescimento da planta, é diferenciada antes da inflorescência feminina que é produzida no ápice das ramificações laterais (CHENG; PAREDY, 1994).

A maturação separada das inflorescências masculina e feminina evita a autofertilização e o fato de tratar-se de uma espécie alógama, que permite a fertilização cruzada, gera a condição pela qual uma população natural é em geral heterogênea.

Caracteriza-se, portanto, por ser uma planta que segue o caminho fotossintético C4 e por apresentar características fisiológicas favoráveis no que se refere à conversão de CO₂ em compostos orgânicos, porque no processo fotossintético destas plantas, o CO₂ é continuamente concentrado nas células da bainha vascular das folhas e em seguida, redistribuído para posterior utilização (CASTRO et al., 2008).

A redução de 30 a 40% da intensidade luminosa ocasiona atraso na maturação dos grãos, ou até mesmo pode ocasionar queda da produção, principalmente em cultivares tardias, mais carentes de luz (EMBRAPA, 1996).

O milho responde com elevados rendimentos ao aumento da intensidade luminosa e tende a expressar sua elevada produtividade quando a máxima área foliar coincidir com a maior disponibilidade de radiação solar, desde que não haja déficit hídrico (BERGAMASCHI et al., 2004). Essa condição permite a máxima fotossíntese possível, porém, aumenta a necessidade hídrica da cultura, já que o elevado fluxo energético incidente, também eleva a evapotranspiração. No entanto, o milho apresenta um período crítico, que vai da prefloração ao início do enchimento de grãos (MORIZET; TOGOLA, 1984). Nessa etapa fenológica é sensível ao déficit hídrico, podendo-se observar esta sensibilidade nos processos fisiológicos ligados à formação do zigoto, início do enchimento de grãos, e na elevada transpiração que ocorre nesse período, em razão do

maior índice de área foliar. Os eventos de formação do zigoto e início do crescimento dos grãos são muito suscetíveis a estresses, sobretudo ao déficit hídrico.

As recomendações de adubação fosfatada para o milho indicadas para solos com baixo e médio teor de P são de 80 e 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para produtividades de 4 e 6 t ha⁻¹ de grãos (RAIJ; CANTARELLA, 1996; ALVES et al.; 1999).

De acordo com Fancelli e Dourado Neto (1999) o ciclo da cultura compreende as seguintes etapas de desenvolvimento: 1- Germinação e emergência: Período compreendido desde a semeadura até o efetivo aparecimento da plântula, o qual em função da temperatura e umidade do solo pode apresentar cinco a dez dias de duração; 2- Crescimento vegetativo: Período compreendido entre a emissão da segunda folha e o início do florescimento; 3- Florescimento: Período compreendido entre o início da polinização e o início da frutificação, cuja duração raramente ultrapassa 10 dias; 4- Frutificação: Período compreendido desde a fecundação até o enchimento completo dos grãos, sendo sua duração estimada entre 40 e 60 dias; 5- Maturidade: Período compreendido entre o final da frutificação e o aparecimento da “camada negra”, sendo este relativamente curto e indicativo do final do ciclo de vida da planta, denominado ponto de maturidade fisiológica.

O ciclo da cultura do milho foi dividido em estádios fenológicos distintos de desenvolvimento. 1) VE (emergência); 2) V1 (planta com a primeira folha desenvolvida); 3) V2 (segunda folha desenvolvida); 4) V3 (terceira folha desenvolvida); 5) V4 (quarta folha desenvolvida); 6) V (n) (onde “n” igual ao número da folha desenvolvida); 7) VT (emissão da inflorescência masculina); 8) R1 (emissão da inflorescência feminina); 9) R2 (grãos bolha d’água); 10) R3 (grãos leitosos); 11) R4 (grãos pastosos); 12) R5 (formação de dente) e R6 (maturidade fisiológica) (RITCHIE; HANWAY, 1989).

O estágio V4 é definido quando 50% das plantas presentes na área cultivada apresentam quatro folhas totalmente desenvolvida (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000a). O sistema radicular em desenvolvimento já se encontra com considerável porcentagem de pelos absorventes e ramificações diferenciadas, sugerindo que, em períodos posteriores ao estágio V4, operações inadequadas de cultivo muito próximas às plantas poderão afetar a densidade e distribuição das raízes, enquanto que o estágio V8 é definido quando 50% das plantas presentes na área cultivada apresentam oito folhas totalmente desenvolvidas. Este período é caracterizado pelo crescimento do colmo

em diâmetro e comprimento, bem como pela aceleração do processo de formação da inflorescência masculina, além da presença de oito folhas desenvolvidas, indicativa deste estágio (IOWA STATE UNIVERSITY, 1993).

O estágio V12 é caracterizado quando 50% das plantas presentes na área cultivada apresentam doze folhas totalmente desenvolvida (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000b). Neste estágio, além da alta taxa de crescimento experimentada pelo colmo e inflorescências, pode ocorrer também a perda de quatro folhas mais velhas, bem como o início do desenvolvimento das raízes aéreas, a partir do primeiro nó presente acima da superfície do solo (TOLLENNAR et al., 1979).

1.5 FÓSFORO (P) NO SOLO

Os solos tropicais apresentam-se, em geral, associados ao pH baixo, as quantidades elevadas de hidróxidos de Fe e Al e de cargas eletropositivas responsáveis pela adsorção de P. Em pH baixo há aumento das quantidades de Fe e Al solúveis, resultando na elevada precipitação do P do solo.

O P é um dos nutrientes que mais limita a produção de grãos no Brasil, especialmente nas gramíneas. Embora as exigências do milho em P sejam em quantidades bem menores que as do nitrogênio e potássio, as doses normalmente recomendadas são altas, em função da baixa eficiência (20 a 30%) de aproveitamento desse nutriente pela cultura (FANCELLI, 2004), em decorrência da alta capacidade de adsorção do P adicionado ao solo, reduzindo sua disponibilidade às plantas (CORRÊA et al., 2008). É geralmente fornecido às plantas na forma de fertilizantes fosfatados solúveis por ocasião da semeadura. Devido à alta capacidade de adsorção do P nos solos argilosos, altas doses são necessárias para obter produções comerciais.

O P é, portanto, um importante elemento químico, o qual constitui aproximadamente de 0,2% do peso seco das plantas e depois do nitrogênio é o macro nutriente que mais limita o crescimento dos vegetais, por promover a formação inicial e o desenvolvimento da raiz, exercendo função principal no metabolismo do milho, particularmente na formação de proteínas, processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração, fornecimento de energia a partir do ATP e na formação de sacarose.

De acordo com Malavolta (1976), 75% dos solos do Brasil têm teores baixos de P e entre os macronutrientes é o mais usado em adubação (RAIJ, 1991). Geralmente, os solos disponibilizam em média de 100 a 2.500 kg ha⁻¹ na camada arável qualquer que seja a natureza do solo e a concentração do P em solução é extremamente baixa, normalmente entre 0,1 e 1,0 kg ha⁻¹ (FURTINI NETO et al., 2001).

Hinsinger et al., (2006), estudando a eficiência da absorção do fósforo pelas raízes das plantas relataram que o volume de solo explorado pelas raízes é de aproximadamente 0,4 a 0,8% do volume total da camada superficial, limitando drasticamente a absorção de P, que ocorre pelo mecanismo de difusão. Nesse sentido, as raízes exigem grande proximidade com o nutriente disponibilizado no solo, fazendo com que o tamanho e a área do sistema radicular, constituam pontos chave na habilidade das plantas ao adquirir o P do solo (SCHENK; BARBER, 1980).

Segundo Chun et al. (2005), quando ocorre estresse hídrico há o aumento no crescimento do sistema radicular em profundidade e na formação de raízes laterais.

A limitação na disponibilidade do P durante o crescimento e desenvolvimento vegetal, reduz o metabolismo, a massa e superfície de vários órgãos das plantas, afetando assim a produtividade (HIREL et al., 2007).

O P tem como propriedade a capacidade de aumentar a eficiência da utilização de água pela planta, bem como a absorção e a utilização de outros nutrientes, quer venha do solo ou do fertilizante aplicado, contribuindo dessa forma para aumentar a resistência da planta a algumas enfermidades, a suportar baixas temperaturas e a falta de umidade (KORNDÖRFER, 2004).

O P disponível no solo, é dividido em três grandes grupos, dependendo da natureza do composto a que está ligado, em P inorgânico, forma na qual as plantas são capazes de absorver e em P orgânico, que deve ser mineralizado para que as plantas possam absorvê-lo e o P da solução do solo (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O P lábil corresponde ao P adsorvido à superfície dos minerais de argila, hidróxidos, carbonatos, apatitas, bem como os fosfatos de Fe e Al (NOVAIS; SMITH, 1999).

Apesar do suprimento natural do P ser insatisfatório ao adequado crescimento das plantas, seu teor total no solo pode variar de 200 a 3.000 mg kg⁻¹. Essas grandes

variações na quantidade do P total dos solos das regiões tropicais são provenientes do material de origem, do processo de gênese do solo e das condições climáticas.

Existe um equilíbrio químico entre as formas de P em solução e as formas fracamente ligadas aos minerais do solo e matéria orgânica (P lábil). Assim que o P é retirado da solução do solo, vai sendo reabastecido de maneira a manter o equilíbrio. Com o passar do tempo, formas mais estáveis de P são formadas, aumentando o “pool” de P não lábil.

Nas adubações o P é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas. É comum observar o aproveitamento por culturas anuais na ordem de 10% do P aplicado como fertilizante. Além disso, as quantidades aplicadas em geral superam muito a extração pelas culturas, diferindo, neste aspecto, do nitrogênio e do potássio (RAIJ, 1991).

No Brasil, grande parte do P total encontra-se na forma de P lábil, por isso, solos com 200 a 300 mg dm⁻³ de P total podem ser extremamente deficientes para as culturas agrícolas, pois existe pouca quantidade na fração lábil e menos de 0,1% desse total está presente na solução do solo (GOEDERT et al., 1987; FARDEAU, 1996). Além disso, o teor e o tipo de argila, a capacidade de troca de cátions (CTC), o poder tampão, a adsorção de Ca e de P, o teor de matéria orgânica e a umidade afetam a solubilização de P no solo (ROBINSON; SYERS, 1990).

O preparo convencional do solo favorece um maior contato entre o íon fosfato e a superfície dos colóides, permitindo maior adsorção do P pelo solo e a redução de sua disponibilidade para as plantas. Esta adsorção relaciona-se com a fração argila dos solos, particularmente quando há predomínio de óxidos e hidróxidos de Fe e Al. Nestes colóides, a formação de cargas negativas é dependente do pH e em condições de acidez e a elevada afinidade do íon fosfato pela superfície dos colóides inorgânicos favorecem o mecanismo de adsorção específica (RAIJ, 1991).

O aumento do pH torna a carga superficial de partículas do solo mais negativa, aumentando a repulsão entre o fosfato e a superfície adsorvente, tendo como consequência menor adsorção de P. Em estudo sobre o efeito do pH na adsorção do P na ausência e presença de calcário, Ferreira et al. (2007), concluíram que os solos que receberam calcário e P, simultaneamente, apresentaram-se estatisticamente iguais aos solos que receberam somente P, devido ao fato de que o calcário adicionado ao mesmo tempo com o P, favorece o processo de precipitação do P por compostos de Ca. Moreira

et al. (2006) relatam que as características do solo mais diretamente correlacionadas com a adsorção de P foram o teor de matéria orgânica e a capacidade de troca catiônica. A adsorção de P na fração areia pode ser atribuída à matéria orgânica ou a resíduos de óxidos de Fe livres. À medida que se adiciona periodicamente P via fertilização, o solo aproxima-se gradualmente de seu caráter fonte a partir da diminuição da energia de ligação das partículas do solo com o P.

Segundo Novais e Smith (1999), os baixos teores de P disponível nos solos tropicais são provavelmente a maior causa dos menores índices de produtividade das culturas.

Bolland e Bowden (1982) relatam que as fontes de P de elevada solubilidade em água são mais eficientes em curto prazo. Porém, é bastante reportado na literatura que essas fontes fosfatadas de elevada solubilidade, quando adicionadas aos solos tropicais ácidos, de alta capacidade de fixação de P, são rapidamente convertidas a formas indisponíveis às plantas, podendo ter sua eficiência diminuída ao longo do tempo (KORNDÖRFER et al., 1999; GHOSAL et al., 2003).

1.6 FONTES DE FÓSFORO (P) NO SOLO

As principais fontes de P utilizadas nessa pesquisa foram os fosfatos naturais (rocha fosfática moída; reatividade/eficiência agronômica variável dependendo de fatores ligados à mineralogia da rocha) e os fosfatos totalmente acidulados (PROCHNOW, 2003).

Dentre as opções de fontes de P hoje no mercado, os fosfatos totalmente acidulados ocupam posição de destaque, com maior quantidade comercializada. Tal fato é devido a quantidade de P disponibilizado para as plantas a curto prazo devido a elevada solubilidade, associado ao valor intermediário entre os solúveis (mais caros) e os fosfatos naturais (mais baratos), mas de baixa disponibilidade.

Os fosfatos naturais, também conhecidos como fosfatos de rocha, englobam diversos minerais fosfatados que podem ter origem ígnea, sedimentar ou metamórfica. São obtidos diretamente das jazidas e podem ou não sofrer processamento industrial.

A eficiência do fornecimento de P dessas fontes para as plantas é muito baixa e é favorecida por condições de acidez do solo. A maior eficiência desses fosfatos ocorre em solo ácido, com baixo teor de cálcio e está relacionada, principalmente, com a origem,

tamanho das partículas, propriedades do solo, modo de aplicação, preparo do solo e espécie vegetal (VITTI; MAZZA, 2006).

De acordo com Lana et al. (2004), a baixa eficiência das adubações fosfatadas evidencia a necessidade de novos métodos de adubação no que diz respeito a fontes, épocas de aplicação e localização do adubo.

Os fosfatos de origem sedimentar possuem geologia complexa e variada, podendo ser detríticos, precipitados químicos ou conter quantidades significativas de apatita fóssil (orgânica). São encontrados nas regiões secas e desérticas, como Tunísia (Gafsa), Israel (Arad), EUA (Carolina do Norte) e Marrocos (Daoui). Esses fosfatos têm solubilidade baixíssima em água e a solubilidade em ácido cítrico é de aproximadamente 10%, o que indica maior eficiência como fonte de P para as culturas. Por ter baixa solubilidade em água, da mesma forma que os fosfatos naturais, os fosfatos reativos também se mostram mais eficientes quando aplicados em solos ácidos com baixo teor de cálcio (RHEINHEIMER et al; 2001).

Os fosfatos de rocha são a matéria-prima para a produção dos fertilizantes solúveis em água, e o processamento industrial prevê a quebra da estrutura cristalina mediante a ação de ácidos fortes, como o ácido sulfúrico na fabricação do superfosfato simples e ácido fosfórico na fabricação do superfosfato triplo. Os fosfatos solúveis em água mais comumente utilizados são o superfosfato triplo e o superfosfato simples, e são amplamente utilizados como fonte padrão de P em experimentos que avaliam a eficiência agrônômica relativa de fontes de P (BOLAN et al., 1990).

No Brasil, e em especial no Amazonas, utilizam-se como fonte de P na agricultura os fosfatos acidulados, provenientes do processo de acidulação de rochas fosfáticas que apresentam elevada solubilidade em água. Para a obtenção desses fosfatos, existe a limitação quanto à exigência de matéria-prima com elevado teor de P_2O_5 , enxofre (S) e baixo conteúdo de impurezas (LOBO et al., 1984).

As fontes de P com elevada solubilidade se apresentam com maior eficiência em curto espaço de tempo, quando comparada aos fosfatos naturais. Entretanto, nos solos tropicais, onde há elevada capacidade de adsorção de P, o nutriente proveniente da fonte solúvel, é transformado em formas menos disponíveis reduzindo, portanto, a sua eficiência (BOLLAND et al., 1982; HOROWITZ et al., 2004).

A liberação de P das fontes de baixa solubilidade é mais lenta e o efeito da adsorção tende a ser menor, uma vez que será necessário ocorrer a dissolução da fonte, para que este fenômeno aconteça (RESENDE et al., 2006).

A manutenção da matéria orgânica do solo em níveis razoáveis é importante para o bom desenvolvimento da cultura. A mineralização da matéria orgânica resulta em liberação lenta de P para a solução do solo, fazendo com que o P esteja sempre disponível para que a planta possa absorvê-lo. Em solo onde se desenvolve plantio direto no Brasil, tem sido observada maior relação entre fração de P na forma orgânica e inorgânica do que aquela observada no plantio convencional (ANGHINONI, 2006).

1.7 ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DO FÓSFORO (P)

De acordo com Monteiro (1995), a eficiência no uso do P tem grande importância para a cultura do milho, por ser uma das culturas mais cultivadas no Brasil, principalmente por ter a maior parte da sua produção proveniente de pequenas propriedades, a qual gera melhoria do nível de renda, vida e se agrega maior valor ao produto.

O índice de eficiência pode ser definido como a produção relativa de um genótipo em solo deficiente, em comparação com sua produção no nível ótimo de nutrientes, segundo Graham (1984). Já Cooke (1987) define a eficiência nutricional como o aumento de produtividade por unidade de nutriente aplicado, enquanto, Fageria (1998), explicita que a eficiência pode expressar a relação entre produção obtida e insumos aplicados, significando, portanto, que a eficiência nutricional é a quantidade de matéria seca ou de grãos produzidos por unidade de nutriente aplicado.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos no sentido de entender e explorar a variabilidade para as características relacionadas à eficiência no uso de P, todavia, são poucos os resultados obtidos para o milho em condições de clima tropical, principalmente, em milho cultivado em campo até o final do ciclo, com a finalidade de se avaliar a produtividade de grãos.

Moll, Kamprath e Jackson (1981) definiram a eficiência de uso de um nutriente como quantidade de grãos produzidos por quantidade de nutriente suprido à cultura. Este índice é proveniente de dois componentes principais de eficiência de aquisição definida como a quantidade de nutriente absorvido pela planta dividida pela quantidade de

nutriente suprido à cultura e a eficiência de utilização interna definida como a razão da quantidade de grãos produzidos por unidade de nutriente absorvido.

A eficiência de utilização interna pode ser dividida em dois componentes, sendo a capacidade da planta de levar o nutriente da parte aérea para os grãos (índice de colheita do nutriente ou eficiência de redistribuição) e sua capacidade de produzir grãos por unidade do nutriente nos grãos (quociente de utilização).

Com objetivo de determinar a importância relativa da eficiência de aquisição e de utilização interna de P sobre a eficiência de uso desse nutriente no milho, Parentoni e Souza (2008) verificaram que a eficiência de aquisição foi quase duas vezes mais importante que a eficiência de utilização interna, na variabilidade observada na eficiência de uso, nos ambientes sob baixa disponibilidade de P e três vezes mais importante nos ambientes com alta disponibilidade desse elemento.

Craswell e Godwin (1984) estenderam o conceito de índice de eficiência para um dado ambiente, como proposto por Moll, Kamprath e Jackson (1981), para uma situação em que é avaliado um par (ou dois grupos) de ambientes contrastantes com alto e baixo suprimento do nutriente. Nesse sentido, Fageria (1998) relata que a eficiência nutricional pode ser expressa e calculada de cinco maneiras diferentes, que são: eficiência agrônômica, que é obtida pela relação entre produção econômica (grãos, no caso de culturas anuais) por unidade de nutriente aplicado; eficiência fisiológica, que corresponde à produção biológica obtida (grãos mais palhada, em culturas anuais) por unidade de nutriente acumulado, às vezes, também chamada eficiência biológica. A acumulação de nutrientes é calculada por meio da multiplicação do peso da matéria seca da parte aérea e de grãos pelo teor do nutriente; eficiência na produção de grãos é a produção de grão obtida por unidade de nutriente na planta; eficiência de recuperação é a quantidade de nutriente acumulado por unidade de nutriente aplicado, geralmente expressa em porcentagem e, às vezes, é também chamada eficiência de aquisição de nutriente e eficiência de utilização, que corresponde ao produto entre a eficiência fisiológica e a eficiência de recuperação. Em todos esses casos, o cálculo da eficiência leva em consideração a diferença entre dois níveis de adubação (alto e baixo).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Definir a melhor fonte e dose de fósforo para o milho cultivado nas condições de terra firme no município de Manaus-AM.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Identificar a melhor fonte de fósforo para o milho no estágio verde de maturação e grãos.

b) Identificar a melhor dose de fósforo para o milho no estágio verde de maturação e grãos.

c) Avaliar as características agronômicas do milho verde e grãos submetido a diferentes fontes e doses de fósforo.

d) Propor a dose de máxima eficiência de absorção de fósforo para o milho verde e grãos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

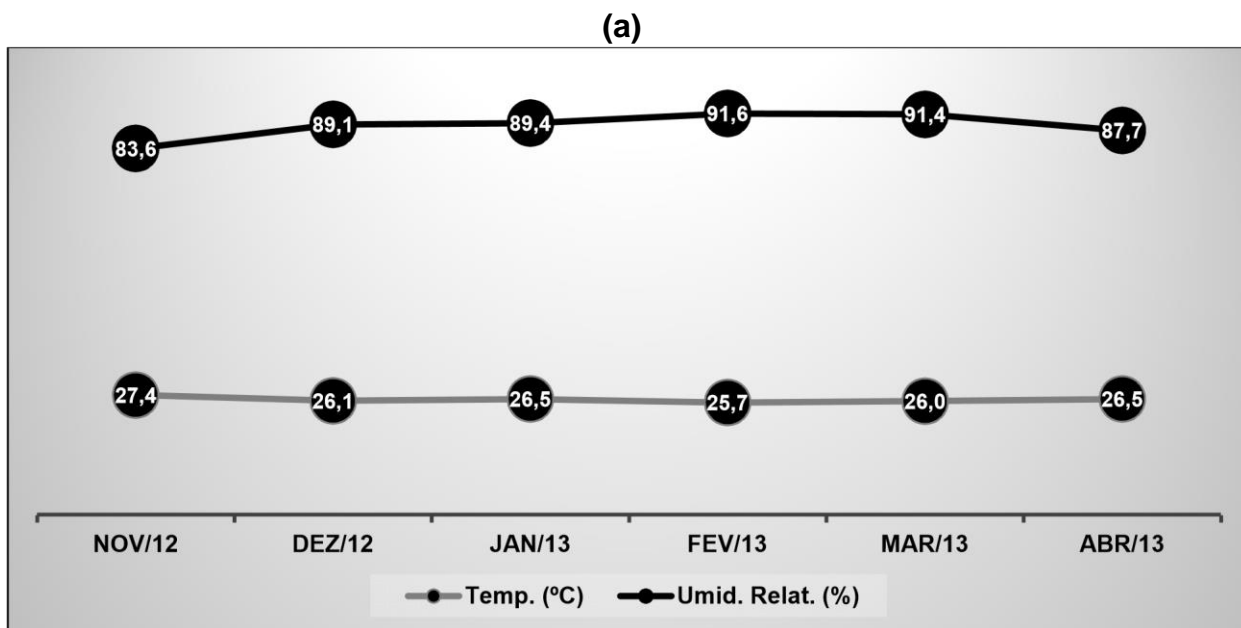
3.1 Localização da área experimental

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2012/2013 (novembro de 2012 a abril de 2013 - 1º ano de cultivo) e 2013/2014 (novembro de 2013 a abril de 2014 - 2º ano de cultivo) na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental, localizada no km 29 da Rodovia AM-010, município de Manaus-AM, nas coordenadas 03° 08' 48" de latitude sul e a 60° 11' 06" de longitude a oeste de Greenwich e altitude de 102 m (VARELLA, OLIVEIRA; 2009).

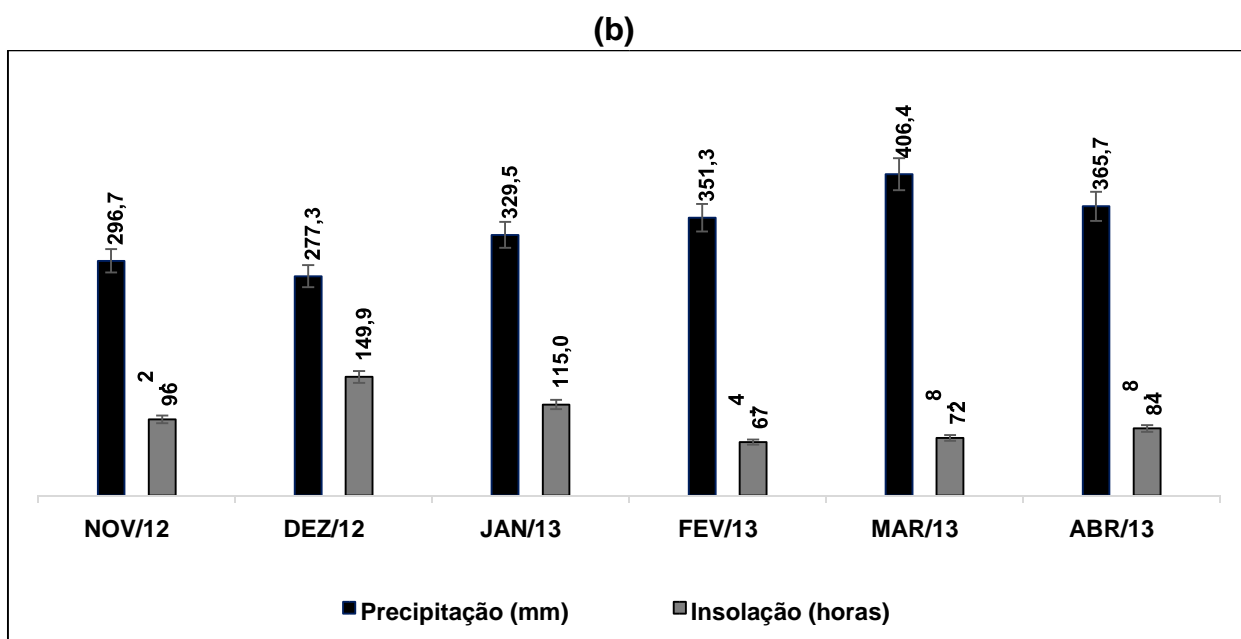
3.2 Clima

O clima segundo a classificação internacional de Köppen é do tipo Af (VIANELLO e ALVES, 2002) com temperatura média anual em torno de 26,7°C, umidade relativa média de 80% e precipitação média anual de aproximadamente 2.731,7 mm (EMBRAPA, 2013 e 2014).

A estação seca da área tem antecedentes históricos entre os meses de julho a dezembro, sendo os meses de agosto, setembro e outubro os mais quentes e secos. Os meses mais chuvosos são fevereiro, março e abril. A precipitação no período de condução dos experimentos referente ao 1º e 2º ano de cultivo foi de 1.917,2 e 2.026,9 mm, respectivamente, conforme dados do Laboratório de Agroclimatologia da Embrapa Amazônia Ocidental nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014 (Figuras 1 e 2).

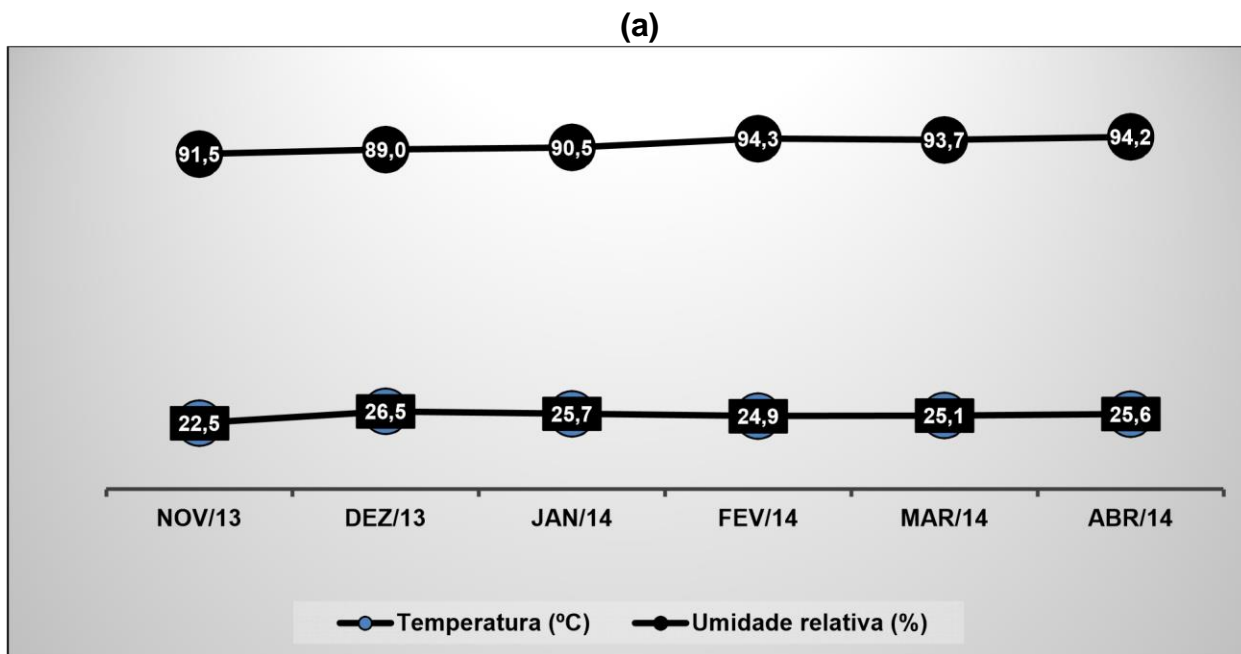


Fonte: Laboratório de Agroclimatologia /Embrapa Amazônia Ocidental - Ano agrícola 2012/2013.

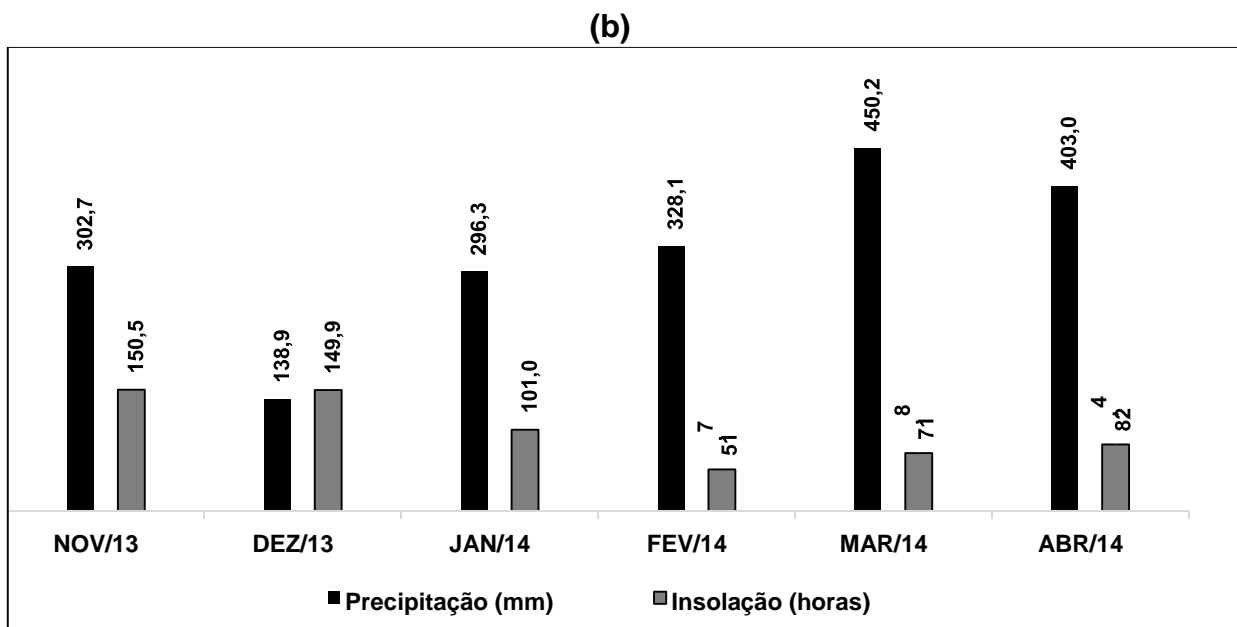


Fonte: Laboratório de Agroclimatologia /Embrapa Amazônia Ocidental - Ano agrícola 2012/2013.

Figura 1: Média mensal da temperatura e umidade relativa (a), precipitação e insolação (b) da área experimental da Embrapa Amazônia Ocidental no 1º ano de cultivo, Manaus-AM.



Fonte: Laboratório de Agroclimatologia / Embrapa Amazônia Ocidental - Ano agrícola 2013/2014.



Fonte: Laboratório de Agroclimatologia / Embrapa Amazônia Ocidental - Ano agrícola 2013/2014.

Figura 2: Média mensal de temperatura e umidade relativa (a), precipitação e insolação (b) da área experimental da Embrapa Amazônia Ocidental no 2º ano de cultivo, Manaus-AM.

3.3 Delineamento experimental

Os dois experimentos foram conduzidos em ecossistema de terra firme nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial com 10 tratamentos (5 x 2) e quatro repetições, sendo cinco doses de P_2O_5 (0 kg ha⁻¹, 40 kg ha⁻¹, 80 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹ e 160 kg ha⁻¹) e duas fontes de fósforo superfosfato triplo (SFT) e o fosfato natural de Arad (FNA), durante dois anos.

Cada parcela foi composta por seis linhas de 5,0 m de comprimento por 4,0 m de largura com espaçamento entre linhas de 0,80 e entre plantas de 0,25 m, perfazendo uma área total de 20,0 m² e área útil de 18,0 m². Metade da área útil (9,0 m²) foi para ser avaliada como milho verde e a outra para ser avaliada como milho grãos. As duas linhas externas de cada parcela foram consideradas bordaduras e as parcelas foram separadas entre si por 1,0 m entre as cabeceiras e por 2,0 m no sentido longitudinal (Figura 3) e os tratamentos definidos (Figura 4).

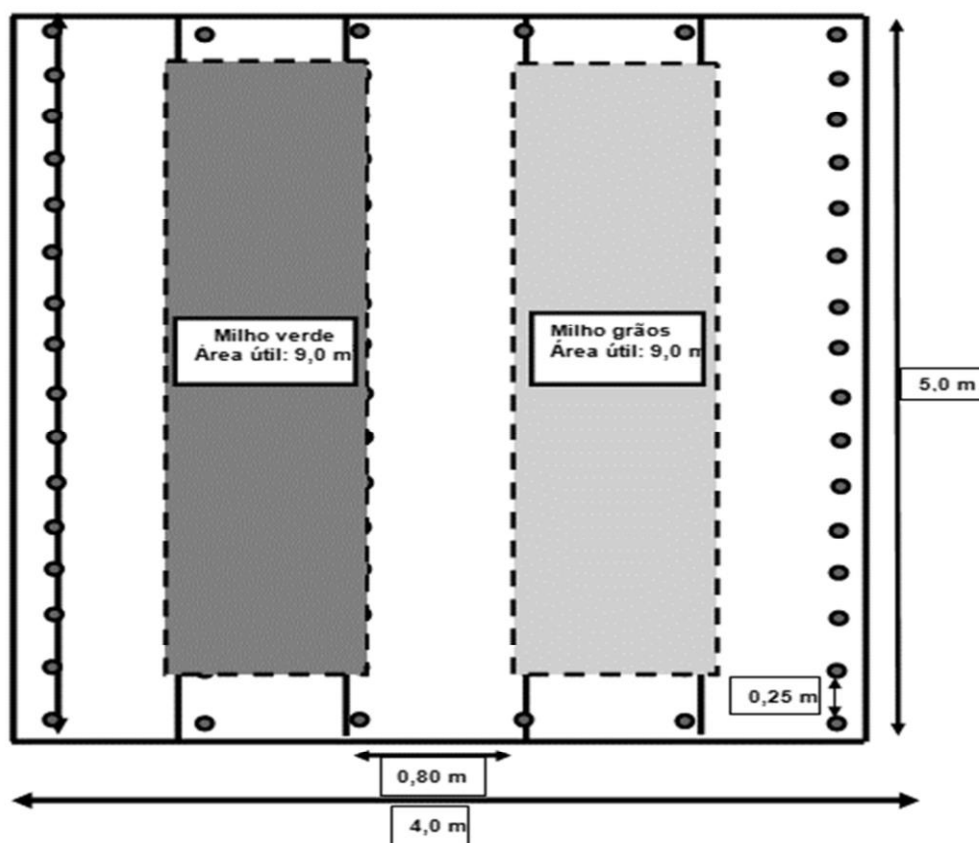


Figura 3: Esquema da parcela experimental com milho utilizado com fontes e doses de P_2O_5 em terra firme nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014, Manaus, AM.

BLOCO 1	BLOCO 2	BLOCO 3	BLOCO 4
SFT 0 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 40 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
SFT 40 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 160 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 40 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
SFT 80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 0 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 160 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
SFT 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 40 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
SFT 160 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 0 Kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 40 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
FNA 40 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 0 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 160 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
FNA 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 160 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 0 Kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 160 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
FNA 0 Kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 0 Kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
FNA 160 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 40 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	FNA 40 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅
FNA 80 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 160 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	SFT 0 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅

Figura 4: Croqui da área experimental com milho utilizado com fontes e doses de P_2O_5

em terra firme nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014, Manaus, AM.

3.4 Solo do local do experimento

O solo do local dos experimentos foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico (saturação por bases menor que 50%), apresentou textura argilosa, e caracterizou-se como de pouca fertilidade natural.

Nos últimos dez anos a área foi utilizada pela Embrapa Amazônia Ocidental com a implantação de experimentos de feijão, arroz e mandioca e a cerca de dois anos encontrava-se em pousio coberto por vegetação do banco de sementes de solos.

A coleta de solos para análise química foi realizada aos 128 dias antes da semeadura (DAS), na camada de 0 - 0,20 m de profundidade de acordo com o método da Embrapa (1997), com a finalidade de se conhecer as características químicas do solo da área experimental. Foram analisados os seguintes componentes químicos:

a) pH em CaCl_2 (Acidez Ativa) - Medida de atividade de hidrogênio (H^+) com eletrodo combinado de vidro e referência, na suspensão do solo em CaCl_2 a $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ utilizando a relação solo: solução de 1: 2,5.

b) Matéria orgânica pelo método volumétrico pelo dicromato de potássio. O carbono da matéria orgânica da amostra é oxidado a CO_2 e o cromo (Cr) da solução extratora é reduzido da valência (Cr^{+6}) à valência (Cr^{3+}). Foi obtida de forma indireta, através de curva padrão, que relaciona as quantidades de matéria orgânica e a absorvância do extrato preparado com dicromato de sódio, pelo método colorimétrico. Foi utilizada a relação solo: solução de 1: 10.

c) Potássio, cálcio e magnésio pelo método de Mehlich-1. Extração dos teores disponíveis de amostras de solo, sendo do potássio, por fotometria de chama e do cálcio e magnésio, por espectrofotometria de absorção atômica. Foi utilizada a relação solo: água 1: 10

d) Fósforo pelo método de Mehlich-1. A solução extratora de Mehlich-1 ou dupla ação, constituída pela mistura de $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$. O

fósforo extraído foi determinado espectrofotometricamente por meio da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolibdico, produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico.

e) Acidez potencial (H + Al). A acidez foi obtida pela extração com solução tamponada de acetato de cálcio pH 7,0. Pode ser denominada como acidez extraível ou acidez titulável e é por vezes referida erroneamente como acidez trocável. Permite calcular a CTC do solo definida como a soma das bases mais acidez potencial.

f) Alumínio. A extração do alumínio trocável foi feita utilizando uma solução de KCl 1 mol L⁻¹, por ser um sal neutro, sendo a quantificação do alumínio realizada pelo emprego de solução de NaOH 0,025 mol L⁻¹. Foi utilizada a relação solo: solução de 1: 10.

As análises químicas objetivaram definir a quantidade de calcário para a correção da acidez e estabelecer as doses de adubos a serem utilizadas na fertilização das parcelas experimentais que serão utilizadas na condução dos experimentos, especificamente, com nitrogênio, fósforo e potássio.

As características do solo antes da semeadura do milho no 1º ano de cultivo encontram-se na Tabela 1.

3.5 Preparo da área

O preparo da área foi realizado com auxílio de um trator agrícola constituindo-se de uma aração e duas gradagens como forma de possibilitar melhoria quanto à desagregação das partículas do solo, descompactação, aeração e drenagem.

O preparo do solo correspondente aos dois anos de cultivo foi realizado de igual forma, excetuando, a correção da acidez, definida somente para o período de présemeadura do 1º ano de cultivo.

Após as colheitas do milho verde e dos grãos do 1º ano de cultivo, os restos culturais como raízes e parte aérea constituída de colmo, folhas e pendões emergidos foram incorporados ao solo.

Para a semeadura do 2º ano de cultivo as linhas de cada parcela experimental e os tratamentos foram guardadas entre si na mesma posição do 1º ano de cultivo.

Os sulcos de semeadura abertos no 2º ano de cultivo foram realinhados com auxílio de um trator agrícola e equipamento semeador previamente ajustado para esses fins. Em todas as parcelas à adubação fosfatada com (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), a base de nitrogênio equivalente a 20 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio) e de cloreto de potássio equivalente a 60 kg ha⁻¹ de KCl (cloreto de potássio), foi realizada antes da distribuição das sementes.

3.6 Correção da acidez do solo

Com base nos resultados da análise de solo (Tabela 1), foi definido pelo método de saturação por base, conforme fórmula descrita abaixo a necessidade de calcário.

A quantidade de calcário dolomítico com 35% de CaO, 14% de MgO e 90% de PRNT na proporção de 2,0 ton ha⁻¹, foi utilizada somente na época que antecedeu ao 1º ano de cultivo, ou seja, no dia 03/10/2012, sendo que a distribuição foi realizada mecanicamente com auxílio de um equipamento específico de calcário acoplado a um trator agrícola e a incorporação feita no solo a uma profundidade de 0,20 m no mesmo dia com objetivo de atingir a saturação desejada de 60%.

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = T \times (V2 - V1) \times f/100$$

Onde:

NC= Necessidade de calcário,

T = Soma de bases (SB) + (H + Al),

V2 = Saturação por base desejada,

V1 = Saturação por base atual, f =
100/PRNT.

3.7 Genótipo de milho utilizado no 1º e 2º anos de cultivo

Foi utilizado o híbrido duplo AG 1051 no 1º e 2º anos de cultivo para avaliar os componentes de produção e a eficiência de absorção do milho verde e grãos em ecossistema de terra firme em Manaus, AM.

3.8 Coleta de solos

A coleta de solos foi realizada no estágio fenológico de florescimento feminino, período esse que ocorre o fluxo máximo de fotoassimilado dentro da planta e, portanto, neste estágio, foi coletada no 1º e 2º anos de cultivo de cada linha da área útil das parcelas, uma amostra de solos na camada de 0 - 20 cm, resultando em um total de 80 amostras. Para esse fim foi utilizado como ferramenta principal de coleta o trado tipo holandês. Foi realizada aos 52 DApS no 1º ano e aos 64 DApS no 2º ano de cultivo.

Foram coletadas antes da semeadura do 2º ano de cultivo, três amostras de solos a uma profundidade de 0,0 - 0,20 m da área total, para formar uma amostra que representasse a área experimental.

Após a colheita do 2º ano de cultivo foi coletada uma amostra de solos a uma profundidade de 0,20 m de cada linha de semeadura da área útil e as caracterizações química do solo foram obtidas no Laboratório de Análises de Solos e Plantas (LASP) da Embrapa Amazônia Ocidental.

3.9 Semeadura

As semeaduras foram manuais no 1º e 2º anos de cultivo e foram realizadas nos dias 22/11/2012 e 26/11/2013, respectivamente. Após a abertura dos sulcos em linhas espaçadas por 0,80 m entre si que foram estabelecidas por meio de um trator agrícola com semeadora, seguido da distribuição manual dos adubos com a dose e fonte de P correspondente e, posteriormente na distribuição de dez sementes de milho por metro linear de sulco. As sementes utilizadas nas semeaduras do 1º e 2º anos de cultivo apresentavam germinação de 96% e 92%.

3.10 Controle químico de plantas invasoras

Para o controle de plantas invasoras na área experimental foi realizado um tratamento químico com o herbicida pré-emergente - Primestra Gold® - na proporção de 4,0 L ha⁻¹ do produto comercial aplicado com pulverizador costal logo após a semeadura no 1º ano de cultivo (22/11/2012) e no 2º ano de cultivo (26/11/2013).

Tendo em vista os bons resultados observados em todo o ciclo produtivo, não houve necessidade de se realizar a capina manual com enxada, uma vez que, a área permaneceu sempre limpa e livre de plantas invasoras.

3.11 Desbaste de mudas

O desbaste foi realizado no estágio fenológico V4, ou seja, quando as plantas de milho apresentavam em sua grande maioria, quatro folhas totalmente desdobradas no 1º e 2º anos de cultivo, deixando-se quatro plantas por metro linear objetivando uma



Fonte: Diogenes, 20013

Figura 5: Detalhe da parcela experimental logo após o desbaste do milho no 1º ano de população de 50 mil plantas ha⁻¹ (Figura 8).

cultivo em terra firme, Manaus, AM.

3.12 Adubação de semeadura

A adubação de semeadura foi realizada em função da análise de solo e nos valores de exportação desses nutrientes pela cultura de milho (MALAVOLTA et al., 2002).

Os fertilizantes foram aplicados e incorporados manualmente em sulcos a cerca de 4 cm de profundidade. Foram utilizados para composição de cada tratamento o sulfato de amônio (21% N e 24% S), superfosfato triplo (42% P₂O₅), fosfato natural de Arad (33% P₂O₅) e cloreto de potássio (60% K₂O).

Os adubos foram concentrados na linha de semeadura, posicionados abaixo da distribuição das sementes (CERETTA et al., 2007).

A adubação nitrogenada nas parcelas por ocasião da semeadura foi realizada utilizando-se a fonte sulfato de amônio na proporção de 20 kg ha⁻¹ de N.

A adubação fosfatada foi definida por duas fontes, sendo: superfosfato triplo com as doses de 0 - 38,0 - 76,5 - 114,0 e 152,4 gramas para cada cinco metros linear e fosfato natural de Arad com 0 - 48,4 - 96,8 - 145,6 e 194,0 gramas para cada cinco metros linear, equivalente para cada fonte a 0; 40; 80; 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅, dose essa definida em função do teor de P disponível no solo, da produtividade esperada e da resposta de produção de grãos do híbrido AG 1051, quando avaliado sob níveis crescentes de adubação fosfatada (MACHADO, 1995).

A adubação potássica cuja fonte foi o cloreto de potássio foi definida por 24 gramas para cada cinco metros lineares, correspondendo a 60 kg ha⁻¹ de K₂O.

3.13 Adubação de cobertura

No 1º e 2º anos de cultivo foram realizadas duas adubações de cobertura com nitrogênio, tendo como fonte o sulfato de amônio, na quantidade de 80 kg ha⁻¹ de N conforme recomendação de CRAVO et al. (2010).

A adubação de cobertura foi realizada aos 27 dias após a semeadura (DApS), ou seja, em 18/12/2012 (1º ano de cultivo), no período correspondente ao estágio fenológico V4, utilizando como fonte o sulfato de amônio (21% N e 24% S) e aplicado o fertilizante manualmente o correspondente a 40 kg ha⁻¹ de N.

Aos 43 dias DApS, ou seja, em 03/01/2013 (1º ano de cultivo), no estágio fenológico V7, foi realizada a segunda adubação de cobertura utilizando como fonte o sulfato de amônio (21% N e 24% S) correspondendo a 40 kg ha⁻¹ de N.

Para o 2º ano de cultivo as adubações de cobertura foram realizadas nas seguintes épocas:

Aos 24 DApS, ou seja, em 20/12/2013, no estágio fenológico V4, utilizando como fonte o sulfato de amônio (21% N e 24% S), realizada manualmente, correspondente a 40 kg ha⁻¹ de N.

Aos 43 DApS, ou seja, em 08/01/2013, no estágio fenológico V7, utilizando como fonte o sulfato de amônio (21% N e 24% S), correspondente a 40 kg ha⁻¹ de N.

3.14 Adubação foliar com sulfato de zinco

Aos 28 DApS do 1º e 2º anos de cultivo, foi realizada uma adubação foliar utilizando o sulfato de zinco (ZnSO₄) na proporção de 12 gramas para 20 litros de água. A calda do produto foi aplicada através de pulverizador costal sobre as partes abaxiais e adaxiais das folhas de todas as plantas dos tratamentos, inclusive as plantas de bordadura.

3.15 Tratamentos fitossanitários

Os tratamentos fitossanitários no milho foram realizados de forma preventiva aos 15 DApS, utilizando-se o inseticida Decis a 0,1% com auxílio de pulverizador costal no 1º e 2º anos de cultivo.

Aos 28 DApS foi realizado no 2º ano agrícola um tratamento para controle da lagarta cartucho (*Spodoptera frugiperda*), utilizando o inseticida Match CE (Lufenuron 50 g / L) na dose de 300 mL ha⁻¹, utilizando-se um pulverizador costal equipado com bico do tipo leque (AVI 110 - 015). O controle das pragas realizado nos tratamentos em cada ano de cultivo foi feito através de jato dirigido diretamente voltado para o cartucho da planta.

3.16 Coleta de folhas para análise foliar nos estádios fenológicos (VT e R1)

No período em que 50% das plantas de cada parcela estavam com os pendões emergidos e em antese (estádios fenológicos VT e R1), foi coletada uma folha por planta localizada do lado oposto da espiga de um total de 10 folhas por parcela. A coleta foi realizada aos 50 e aos 62 DApS no 1º e 2º anos de cultivo, respectivamente.

Posteriormente, as amostras já identificadas foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos e Plantas (LASP) da Embrapa Amazônia Ocidental, para serem submetidas a secagem em estufa a 65 °C com circulação forçada de ar, por um período de 72 horas até que o peso ficasse constante, e em seguida, o material foi moído para determinação do teor de P, proposta por Malavolta et al. (1997).

3.17 Colheitas

3.17.1 - 1º ano de cultivo

A colheita do milho verde foi realizada manualmente no dia 06/02/2013, ou seja, aos 77 DApS, ocasião essa em que os grãos verdes se apresentavam com cerca de 70 a 80% de umidade, ou seja, entre os estádios fenológicos leitosos (R3) e pastosos (R4) (MAGALHÃES e DURÃES, 2003).

Foram colhidas todas as espigas da área útil de cada parcela, contadas e acondicionadas em sacos previamente identificados, para serem avaliadas no Laboratório de Sementes da Embrapa Amazônia Ocidental.

A colheita do milho grãos foi realizada no dia 02/04/2013 aos 135 DApS, ou seja, ocasião em que todas as plantas da área útil de cada parcela, encontravam-se no estágio fenológico R6 (maturação fisiológica).

Os resultados obtidos foram corrigidos para o teor de umidade de 13%, com os dados expressos em kg ha⁻¹. Após a colheita, realizou-se o despalhamento, debulhamento manual das espigas e a pesagem da produção com uso de balança eletrônica de precisão.

3.17.2 - 2º ano de cultivo

A colheita do milho verde foi realizada manualmente no dia 05/02/2014, ou seja, aos 72 DApS, período em que as espigas estavam com cerca de 70 a 80% de umidade entre os estádios fenológicos leitosos (R3) e pastosos (R4). Todos os procedimentos relacionados à colheita foram desenvolvidos seguindo a metodologia do 1º ano de cultivo.

A colheita do milho grão foi realizada manualmente no dia 02/04/2014 aos 135 DApS. Todos os procedimentos relacionados à colheita foram desenvolvidos seguindo a metodologia do 1º ano de cultivo.

3.18 Variáveis avaliadas no 1º e 2º anos de cultivo

3.18.1 Peso de espiga por hectare

Tomadas ao acaso por meio de balança digital utilizando a média de 10 espigas comerciais com palha, colhidas de cada parcela, e os resultados foram convertidos para hectare.

3.18.2 Comprimento das espigas sem palha

Foi determinado em 10 espigas tomadas ao acaso da parcela, mediante a utilização de régua graduada em milímetros.

3.18.3 Diâmetro de espigas comerciais sem palha

Foi determinado na porção média de 10 espigas comerciais, tomadas ao acaso de cada parcela, mediante utilização de um paquímetro digital.

3.18.4 Espigas comerciais sem palha

Foi determinado através das espigas que apresentavam comprimento quando empalhadas com tamanho superior a 25 cm, conforme Silva et al. (2003) e diâmetro superior a 5 cm.

Para espigas de milho verde sem palha foi considerado o tamanho superior a 15 cm, conforme Albuquerque et al. (2008), com diâmetros superiores a 3,5 cm, bem granadas e isentas de pragas/enfermidades e adequadas à comercialização.

3.18.5 Produtividade de grãos

Peixoto et al. (1997) e Sangoi et al. (2000) relatam que quanto mais favoráveis forem as condições edafoclimáticas de uma região, maior será a população necessária para maximizar o rendimento dos grãos.

A produtividade média relativa aos grãos no 1º e 2º anos de cultivo foi obtida logo após a colheita das espigas que se realizou de forma manual em todas as plantas da área útil. Após o despalhamento, debulhamento e pesagem foi medido o teor de umidade dos grãos em laboratório de cada parcela e os dados foram convertidos para quilos por hectare.

Considerou-se o teor umidade dos grãos de 13%, com base nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2000) através das fórmulas:

$PGCU = \text{Peso grãos/parcela} - [\text{Peso grãos/parcela} \times (\% \text{ Umidade} - 13)] / 87;$

$PGCE = PGCU \times \text{Estande planejado} / \text{Estande de campo};$

$PG = PGCE \times 10000 / \text{Área útil da parcela};$ Onde:

$PGCU = \text{Peso dos grãos corrigindo umidade};$

$PGCE = \text{Peso dos grãos corrigindo estande};$ $PG =$

$\text{Peso dos grãos}.$

3.18.6 Matéria seca da parte aérea

Os resultados foram obtidos no estágio fenológico R6 (maturação fisiológica) no 1º e 2º anos de cultivo, ou seja, ao final do ciclo do milho grão, logo após a colheita (aos 135 DApS), através da coleta de cinco plantas da área útil de cada parcela para se determinar a produção de matéria seca da parte aérea, compreendida de folhas, colmos, palha, pendão, grãos e sabugos.

Todo o material coletado foi submetido à secagem em estufa a 65 °C com circulação forçada de ar por um período de 72 horas no Laboratório de Sementes da Embrapa Amazônia Ocidental, até peso constante.

Através do peso da matéria seca das cinco plantas foi feita a correção para o estande final de cada tratamento.

Posteriormente, as amostras foram encaminhadas para análise do teor de P no tecido vegetal proposta por Malavolta et al. (1997).

3.18.7 Conteúdo de P na parte aérea

Para obtenção do conteúdo de P da parte aérea foi necessária a coleta de cinco plantas da área útil de cada parcela aos 134 DApS, obtidas através de um corte rês ao solo das plantas, de onde foi obtido o peso (colmo, folhas, pendões, palhas, grãos e sabugos). As amostras foram devidamente identificadas em sacos e encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solos e Plantas (LASP) da Embrapa Amazônia Ocidental para obtenção do teor de P, conforme metodologia EMBRAPA (1999).

O teor de P nos grãos foi resultado da seleção de grãos tomada ao acaso de cada tratamento numa proporção aproximada de 120 gramas logo após a obtenção da umidade em laboratório conforme metodologia EMBRAPA (1999).

O conteúdo de P na parte aérea foi definido pela matéria seca da parte aérea do estande final (kg ha^{-1}) pela multiplicação do resultado do teor de P na parte aérea (g kg^{-1}), enquanto que o conteúdo de P nos grãos foi definido pela produção de grãos (kg ha^{-1}) pela multiplicação do teor de P nos grãos (g kg^{-1}).

3.19 Índices de eficiência do P

A eficiência no uso de fósforo foi determinada de acordo com Moll et al. (1982). A quantidade de P no solo disponível para a planta em cada tratamento do milho AG 1051 foi obtida pelos resultados das análises de solos e somada à quantidade de P aplicado, onde: PG: produção de grãos; NS: quantidade de P suprido a partir do fertilizante fosfatado aplicado; NP: quantidade total de P na planta e NG: quantidade de P nos grãos.

3.19.1 Uso eficiente do fertilizante fosfatado - PG/NS

Relação que avalia o uso eficiente do fertilizante aplicado para produção de grãos, ou seja, razão entre kg de grãos por kg de P aplicado.

3.19.2 Eficiência de utilização do P para a produção de grãos - PG/NP

Relação que avalia a eficiência de utilização do nutriente para a produção de grãos, ou seja, razão entre kg de grãos por kg de P acumulado na planta.

3.19.3 Produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos - PG/NG

Relação que avalia a produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos, ou seja, razão entre kg de grãos por kg de P acumulado nos grãos.

3.19.4 Eficiência de absorção do P pela planta - NP/NS

Relação que avalia a eficiência de absorção do nutriente pela planta, ou seja, razão entre kg de P acumulado na planta por kg de P aplicado.

3.19.5 Fração total do nutriente na planta que é translocado para os grãos - NG/NP

Relação que avalia a fração do total do P na planta que é translocado para os grãos, ou seja, kg de P acumulado nos grãos por kg de P acumulado na planta inteira.

3.20 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Realizou-se a análise de regressão dos dados quantitativos a nível de P. A partir da detecção de diferenças significativas entre tratamentos e suas interações realizaram-se os desdobramentos e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram processados utilizando o software SISVAR. Além disso, foi estimada a dose máxima eficiência econômica, por meio de derivação da equação de regressão.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Teor de P no solo - período que antecedeu a semeadura

O P é um elemento químico encontrado em baixas concentrações nos solos tropicais e nesse sentido, faz-se necessário o seu fornecimento em doses relativamente altas nas culturas agrícolas, notadamente, na cultura do milho, devido à baixa eficiência agrônômica. Geralmente é aplicado via solo para que possa proporcionar maior eficiência desse elemento que é insubstituível nas plantas.

No presente trabalho, o teor inicial de P do solo antes do cultivo era de 3,0 e 2,0 mg dm⁻³ no 1º e 2º anos de cultivo, respectivamente (Tabelas 1 e 2), portanto, baixo, podendo se esperar resposta mais rápida com fonte de maior solubilidade, neste caso, o superfosfato triplo e mais tardiamente do fosfato natural de Arad.

Tabela 1: Resultado da análise química do solo de terra firme utilizado para produção de milho verde e grãos na camada de 0,0 a 0,20 m na fase que antecedeu a semeadura do 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

	C	M.O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	Fe	Zn	
pH																	
H ₂ O	g/kg		mg/dm ³				cmolc/dm ³					%	mg/dm ³				
	5,02	21,13	36,34	3	30	1	0,92	0,76	0,18	4,03	1,76	1,94	5,79	30,43	9,27	185	0,49

Tabela 2: Resultado da análise química do solo de terra firme utilizado para produção de milho verde e grãos na camada de 0,0 a 0,20 m na fase que antecedeu a semeadura do 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

	C	M.O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	Fe	Zn	
pH																	
H ₂ O	g/kg		mg/dm ³				cmolc/dm ³					%	mg/dm ³				
	5,49	21,17	36,41	2	25	2	1,04	0,82	0,11	3,84	1,93	2,04	5,78	33,45	5,39	276	0,57

4.2 Teor de P no solo - época do florescimento

Quanto ao teor de P no solo no período de florescimento inerente ao 1º ano de cultivo, houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p < 0,01$).

Para esse mesmo ano houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) para as fontes e doses.

Já no 2º ano de cultivo não houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p > 0,05$). Não houve significância pelo teste F ($p > 0,05$) para as fontes, enquanto que para as doses houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) (Tabela 3).

Tabela 3: Resumo da análise de variância do teor de P no solo no período de florescimento do híbrido de milho relativa ao 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

FV	GL	Teor P - Solo	
		1º ano de cultivo	2º ano de cultivo
Quadrados médios			
Fontes (F)	1	2672,73 **	0,03 ns
Doses (D)	4	4817,46 **	97,23 **
F x D	4	1938,79 **	0,03 ns
Bloco	3	5,14 ns	8,36 **
Resíduo	27	23,76	1,77
Total	39		
CV (%)		17,2	24,5
Média geral		28,4	5,4

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. **

Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

ns Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Segundo Heckrath et al. (1995) a mobilidade do P em um solo deverá aumentar com a saturação da superfície de adsorção, com a consequente diminuição da energia

de ligação, o que proporciona maior dessorção de P do solo e o teor de argila é um dos componentes que interferem na adsorção (NOVAIS, SMITH, 1999; SIMÕES NETO et al., 2009).

Segundo Novais e Smith (1999) quanto mais P disponível no solo maior será o gradiente de concentração deste elemento ocasionando, portanto, aumento no conteúdo de P na parte aérea.

Quando se aumenta a dose de P_2O_5 no solo, ocorre aumento do coeficiente de difusão do elemento devido à saturação progressiva da superfície de adsorção, o que provavelmente resulta no aumento da concentração de P na parte aérea, resultado semelhante às observações feitas por Miola et al. (1999). Outros fatores do solo interferem na resposta das plantas à adubação fosfatada, como a umidade do solo, compactação e luminosidade.

Na Tabela 4, estão disponibilizadas as médias dos teores de P no solo no período de florescimento referentes ao 1º e 2º anos de cultivo.

No 1º ano de cultivo houve interação entre as fontes e doses. Houve diferença da dose de $0,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 com as doses correspondentes a 40, 80, 120 e 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Nesse mesmo ano a média (doses) do teor de P com o superfosfato triplo foi de $20,2 \text{ mg/dm}^3$, enquanto que com o fosfato natural de Arad foi de $36,6 \text{ mg/dm}^3$.

No 2º ano de cultivo não houve diferença entre as fontes quanto ao teor de P no solo. Já em relação às doses aplicadas de P_2O_5 observou-se que doses de 80 e 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 diferiram estatisticamente da dose $0,0$ com as fontes (superfosfato triplo e fosfato natural de Arad).

Quanto ao efeito de doses e fontes de P_2O_5 utilizadas, ocorreu um acréscimo no teor de P no solo, ajustando-se os dados ao modelo linear (superfosfato triplo) e quadrático (fosfato natural de Arad) no 1º ano de cultivo (Figura 6).

Na ausência da aplicação do superfosfato triplo, o teor de P observado no solo foi significativamente inferior aos observados nos tratamentos que receberam P (superfosfato triplo e fosfato natural de Arad). Os tratamentos que receberam superfosfato triplo não diferiram entre si, enquanto o tratamento que recebeu a maior dose de fosfato natural de Arad, foi significativamente superior aos demais, com um teor de P no solo 2,6 vezes inferior.

A máxima eficiência estimada do teor de P no solo no 1º ano de cultivo foi com a dose de 24,7 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para o fosfato natural de Arad, resultando em um teor equivalente a 5,4 mg/dm³ (Figura 6).

Já a máxima eficiência estimada do teor de P no solo no 2º ano de cultivo foi com a dose de 129,7 kg ha⁻¹ de P₂O₅ resultando em um teor de P no solo estimado em 6,9 mg/dm³ (Figura 7).

Tabela 4: Médias do teor de P no solo das fontes (F) e doses (D) referente ao 1º e 2º anos de cultivo no período de florescimento e após colheita do milho (2º ano de cultivo) em terra firme, Manaus, AM.

F	Teor P no solo - Florescimento mg/dm ³						Teor P no solo - Após colheita mg/dm ³		
	1º ano cultivo			2º ano cultivo			2º ano cultivo		
	Médias		Médias	Médias		Médias	Médias		Médias
D	SFT	FNA		SFT	FNA		SFT	FNA	
0	2,5 bB	3,5 cA	2,97 d	1,8 aB	1,8 aA	1,8 b	2,5 bA	2,8 bA	2,6 b
40	10,6 aB	15,9 bA	13,4 c	3,5 abA	3,5 abA	3,5 ab	3,8 bB	7,8 bA	5,7 b
80	21,5 aB	22,5 bA	22,2 c	9,8 aA	9,8 bA	9,8 a	6,0 bB	19,8 aA	12,9 a
120	36,6 aB	39,0 bA	37,7 b	3,8 bA	3,5 abA	3,7 ab	10,0 aA	7,8 abA	8,9 ab
160	29,9 aA	101,8 aB	65,9 a	8,5 aA	8,5 bA	8,5 a	2,8 bB	7,3 bA	5,0 b
Médias	20,2 B	36,6 A		5,5 A	5,4 A		5,0 B	9,1 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si (p < 0,05).

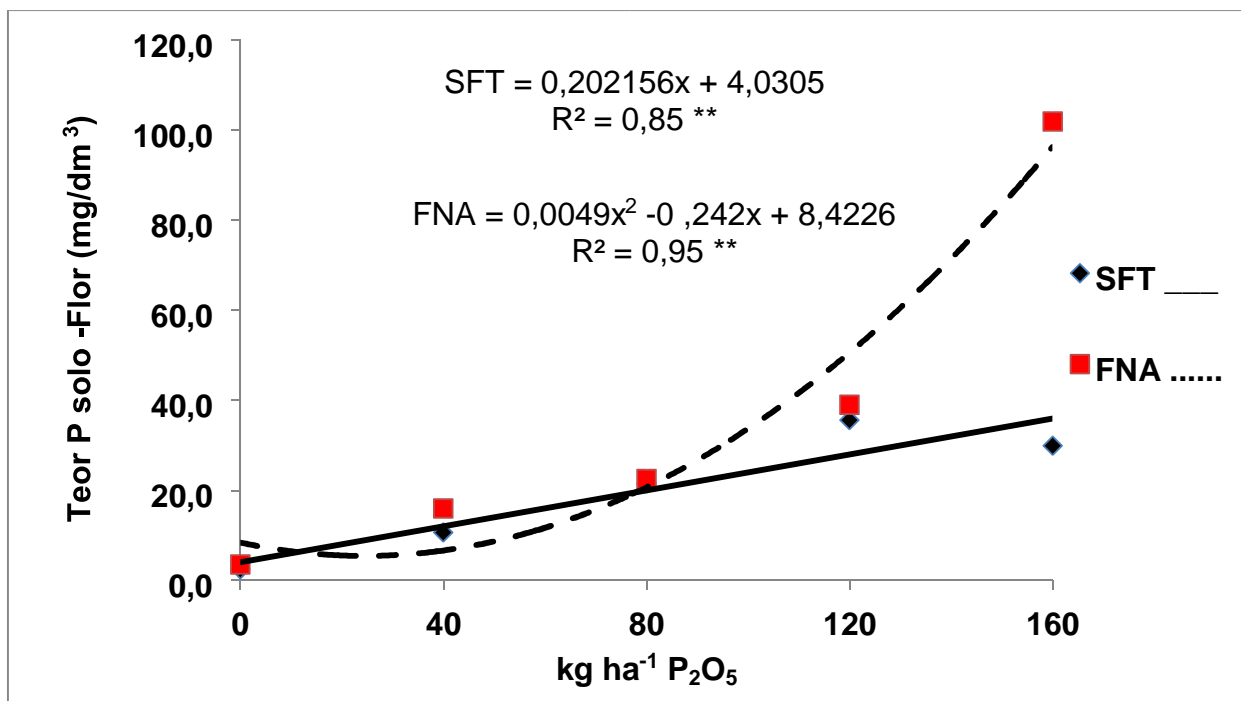


Figura 6: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre o teor de P no solo no período de florescimento do milho no 1^o ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

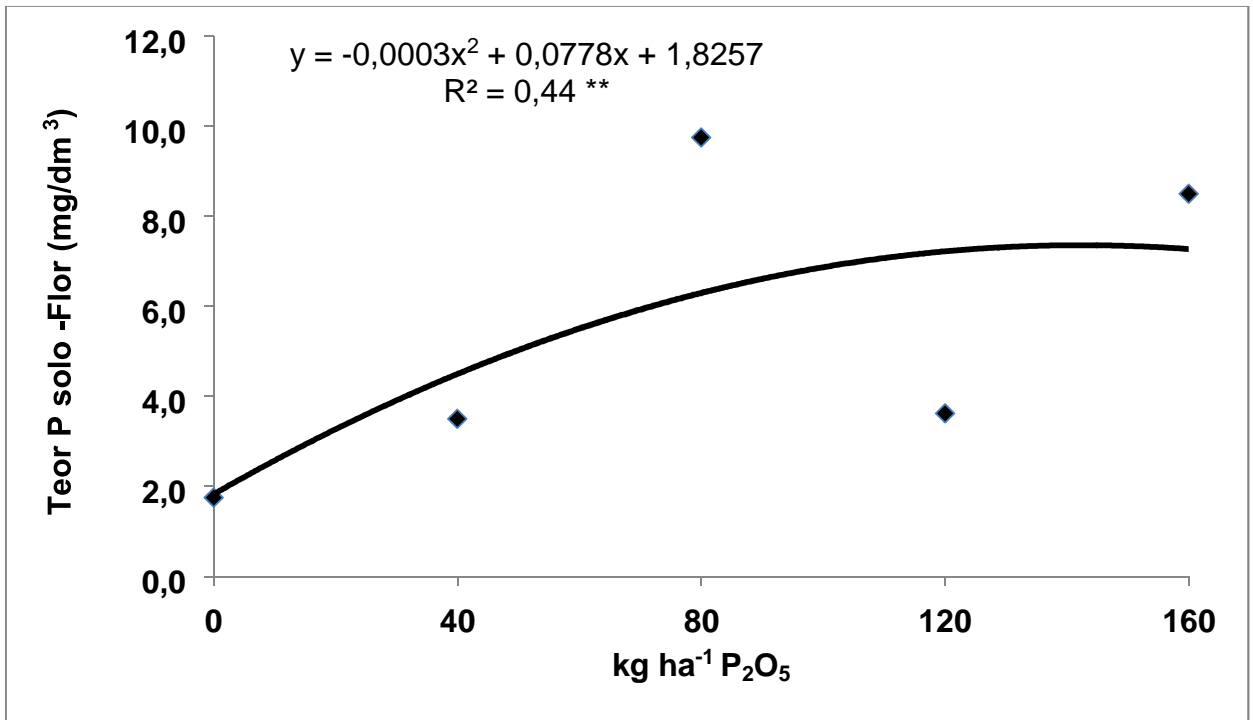


Figura 7: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre o teor de P no solo no período de florescimento no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

4.3 Teor fósforo (P) no solo - após colheita (2º ano de cultivo)

Quanto ao teor de P no solo no período de após colheita do 2º ano de cultivo houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p < 0,01$). Para esse mesmo ano houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) para as fontes e doses (Tabela 6).

Na Tabela 7, estão disponibilizadas as médias dos teores de P no solo no período de após colheita do 2º ano de cultivo.

Houve efeito significativo entre as fontes e doses, notadamente com o fosfato natural de Arad. Pode-se observar que o teor de P disponibilizado no solo após colheita esteve ligeiramente superior ao teor de P no período de florescimento. Esse fato deve-se provavelmente a uma fração do P que não foi aproveitada no 1º e 2º anos de cultivo, face a adsorção desse elemento químico aos colóides do solo, portanto, não disponível às plantas.

Portanto, o efeito residual passa a ser um componente muito importante na avaliação agronômica e econômica nas práticas de adubação fosfatada. Porém, são poucos os experimentos de campo de longa duração, sem os quais não é possível considerar satisfatoriamente o efeito residual (BARBOSA FILHO, 1984; GOEDERT et al., 1984; SOUSA et al., 2003).

A máxima eficiência estimada do teor de P no solo no período de após colheita do 2º ano de cultivo foi obtida com a dose de fosfato natural de Arad equivalente a 86,7 kg ha⁻¹ de P₂O₅, resultando em um teor equivalente a 12,64 mg/dm³ (Figura 8).

Tabela 5: Resumo da análise de variância do teor de P no solo no período de após colheita referente ao 2º ano de cultivo do milho cultivado em terra firme, Manaus, AM.

FV	GL	Teor P solo - Após colheita 2º ano de cultivo
		Quadrado médio
Fontes (F)	1	164,03 **
Doses (D)	4	164,03 **
F x D	4	74,21 **
Bloco	3	4,83 ns
Resíduo	27	2,44
Total	39	
CV (%)		22,2
Média geral		7,0

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

ns Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

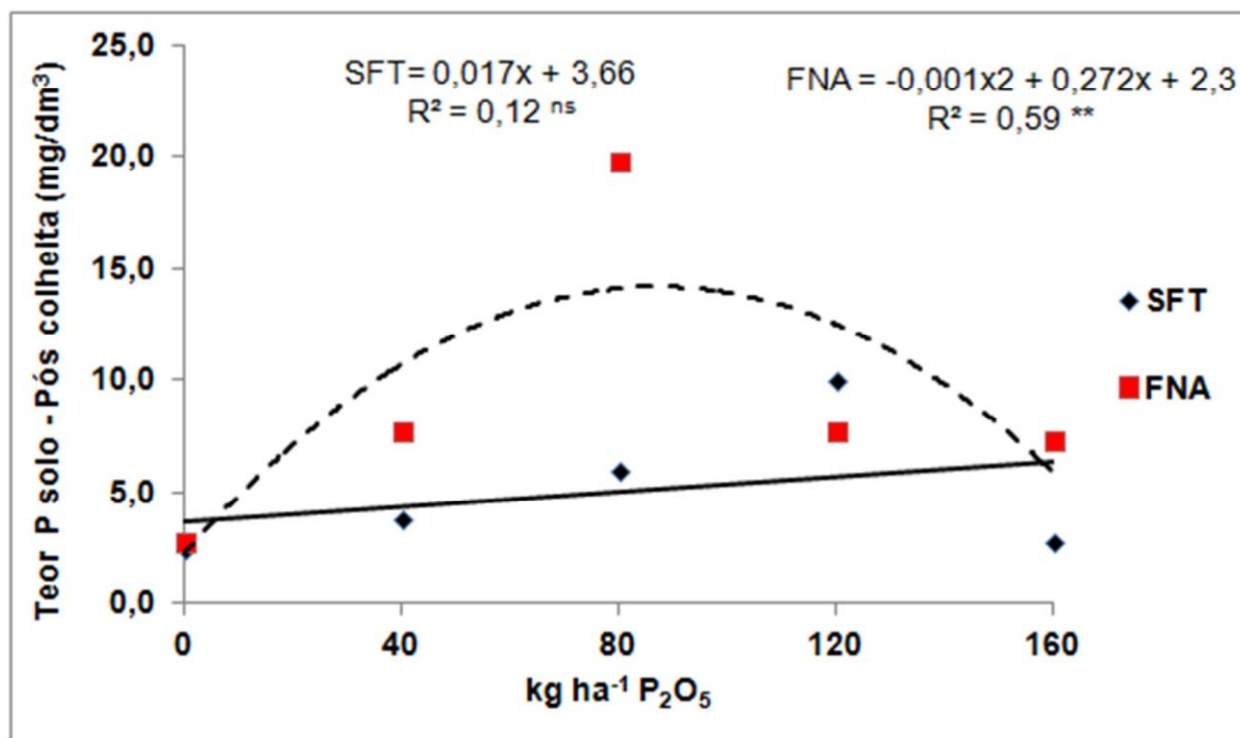


Figura 8: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre o teor de P no solo no período de após colheita no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

4.4 Teor de fósforo (P) no tecido foliar - período florescimento

Quanto ao teor de P no tecido foliar referente ao 1º ano de cultivo, não houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p > 0,05$) e houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) para as fontes e doses.

Já no 2º ano de cultivo houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p < 0,01$). Não houve significância pelo teste F ($p > 0,05$) para as fontes. Para as doses houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) (Tabela 6). Quanto as médias das fontes utilizadas pelo teste Tukey não houve efeito significativo.

As médias dos teores de P no tecido foliar do 1º e 2º anos de cultivo estão disponibilizadas na Tabela 7. Houve efeito significativo das fontes e de doses utilizadas no 1º ano de cultivo pelo teste Tukey.

Com a aplicação das doses de P_2O_5 no 1º ano de cultivo o teor de P foi de 2,4 g kg^{-1} com o superfosfato triplo (média das doses), enquanto que, com o fosfato natural de Arad o teor de P foi de 2,1 g kg^{-1} (média das doses).

Com a aplicação das doses de P_2O_5 no 2º ano de cultivo o teor de P foi de 2,3 g kg^{-1} (média das doses) com superfosfato triplo, enquanto que com o fosfato natural de Arad o teor de P foi de 2,4 g kg^{-1} (média das doses) (Tabela 7).

A concentração de P no tecido foliar no 1º e 2º anos de cultivo está abaixo da faixa de suficiência (2,5 a 4,0 g kg^{-1}) indicada por Malavolta (2006). Entretanto, Cantarella et al. (1996) comenta que a faixa de teor de P considerada adequada é de 2,0 a 4,0 g kg^{-1} .

Os baixos teores de P no tecido foliar do 1º e 2º anos de cultivo (Figuras 9 e 10), pode ser explicado pelas seguintes causas: a) redistribuição para os frutos e raízes em crescimento nas camadas mais profundas do solo, onde em geral existe umidade (NETO, 2009); b) diminuição da temperatura; c) aumento da precipitação pluvial (BATAGLIA, 2004).

Os resultados do presente trabalho corroboram com aqueles obtidos por Silva e Silva (1957) e Neto (2009), em que os autores também observaram redução da concentração foliar de P no outono/inverno.

Entre as fontes utilizadas de P observa-se que a absorção de P (número absoluto) proveniente do fosfato natural de Arad foi menor comparado ao superfosfato triplo no 1º ano de cultivo.

Tabela 6: Resumo da análise de variância do teor de P no tecido foliar no período do florescimento do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

		Teor P - Tecido foliar (g kg ⁻¹)		FV
		1º ano de cultivo	2º ano de cultivo	
Quadrados médios				
Fontes (F)	1	0,83 **		0,02 ^{ns}
Doses (D)	4	0,36 **		2,69 **
F x D	4	0,11 ^{ns}		6,60 **
Bloco	3	0,32 *		0,14 ^{ns}
Resíduo	27	0,05		0,48
Total	39			
(%)		9,5		28,9
Média geral		2,3		2,4
GL				

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Já no 2º ano de cultivo a absorção de P (número absoluto) proveniente do fosfato natural de Arad foi ligeiramente maior. Esse fato deve-se, provavelmente, ao maior

aproveitamento do P não lábil disponível no solo ocasionado pela resposta mais lenta do fosfato natural de Arad quando aplicado no sulco da semeadura no 1º ano de cultivo.

Quanto ao efeito das doses de P₂O₅ utilizadas, ocorreu um acréscimo no teor de P foliar, ajustando-se os dados ao modelo linear no 1º e 2º anos de cultivo.

Valderrama et al. (2011) constataram que o aumento das doses de P aplicadas ao solo (0,0, 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅), influenciaram significativamente o teor de P foliar, ajustando-se à equação quadrática, com ponto de máxima sendo alcançado com a estimativa de aplicação de 127 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Prado et al. (2001), trabalhando com doses (0,0, 45,0, 67,5, 90,0, 112,5, e 135,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e modos de aplicação de P no milho, também observaram efeito positivo para os teores de P foliar.

Tabela 7: Médias do teor de P das fontes (F) e doses (D) no tecido foliar do milho no período de florescimento no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D \ F	Teor P - Tecido foliar			Teor P - Tecido foliar		
	g kg ⁻¹		Médias	g kg ⁻¹		Médias
	1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
	SFT	FNA	SFT	FNA		
0	1,9 cA	1,8 aA	1,9 b	1,5 cB	4,2 aA	2,9 a
40	2,3 bcA	2,2 aA	2,3 b	1,6 bcA	2,3 bA	1,9 b
80	2,4 abA	2,2 aA	2,3 b	1,8 bcA	1,5 bA	1,7 b
120	2,5 abA	2,1 aB	3,5 a	3,0 abA	2,0 bA	2,5 a
160	2,8 aA	2,2 aB	2,5 b	3,9 aA	1,9 bB	3,0 a
Médias	2,4 A	2,1 B		2,3 A	2,4 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si (p < 0,05).

A Figura 9, demonstra o efeito das doses de P₂O₅ sobre o teor de P no tecido foliar do milho no 1º ano de cultivo.

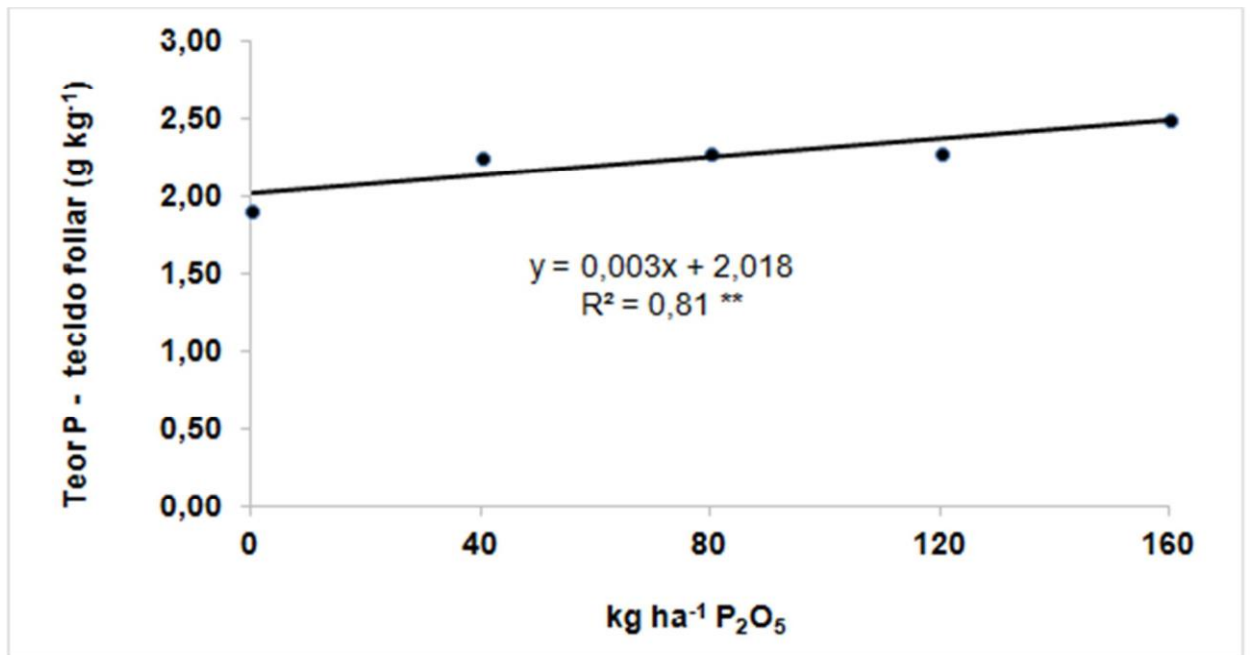


Figura 9: Efeito das doses de P_2O_5 sobre o teor de P no tecido foliar do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

Através da análise de regressão os resultados referentes ao 2º ano de cultivo tiveram comportamento linear (Figura 10).

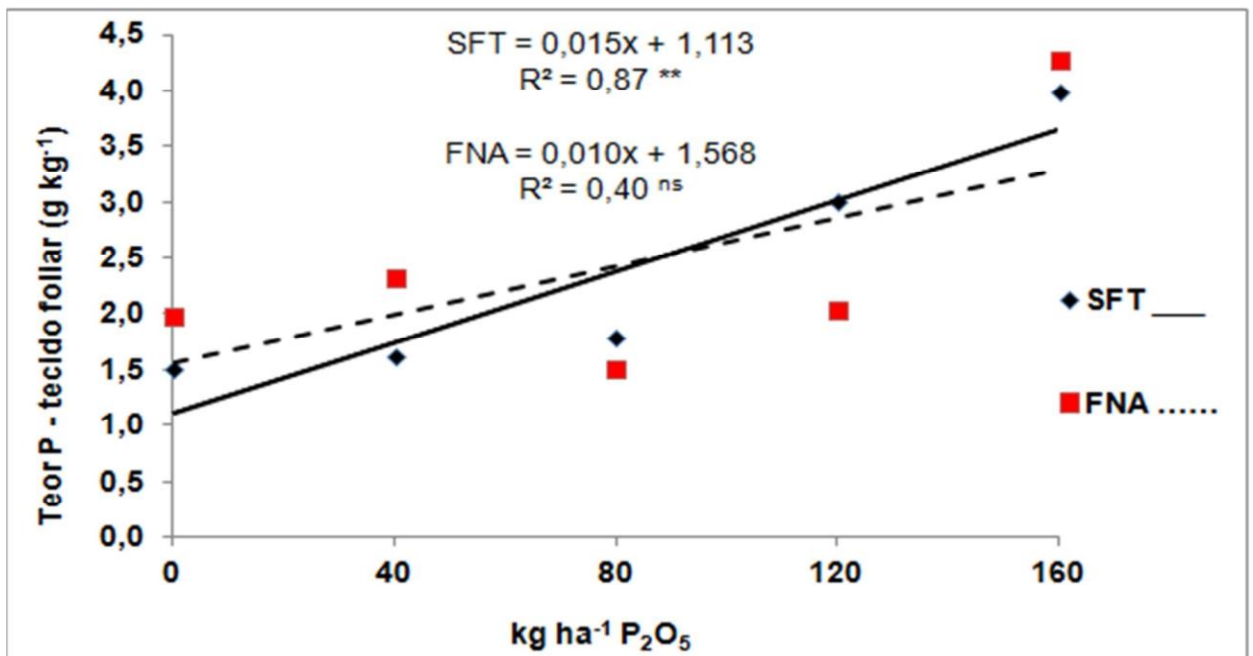


Figura 10: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre o teor de P no tecido foliar do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

4.5 Comprimento da espiga sem palha

O comprimento da espiga sem palha é decisivo na comercialização do milho verde. Portanto, é uma das variáveis analisadas que demonstra a capacidade de fornecimento de foto assimilados para o desenvolvimento da espiga e para o enchimento de grãos (VIEIRA, 2007). Esse componente de produção contribui muito pouco para a definição da produção quando o número de espigas presentes na área for pequeno.

Qualquer deficiência de água ou do micronutriente zinco pode resultar na qualidade e redução do comprimento das espigas (BARBOSA FILHO et al., 2002).

Entretanto, verifica-se que neste caso e em programas de melhoramento do milho visando o aumento do peso de grãos, deve-se considerar o comprimento e diâmetro da espiga, pois estes atuam indiretamente para o aumento do peso dos grãos (FANCELLI; DOURADO NETO, 1999).

Segundo Santos et al. (2005) e Moraes (2010) o comprimento das espigas recomendado para milho verde é de 15 cm ou maior, as quais não devem apresentar defeitos como mau enchimento de grãos, má formação dos grãos (granação) e, principalmente, defeitos causados por pragas e, principalmente, defeitos causados por pragas e enfermidades.

De acordo com a Tabela 8, não houve interação de fontes e doses de P pelo teste F ($p > 0,05$) no 1º e 2º anos de cultivo, porém, entre as doses de P utilizadas (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅), os resultados diferiram a 5 e 1 % no 1º e 2º anos de cultivo, o que permite assegurar que a aplicação de P na semeadura é indispensável para propiciar resultados satisfatórios de comprimento e produção de espigas de milho verde e grãos ao final de cada ano de cultivo. A fonte apresentou diferença significativa a 1% de probabilidade somente no 1º ano de cultivo.

O comprimento médio da espiga para a fonte superfosfato triplo foi de 17,5 cm para o 1º ano de cultivo, estando ligeiramente superior aos resultados apresentados Santos et al. (2005) e por Moraes (2010) enquanto que o comprimento médio da espiga com o fosfato natural de Arad foi de 15,9 cm (Tabela 9).

O coeficiente de variação do comprimento da espiga foi de 8,5 e 8,0 % para o 1º e 2º ano de cultivo e o resultado da média geral correspondeu a 16,7 e 17,4 cm.

Albuquerque et al. (2008) observaram correlação positiva entre a altura de plantas e o comprimento médio das espigas, indicando que plantas de maior porte proporcionarão espigas maiores e mais pesadas.

Tabela 8: Resumo da análise de variância do comprimento da espiga sem palha e diâmetro da espiga do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

FV	GL	Comp. espiga sem palha		Diâm. espiga sem palha	
		1º ano cultivo	2º ano cultivo	1º ano cultivo	2º ano cultivo
Quadrados Médios					
Fontes (F)	1	23,64 **	2,21 ^{ns}	1,82 **	0,13 ^{ns}
Doses (D)	4	6,48 *	24,65 **	0,48 **	4,27 **
F x D	4	2,42 ^{ns}	1,98 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Bloco	3	1,70 ^{ns}	14,95 **	0,08 ^{ns}	1,24 *
Resíduo	27	2,06	1,96	0,09	0,39
Total	39				
CV (%)		8,5	8,0	7,4	15,6
Média geral		16,7	17,4	3,9	4,0

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 9: Médias do comprimento da espiga sem palha do milho com fontes (F) e doses (D) no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D \ F	Comprimento da espiga sem palha					
	1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
	SFT	FNA	Médias	SFT	FNA	Médias
0	16,3 aA	14,0 aB	15,2 b	15,5 bA	13,6 bA	14,5 b
40	17,0 aA	17,0 aA	17,0 ab	17,2 abA	16,9 aA	17,1 a
80	17,7 aA	16,4 aA	17,1 ab	18,1 abA	19,0 aA	18,6 a
120	18,0 aA	6,8 aA	17,4 a	18,3 abA	17,6 aA	18,0 a
160	18,6 aA	15,7 aB	17,2 ab	19,1 aA	18,8 aA	18,9 a
Médias	17,5 A	15,9 B		17,6 A	17,2 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Santos et al. (2005) relatam que as características de produção de espigas e comprimento da espiga apresentam altas correlações, mostrando que a seleção com base em comprimento de espiga tende a aumentar a produção de espigas.

O comprimento de espiga também apresenta alta correlação com o diâmetro de espigas. Santos et al. (2005) relatam a possibilidade de seleção de espigas de maior comprimento, quando se seleciona espigas com alinhamento de fileiras de formato retilíneo.

A superioridade do superfosfato triplo que resultou em maior comprimento da espiga (Tabela 9), deve-se muito provavelmente, a eficiência de solubilização e pode ser explicada pelo fato do fertilizante ter contribuído de forma mais eficaz no processo fotossintético, respiração e, conseqüentemente, na melhor interceptação do P ocasionada pela alongação das raízes no 1º ano de cultivo.

No 2º ano de cultivo o comprimento médio de espigas foi em valores absolutos, semelhante, independentemente da fonte utilizada e isto, provavelmente, deve ter ocorrido pelo aproveitamento do P disponibilizado no solo proveniente do fosfato natural de Arad aplicado na semeadura no 1º ano de cultivo.

No 1º ano de cultivo, ficou evidenciado através da análise de regressão que os resultados apresentaram comportamento quadrático (Figura 11), tendo resultado uma máxima eficiência estimada com a dose de $96,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 .

Para o 2º ano de cultivo a análise de regressão resultou em uma equação de comportamento linear (Figura 12).

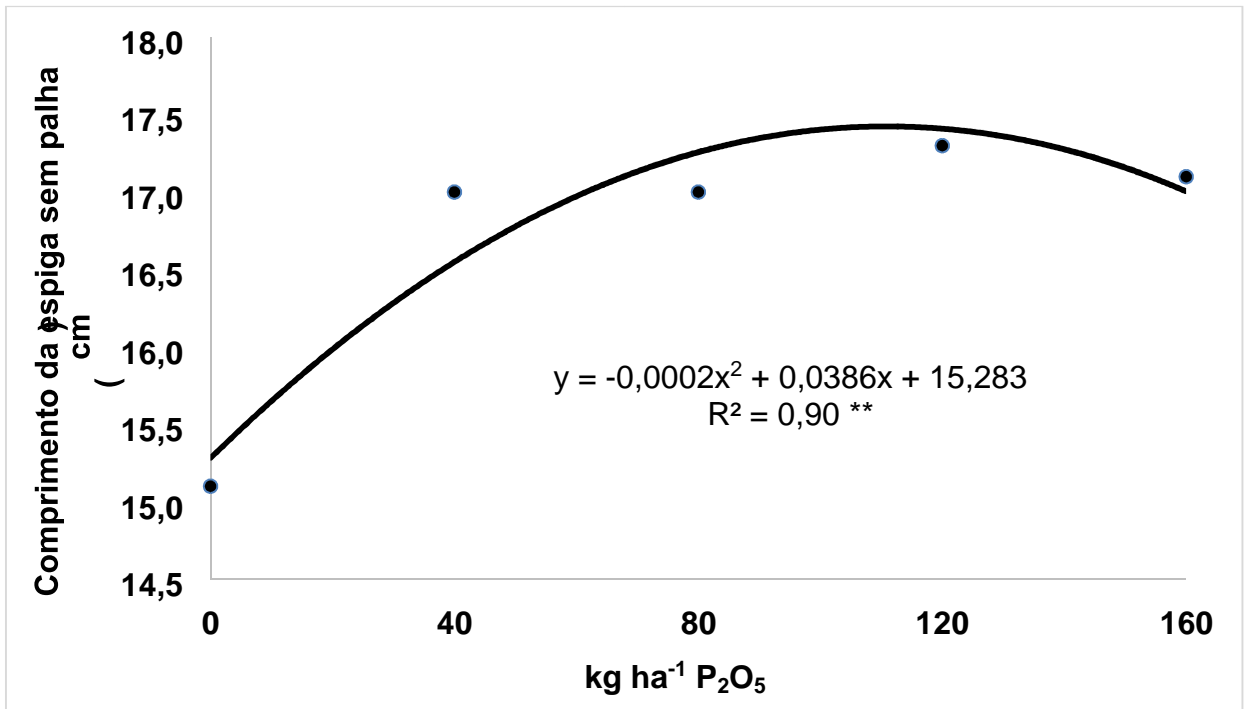


Figura 11: Efeito das doses de P_2O_5 sobre o comprimento da espiga sem palha de milho verde no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

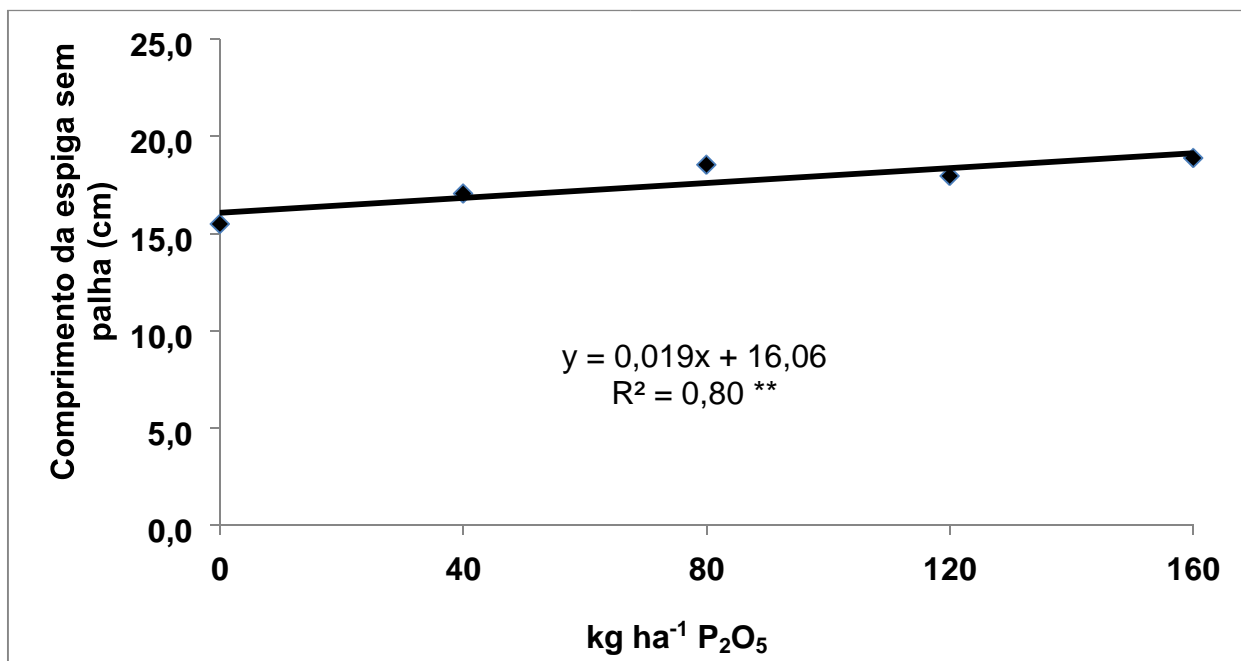


Figura 12: Efeito das doses de P_2O_5 sobre o comprimento da espiga sem palha de milho verde no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

4.6 Diâmetro das espigas sem palha

Albuquerque et al. (2008) relatam que diâmetro da espiga sem palha maior que 3,0 cm são padrões de espigas de milho verde para serem consideradas comerciais.

No 1º e 2º anos de cultivo as espigas de milho verde apresentaram diâmetro de 3,9 e 4,0 cm, portanto, adequado para os padrões de produção e comercialização para essa modalidade de consumo. Esses resultados são ligeiramente superiores ao diâmetro apresentado para espigas de milho verde por Albuquerque et al. (2008), cujo referencial é igual ou superior que 3,0 cm.

Oliveira Júnior et al. (2006), avaliando seis genótipos de milho para consumo *in natura*, concluíram que a média de 4,4 cm para o diâmetro de espigas é o ideal, portanto, resultado próximo ao encontrado no presente trabalho.

Não houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p > 0,05$) no 1º e 2º anos de cultivo para diâmetro da espiga (Tabela 8).

O considerável diâmetro da espiga desta pesquisa indica uma boa precisão experimental na avaliação desta variável, podendo-se inferir que o híbrido AG 1051 pode ser utilizado para produção de espigas de milho verde e grãos.

A Tabela 8, demonstra efeito significativo das doses pelo teste F ($p < 0,01$) para o 1º e 2º anos de cultivo e de fonte ($p < 0,01$) somente no 1º ano. Esses resultados devem-se, provavelmente, pelo melhor aproveitamento e eficiência de absorção do P disponível no solo, ocasionado pela maior solubilidade do superfosfato triplo.

Na Tabela 10, verifica-se que a fonte superfosfato triplo apresentou maior média quanto ao diâmetro da espiga de milho verde (4,19 cm) em relação ao fosfato natural de Arad (3,76 cm) no 1º ano de cultivo.

Tabela 10: Médias do diâmetro da espiga sem palha com fontes (F) e doses (D) de fósforo no milho referente ao 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D	F	Diâm. espiga s/ palha		Médias	Diâm. espiga s/ palha		Médias
		1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
		SFT	FNA		SFT	FNA	
0		3,67 bA	3,45 aA	3,56 b	3,08 bA	2,43 bA	2,76 b
40		4,06 abA	3,96 aA	4,01 a	4,17 abA	4,15 aA	4,16 a
80		4,22 abA	3,80 aA	4,01 a	4,30 abA	4,38 aA	4,34 a
120		4,43 aA	3,90 aB	4,16 a	4,33 abA	4,37 aA	4,35 a
160		4,57 aA	3,72 aB	4,15 a	4,54 a	4,61 a	4,58 a
Médias		4,19 A	3,76 B		4,09 A	3,98 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Para Sangoi (2001), a baixa densidade de plantas reduz a interceptação da radiação solar por área, mas favorece a interceptação da radiação por planta, que aliada à menor competição por água e nutrientes, parece favorecer o metabolismo celular de cada planta, com consequências positivas para a síntese de fotoassimilado em células de diversos tecidos que formam a espiga resultando em aumento do seu diâmetro.

As Figuras 13 e 14, demonstram que o diâmetro de espiga sem palha apresentou comportamento linear em função das doses de P_2O_5 no 1º e 2º anos de cultivo.

O resultado do 1º ano de cultivo deve-se a maior eficiência de solubilização do P disponibilizado no solo pelo superfosfato triplo e no 2º ano de cultivo, provavelmente, deve-se a resposta do fosfato natural de Arad aplicado no 1º ano de cultivo. Esses resultados já eram esperados, visto que a variável diâmetro de espigas é bastante influenciada de forma positiva pelas adubações fosfatadas (COBUCI, 1991).

O efeito significativo do P no diâmetro das espigas de milho para as doses, também foi constatado por Gomes et al. (2007).

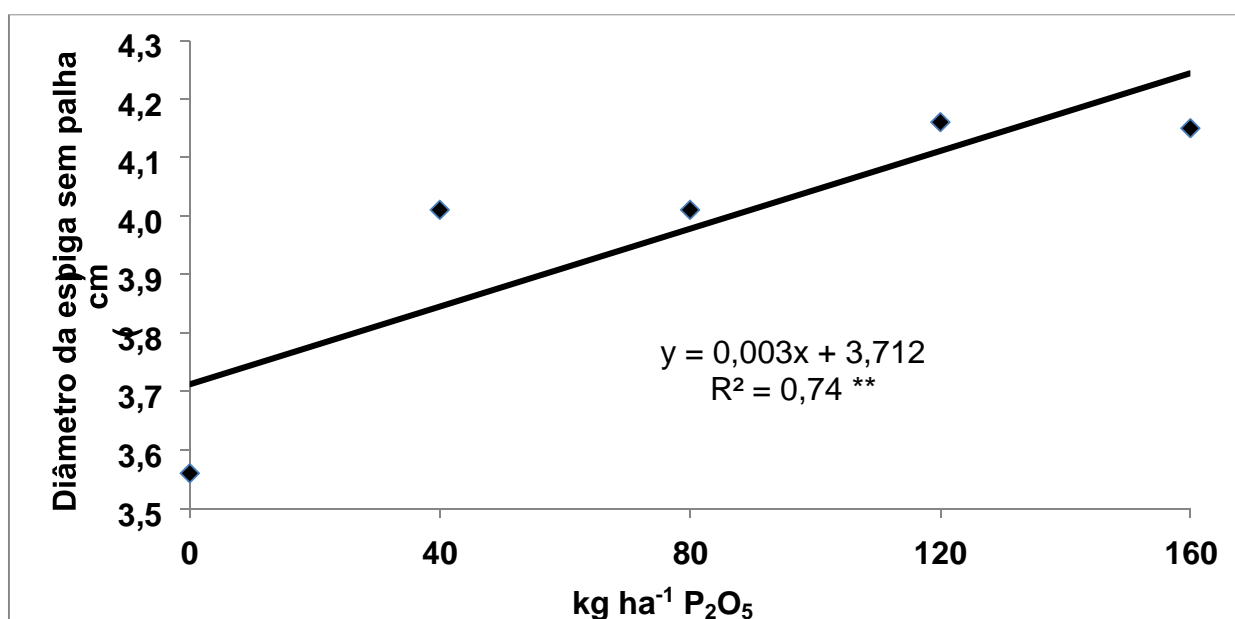


Figura 13: Efeito das doses de P_2O_5 sobre o diâmetro da espiga sem palha do milho verde no 1º ano cultivo em terra firme, Manaus, AM.

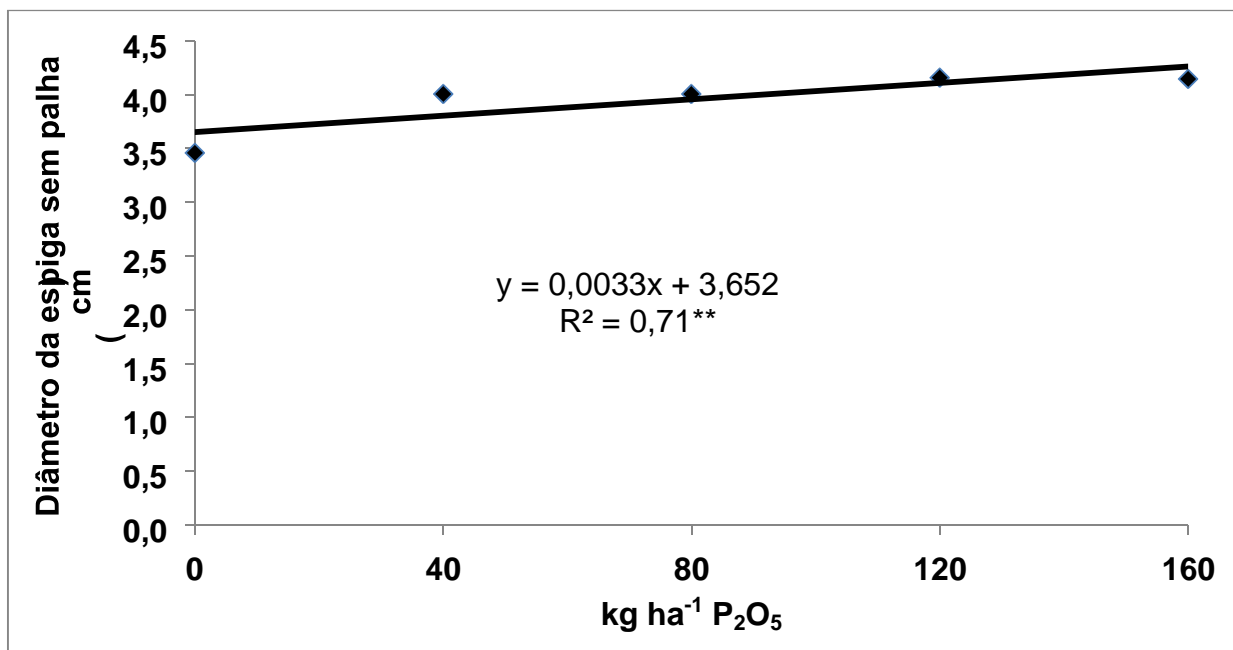


Figura 14: Efeito das doses de P₂O₅ sobre o diâmetro da espiga sem palha do milho verde no 2º ano cultivo em terra firme, Manaus, AM.

A variável diâmetro de espigas apresentou variação de 3,67cm com a dose 0,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ a 4,57 cm com a dose de 160,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para a fonte superfosfato triplo no 1º ano de cultivo.

A maior competição intraespecífica, assim como a dominância apical gerada no pendão, que leva à prioridade na drenagem de fotoassimilado e outras substâncias em maiores densidades de plantas, proporciona um menor crescimento e desenvolvimento das espigas, as quais se tornam menores, tanto em comprimento quanto em diâmetro conforme Argenta et al. (2001).

4.7 Espigas por hectare

Os coeficientes de variação para o 1º e 2º anos de cultivo foram de 13,8 e 4,9% e resultou numa média geral de 41.417 e 35.499 espigas de milho verde por hectare.

Quanto ao número de espigas por hectare houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p < 0,05$) no 1º e 2º anos de cultivo.

Houve significância para fonte pelo teste F ($p < 0,01$), exclusivamente, no 2º ano de cultivo e para dose houve significância pelo teste F ($p < 0,05$ e $p < 0,01$) no 1º e 2º anos de cultivo (Tabela 11).

Tabela 11: Resumo da análise de variância de espigas por hectare do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

FV	GL	Espigas ha ⁻¹	
		Quadrados médios	
		1º ano cultivo	2º ano cultivo
Fontes (F)	1	62500025,00 ^{ns}	284458649,07 ^{**}
Doses (D)	4	107283973,83 [*]	248803476,52 ^{**}
F x D	4	110339520,22 [*]	83754020,25 ^{**}
Bloco	3	434681050,97 ^{**}	7827042,03 ^{ns}
Resíduo	27	32554872,23	3144067,92
Total	39		
CV (%)		13,8	4,9
Média geral		41.417	35.499

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. **

Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Cardoso et al. (2004) observaram efeito significativo na produtividade média de espigas de milho verde, avaliando genótipos de polinização aberta.

O resultado da produção deve-se, provavelmente, as condições edafoclimáticas e, principalmente, as doses de P₂O₅ aplicadas no sulco de semeadura.

Na Tabela 12, pode se observar as médias das fontes (superfosfato triplo - SFT e fosfato natural de Arad - FNA) no 1º e 2º anos de cultivo.

Tabela 12: Médias de espigas comerciais por hectare com fontes (F) e doses (D) de fósforo no milho do 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D \ F	Espigas ha ⁻¹			Espigas ha ⁻¹		
	1º ano de cultivo		Médias	2º ano de cultivo		Médias
	SFT	FNA		SFT	FNA	
0	30.278 bB	40.000 aA	35.138 b	26.944 aA	25.000 aA	25.972 c
40	44.444 aA	38.333 aA	41.389 ab	43.611 aA	35.278 bB	39.444 a
80	43.889 aA	41.667 aA	42.778 ab	44.722 aA	29.444 bB	37.083 ab
120	48.611 aA	38.611 bB	43.611 a	36.389 aA	34.722 aA	35.555 b
160	46.111 aA	42.222 aA	44.167 a	39.166 aA	39.722 aA	39.444 a
Médias	42.667 A	40.167 A		38.167 A	32.833 B	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Houve resposta linear no número de espigas por hectare em função das doses de P_2O_5 , para as fontes superfosfato triplo e fosfato natural de Arad no 1º e 2º anos de cultivo (Figuras 15 e 16).

Os dados demonstrados no 1º ano de cultivo com as fontes (superfosfato triplo e fosfato natural de Arad) resultaram em equações de comportamento linear e, provavelmente, deve-se a maior eficiência de solubilização do P no solo, a maior velocidade de liberação do nutriente P adsorvido no solo ocasionado pelas condições edafoclimáticas e pelo efeito da competição solo/planta, pois segundo Novais e Smith (1999) a fixação do P pelos colóides do solo se dá de forma preferencial.

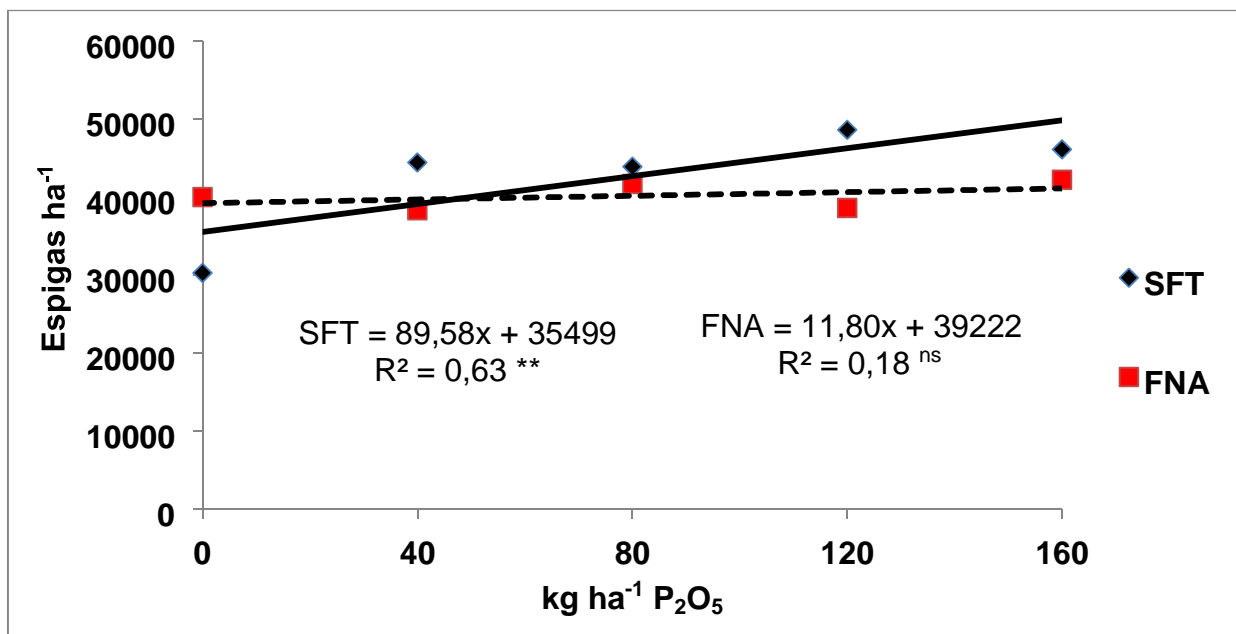


Figura 15: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre espiga por hectare do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

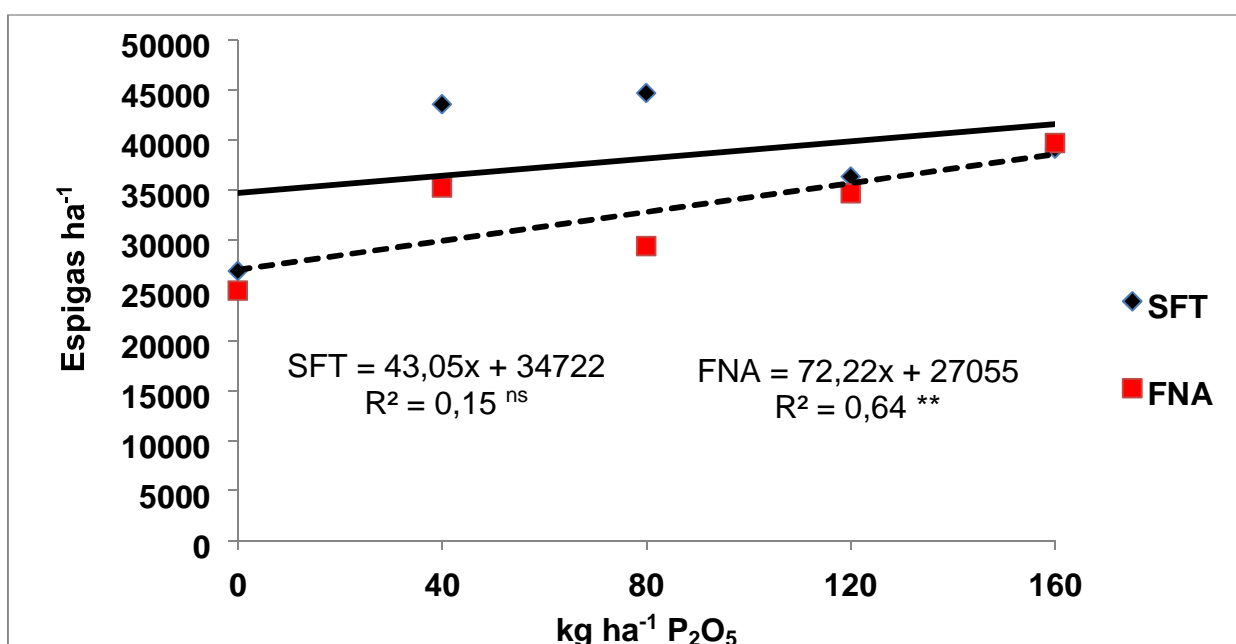


Figura 16: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre espiga por hectare do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

4.8 Espigas comerciais por hectare

Espigas de milho verde sem palha destinadas a comercialização devem apresentar boa aparência, pois para o mercado consumidor o peso é uma característica secundária, uma vez que é comercializada sem palhas e em bandejas de isopor.

São consideradas espigas comerciais sem palha aquelas com mais de 15,0 cm de comprimento (SANTOS et al., 2005) e Moraes (2010) e diâmetro igual ou superior a 3,0 cm (ALBUQUERQUE et al., 2008) que externamente não apresentem sinais de ataques de enfermidades ou pragas.

Não houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p > 0,05$) no 1º e 2º anos de cultivo, respectivamente, o mesmo ocorrendo entre doses e fontes (Tabela 13).

Os coeficientes de variação para o 1º e 2º anos de cultivo foram 16,9 e 36,6%, respectivamente.

Para o 1º ano de cultivo o coeficiente de variação foi considerado médio, enquanto que para o 2º ano de cultivo foi considerado alto (GOMES, 1990).

Considerando que o experimento foi conduzido em uma área onde no passado havia exploração de culturas anuais, pode-se conceber que os resultados obtidos possuem uma boa precisão experimental.

A média do número de espigas comerciais foi de 30.035 e 26.537 para o 1º e 2º anos de cultivo.

O percentual de espigas comerciais por hectare no 1º ano de cultivo em relação ao número de espigas por hectare foi de 72,1% com o superfosfato triplo e 72,9% com fosfato natural de Arad, enquanto que para o 2º ano de cultivo foi de 74,8% com o superfosfato triplo e 74,7% com fosfato natural de Arad. Esses resultados são considerados bons e compatíveis com o teor de P no solo.

Na Tabela 14, estão os resultados do teste de média (Tukey) para espigas comerciais de milho verde por hectare para o 1º e 2º anos de cultivo.

Tabela 13: Resumo da análise de variância de espigas comerciais por hectare do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

		Espigas comerciais ha ⁻¹		FV
		GL Quadrados Médios		
		1º ano cultivo	2º ano cultivo	
Fontes (F)	1	22151366,07 ^{ns}	160177769,35 ^{ns}	
Doses (D)	4	55945251,80 ^{ns}	170171626,73 ^{ns}	
F x D	4	68531998,82 ^{ns}	29501888,40 ^{ns}	
Bloco	3	222139982,57 ^{**}	53985869,34 ^{ns}	
Resíduo	27	25890636,19	94682051,77	
Total	39			
CV (%)		16,9	36,6	
Média geral		30.035	26.537	

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. **

Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 14: Médias de espigas comerciais por hectare com fontes (F) e doses (D) de fósforo do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D \ F	Esp. com. ha ⁻¹		Médias	Esp. com. ha ⁻¹		Médias
	1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
	SFT	FNA	SFT	FNA		
0	21.600	29.461	25.530	19.927	18.597	19.262
40	31.408	28.644	30.026	32.222	26.747	29.485
80	31.752	29.980	30.867	33.408	23.988	28.689
120	35.727	27.377	31.553	26.894	22.608	24.751
160	33.408	30.991	32.200	30.238	30.739	30.489
Médias	30.779	29.291		28.538	24.536	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

4.9 Matéria seca da parte aérea

O acúmulo de matéria seca é determinado pela assimilação de carbono. Esse elemento químico que não é consumido pela respiração aumenta o teor de matéria seca da planta, podendo ser destinado para o crescimento ou reserva. Entretanto, o processo de redução do carbono assimilado para constituição de moléculas formadoras de biomassa, tais como proteínas, lipídios e carboidratos são dependentes da energia capturada pelas folhas.

Na Tabela 15, está apresentada a análise de variância relativa à matéria seca da parte aérea do milho referente ao 1º e 2º anos de cultivo em terra firme em Manaus, AM.

Houve interação entre fontes e doses de fósforo no 1º e 2º anos de cultivo pelo teste F ($p < 0,01$).

Para as doses houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) no 1º e 2º anos de cultivo, respectivamente.

Quanto às fontes ocorreu significância, pelo teste F ($p < 0,01$), exclusivamente, no 1º ano de cultivo.

Na Tabela 16, onde está disponibilizada o teste das médias (Tukey), pode-se constatar que houve diferença entre as fontes, exclusivamente, no 1º ano de cultivo e que quanto às doses, ocorreu diferença nas doses correspondentes a 0,0 e 40,0 kg ha⁻¹

¹ P₂O₅ no 1º ano de cultivo com o superfosfato triplo, enquanto que com o fosfato natural de Arad não ocorreu diferença.

No 2º ano de cultivo não ocorreu diferença entre as fontes, porém entre as doses os resultados deferiram entre si com o superfosfato triplo. Com o fosfato natural de Arad as doses de 0,0 e 40,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ diferiram das demais doses utilizadas.

Provavelmente, não ocorreu diferença entre as fontes no 2º ano de cultivo, face ao aproveitamento do P disponibilizado as plantas pelo fosfato natural de Arad quando aplicado nos sulcos de semeadura no 1º ano de cultivo.

Segundo Heckrath et al. (1995) a mobilidade do P em um solo deverá aumentar com a saturação da superfície de adsorção, com a conseqüente diminuição da energia de ligação, o que proporciona maior dessorção de P do solo e o teor de argila é um dos

componentes que interferem na adsorção (NOVAIS, SMITH, 1999; SIMÕES NETO et al., 2009).

Tabela 15: Resumo da análise de variância da matéria seca da parte aérea do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

FV	Matéria seca da parte aérea			GL
	Quadrados médios			
		1º ano de cultivo	2º ano de cultivo	
Fontes (F)	1	3134426,59 **	134563,48 ^{ns}	
Doses (D)	4	1111018,15 *	3528527,94 **	
F x D	4	1389982,65 **	330588,34 **	
Bloco	3	2723914,23 **	62248,60 ^{ns}	
Resíduo	27	332735,51	61461,12	
Total	39			
CV (%)		16,2	6,6	
Média geral		3.518,8	3.776,8	

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. **

Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 16: Médias da matéria seca da parte aérea do milho com fontes (F) e doses (D) de fósforo no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D \ F	Mat. seca parte aérea		Médias	Mat. seca parte aérea		Médias
	1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
	SFT	FNA		SFT	FNA	
0	3.166,7 bA	3.159,7 aA	3.163,2	2.540,5 dB	3.168,8 bA	2.854,7 d
40	3.188,6 bA	3.524,3 aA	3.356,5	3.274,0 cA	3.420,0 bA	3.347,0 c
80	4.139,2 abA	3.738,4 aA	3.938,8	4.486,7 aA	4.012,6 aB	4.249,7 ab
120	4.851,4 aA	3.066,7 aB	3.959,0	3.824,6 bA	4.119,9 aA	3.972,3 b
160	3.797,7 abA	2.855,1 aB	3.326,4	4.468,2 aA	4.452,6 aA	4.460,4 a

Médias	3.828,7 A	3.268,8 B	3.718,8 A	3.834,8 A
---------------	-----------	-----------	-----------	-----------

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Houve resposta quadrática na produção de matéria seca da parte aérea em função das doses de P_2O_5 , com o superfosfato triplo e linear com a utilização do fosfato natural de Arad no 1º ano de cultivo (Figura 17), enquanto que no 2º ano de cultivo a resposta linear ocorreu tanto para superfosfato triplo quanto para o fosfato natural de Arad (Figura 18).

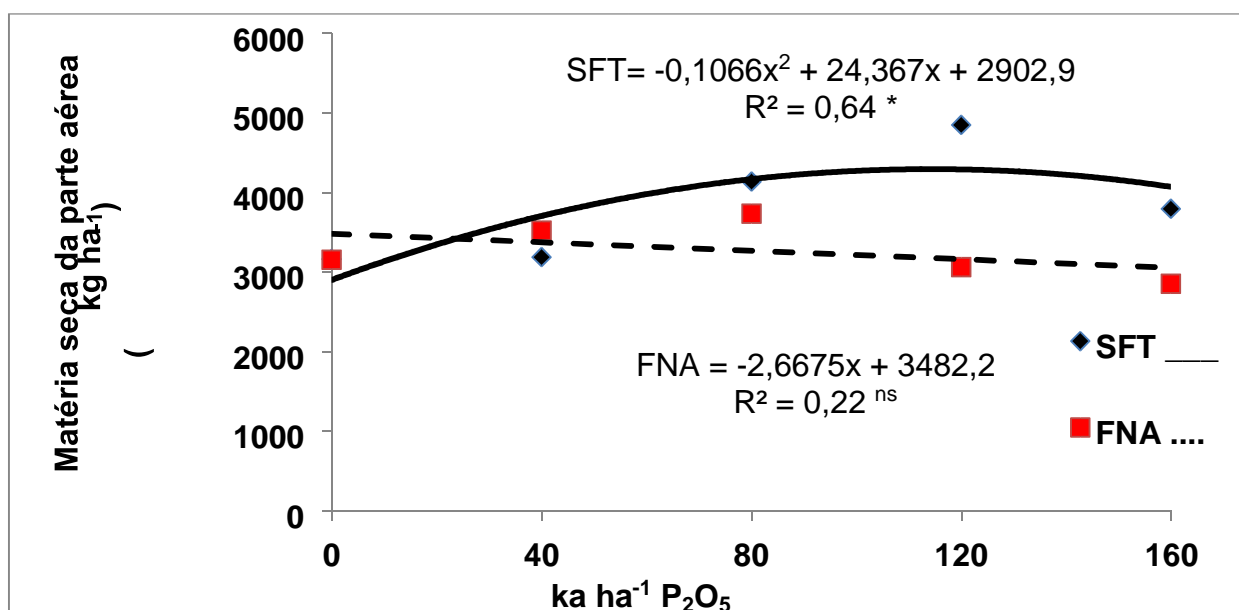


Figura 17: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre a matéria seca da parte aérea do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

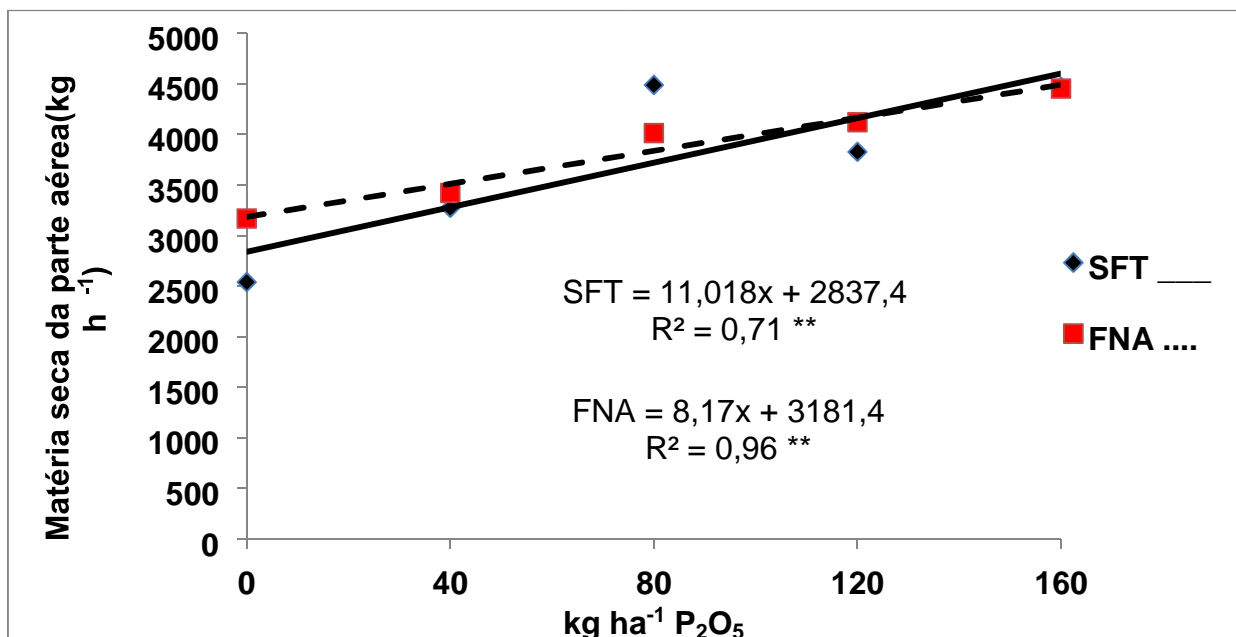


Figura 18: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 sobre a matéria seca da parte aérea do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

A máxima eficiência estimada foi observada para o 1º ano de cultivo na dose de $115,0\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 para a fonte superfosfato triplo que resultou em uma produtividade de $3.873,8\ kg\ ha^{-1}$ de matéria seca da parte aérea. Esse resultado expressou melhor resposta aos que foram obtidos por Lucena et al. (2000) que apresentou a máxima produção de matéria seca da parte aérea estimada com aplicação de $175\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 .

4.10 Produtividade de grãos

A produção de grãos na cultura do milho está diretamente ligada a uma série de caracteres que são denominados componentes de produção e é definida pelo número de espigas por planta, número de fileiras de grãos na espiga, número de grãos por fileira, peso médio do grão e número de plantas por área (BENTO, 2006).

O coeficiente de variação da produtividade de grãos foi de 6,5 e 3,3 % para o 1º e 2º ano de cultivo, respectivamente. Esses resultados indicam uma boa precisão do experimento com a cultura do milho, segundo Scapim et al. (1995).

A média geral quanto à produtividade no 1º e 2º anos de cultivo foi de $3.096,3$ e $4.355,8\ kg\ ha^{-1}$, respectivamente. Esses resultados são bem superiores à média estadual

de produtividade em ecossistema de terra firme de 2,5 ton ha⁻¹ segundo CONAB (2015), mesmo considerando os tratamentos sem aporte de adubação fosfatada.

No 1º e 2º anos de cultivo houve interação pelo teste F entre fontes e doses pelo teste F ($p < 0,01$), tendo o mesmo ocorrido com as doses, enquanto que com relação às fontes houve interação pelo teste F ($p < 0,01$) somente no 1º ano de cultivo (Tabela 17).

Tabela 17: Resumo da análise de variância da produção de grãos do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

FV		Produtividade de grãos		GL
		Quadrados médios		
		1º ano cultivo	2º ano cultivo	
Fontes (F)	1	19997353,74 **	54,36 ^{ns}	
Doses (D)	4	10015686,32 **	2131382,49 **	
F x D	4	1760753,03 **	1579576,73 **	
Bloco	3	18477,51 ^{ns}	44579,66 ^{ns}	
Resíduo	27	40389,66	21062,04	
Total	39			
CV (%)		6,5	3,3	
Média geral		3.096,3	4.355,8	

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, **
Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, ^{ns}
Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

Na Tabela 18, pode se observar que, muito embora tenha havido diferença entre as médias das fontes no 1º ano de cultivo, houve diferença entre as doses com o superfosfato triplo e fosfato natural de Arad no 1º e 2º ano de cultivo.

No 2º ano de cultivo, não houve diferença entre as médias das fontes, ocorrendo, portanto, diferença entre as doses.

Valderrama et al. (2011) não encontraram diferença de produtividade em milho irrigado, com plantio direto, em função da fonte ou dose de P aplicado, utilizando como tratamento o superfosfato triplo com revestimento polimerizado.

Os dados desse trabalho corroboram com os encontrados por Kaminski e Peruzzo (1997), que trabalhando com doses crescentes de P de diferentes fosfatos, em um solo com disponibilidade média de P e pH em água em torno de 5,5, encontraram incrementos na produção de grãos de milho com aumentos das doses de P_2O_5 , onde os mais altos rendimentos foram obtidos com o uso de fontes solúveis de P no 1º ano de cultivo. Isto indica que em solos com acidez moderada e disponibilidade média a baixa de P, os fosfatos solúveis aplicados na semeadura, são fontes mais adequadas de P, mas, segundo estes autores, em períodos mais longos, há um efeito compensatório dos fosfatos naturais reativos, conforme foi destacado por Rein et al. (1994).

Barreto e Fernandes (2002), em experimento a campo, com diferentes doses de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo, observaram incrementos na produção de grãos de milho até a dose de 155 kg ha^{-1} de P_2O_5 , aplicado no sulco de semeadura, que também apresentou efeitos negativos na produtividade com a elevação das doses.

No 1º ano de cultivo a produção maior observada com o superfosfato triplo deve-se provavelmente ao fato do P estar associado às características peculiares de solubilidade e da dinâmica de liberação de P de forma menos acentuada do fosfato natural de Arad.

A maior eficiência do fosfato natural de Arad ao longo do período experimental comprova o efeito residual benéfico a médio e longo prazo e a sua importância para as gramíneas, sugerindo que a fração não prontamente solúvel em água do fosfato natural de Arad estava sendo eficientemente aproveitada pelo milho. Resultado semelhante foi constatado por Franco (2003) e por Camargo e Silveira (1998), na cultura do milho.

Tabela 18: Médias da produção de grãos com fontes (F) e doses (D) de fósforo do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D	F	Produtividade de grãos		Médias	Produtividade de grãos		Médias
		1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
		SFT	FNA	SFT	FNA		
0		2.354,5 dA	1.377,5 dB	1.866,0 d	1.403,4 eB	2.576,8 cA	1.990,1 e
40		2.190,1 dA	1.878,2 cB	2.034,2 d	3.980,9 dA	2.655,9 cB	3.318,4 d
80		4.382,5 cA	3.016,0 bB	3.699,3 b	5.065,4 cA	5.185,6 bA	5.125,5 c
120		4.835,2 bA	1.974,1 cB	3.404,6 c	5.371,1 bA	5.458,1 bA	5.414,6 b
160		5.254,5 aA	3.700,4 aB	4.477,4 a	5.964,1 aA	5.896,7 aA	5.930,4 a
Médias		3.803,3 A	2.389,3 B		4.356,9 A	4.354,6 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Os fosfatos solúveis, ao disponibilizarem prontamente o P, têm apresentado bons resultados em diferentes formas de aplicação. Os fosfatos naturais apresentam, normalmente, menor eficiência, em especial no ano da aplicação nas culturas anuais, as quais apresentam alta demanda de P num curto espaço de tempo (GOEDERT et al., 1984; GOEDERT et al., 1986; GOEDERT et al., 1987; RAIJ, 1991; SOUSA et al., 2003).

A produtividade de grãos aumentou linearmente em função das doses de P_2O_5 no 1º e 2º anos de cultivo com o superfosfato triplo e fosfato natural de Arad (Figuras 19 e 20). Esses resultados deixam evidente a importância do P para uma satisfatória produtividade de milho e que a ausência deste elemento químico no solo de terra firme no estado do Amazonas é fator limitante para a produção de espigas de milho verde e grãos.

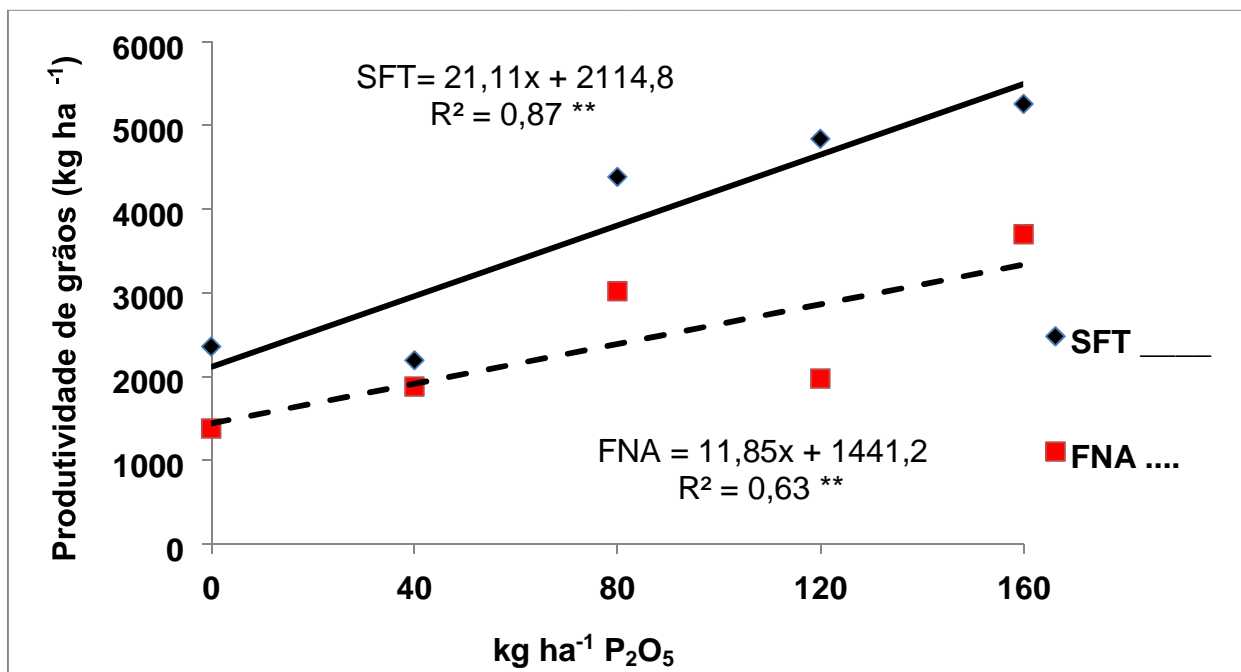


Figura 19: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre a produtividade de grãos do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

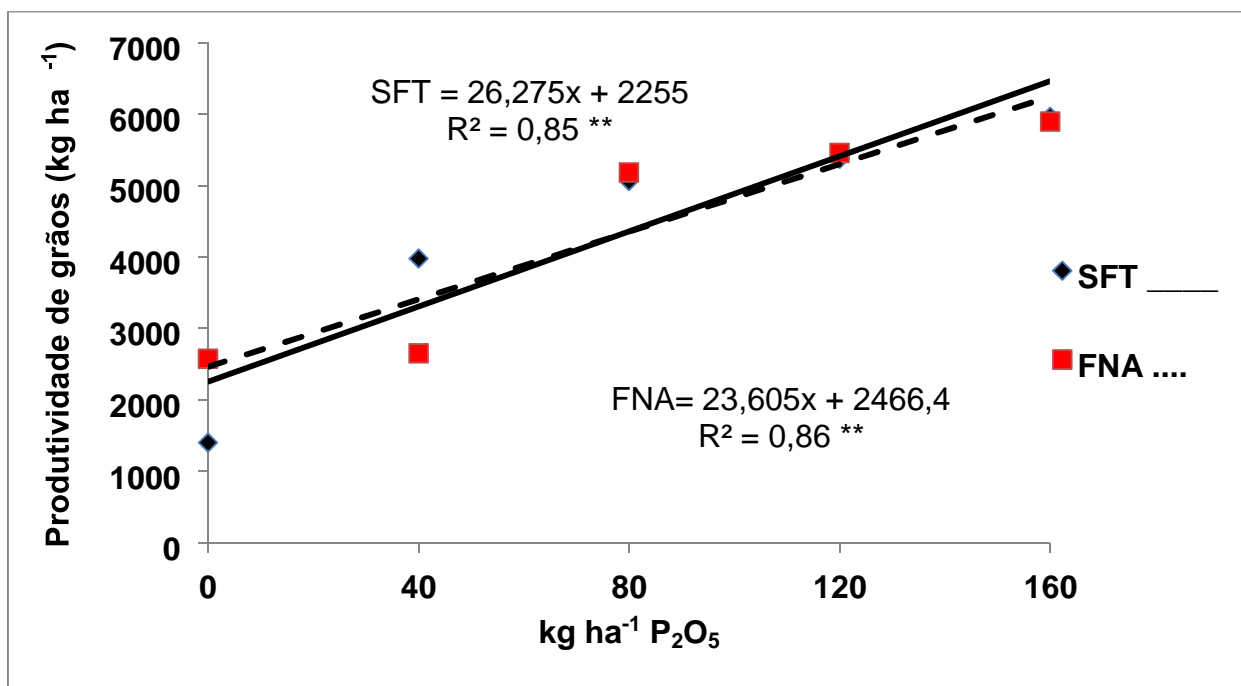


Figura 20: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre a produtividade de grãos do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

As doses de P em adubação de milho utilizando como fonte o superfosfato triplo convencional, em geral influenciam significativamente a produção de grãos de milho (SOUZA et al., 1998).

No presente trabalho, o teor inicial de P do solo antes do cultivo era de 3,0 e 2,0 mg dm⁻³, correspondente ao 1º e 2º anos de cultivo, portanto, baixo, o que justifica a maior resposta à fonte de maior solubilidade, neste caso, o superfosfato triplo.

Barreto et al. (2002), em experimento de campo, no município de Umbaúba - SE, trabalhando com um Argissolo Amarelo com pH em água de 5,5 e baixo teor de P, e utilizando diferentes doses de P₂O₅, observaram incrementos na produção de grãos de milho até a dose de 155 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo aplicado no sulco de semeadura.

Prado et al. (2001) observaram aumento linear na produtividade de milho, com o aumento das doses de P₂O₅ de 0 a 135 kg ha⁻¹ de P₂O₅, aplicadas em sulco de semeadura.

A adaptabilidade do híbrido AG 1051 permitiu responder aos fatores limitantes do ambiente e usufruir dos fatores favoráveis. Entretanto, o desempenho constante, demonstra a estabilidade do genótipo frente às condições ambientais no 1º e 2º ano de cultivo conforme Mariotti et al., (1976) e Borém et al.; (2009).

Segundo Schmild et al. (2011), a obtenção de altas produtividades não depende exclusivamente do potencial genético da cultivar, e sim da interação genótipo x ambiente.

A maior eficiência do fosfato natural ao longo do período experimental comprova o efeito residual benéfico a médio e longo prazo e a sua importância para o milho por ser uma cultura anual, sugerindo que a fração não prontamente solúvel em água do fosfato natural de Arad será eficientemente aproveitada pelo milho em semeaduras posteriores.

A maximização do potencial produtivo do milho em Latossolo depende da duração do período de interceptação da radiação solar incidente, da eficiência de uso da radiação interceptada na fotossíntese e da distribuição adequada dos fotoassimilados produzidos para atender às diferentes demandas.

4.11 Conteúdo de P nos grãos

Quanto ao conteúdo de P nos grãos houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p < 0,01$) no 1º e 2º anos de cultivo.

Para as doses houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) no 1º e 2º anos de cultivo. Com as fontes houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) exclusivamente no 1º ano de cultivo (Tabela 19).

Tabela 19: Resumo da análise de variância do conteúdo de P nos grãos do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

FV	Conteúdo P nos grãos			GL
	Quadrados médios			
	1º ano cultivo	2º ano cultivo		
Fontes (F)	1	241,82 **	16,93 ns	
Doses (D)	4	170,42 **	130,33 **	
F x D	4	23,63 **	19,46 *	
Bloco	3	6,03 ns	4,44 ns	
Resíduo	27	5,34	6,01	
Total	39			
CV (%)		20,8	20,0	
Média geral		11,1	12,3	

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. **
 Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.
 ns Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

A análise de regressão demonstra resposta linear para o conteúdo de P nos grãos para as doses de P₂O₅ avaliadas no 1º e 2º anos de cultivo (Figuras 21 e 22).

Tabela 20: Médias do conteúdo de P nos grãos com fontes (F) e doses (D) de P do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D \ F	Conteúdo P grãos		Médias	Conteúdo P grãos		Médias
	1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
	SFT	FNA	SFT	FNA		
0	7,8 cA	4,5 bA	6,2 c	4,7 cB	10,4 abA	7,6 c
40	7,5 cA	6,4 bA	6,9 c	10,1 bA	7,71 bA	8,8 c
80	15,6 bA	12,3 aA	13,9 ab	12,3 bA	12,3 abA	12,8 b
120	16,3 abA	6,6 bB	11,4 b	13,5 abA	16,3 aA	14,8 ab
160	20,6 aA	13,5 aB	17,0 a	17,6 aA	16,9 aA	17,2 a
Médias	13,6 A	8,6 B		11,6 A	12,9 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si (p < 0,05).

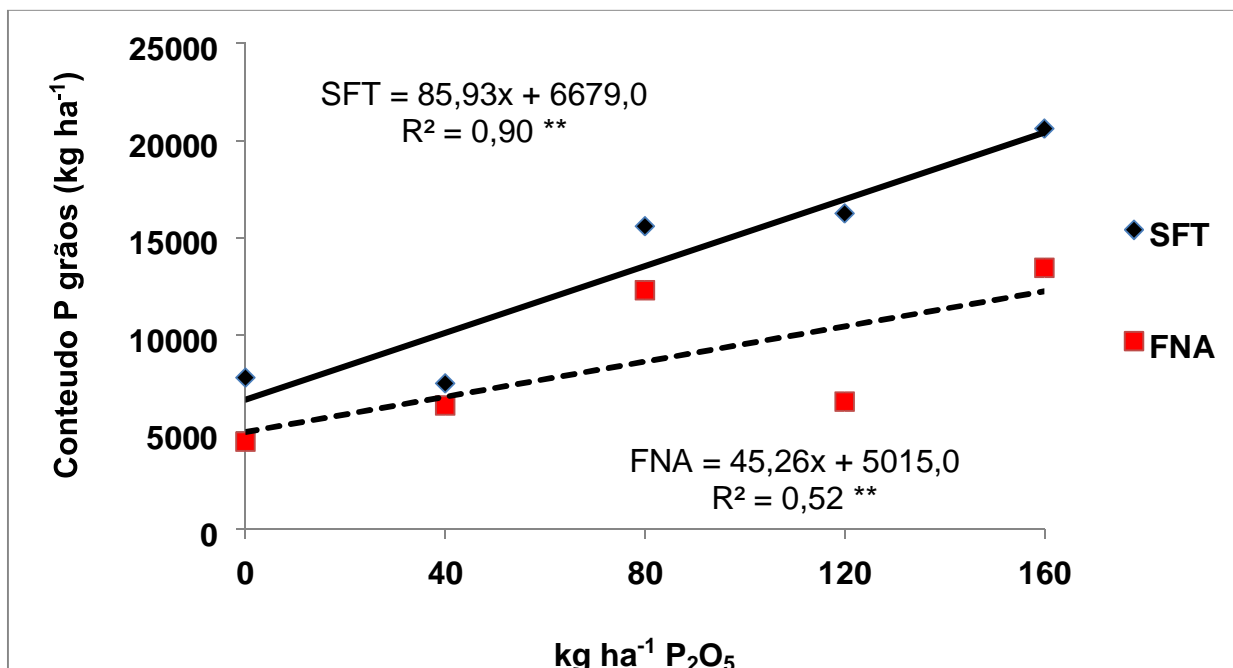


Figura 21: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre o conteúdo de P nos grãos do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

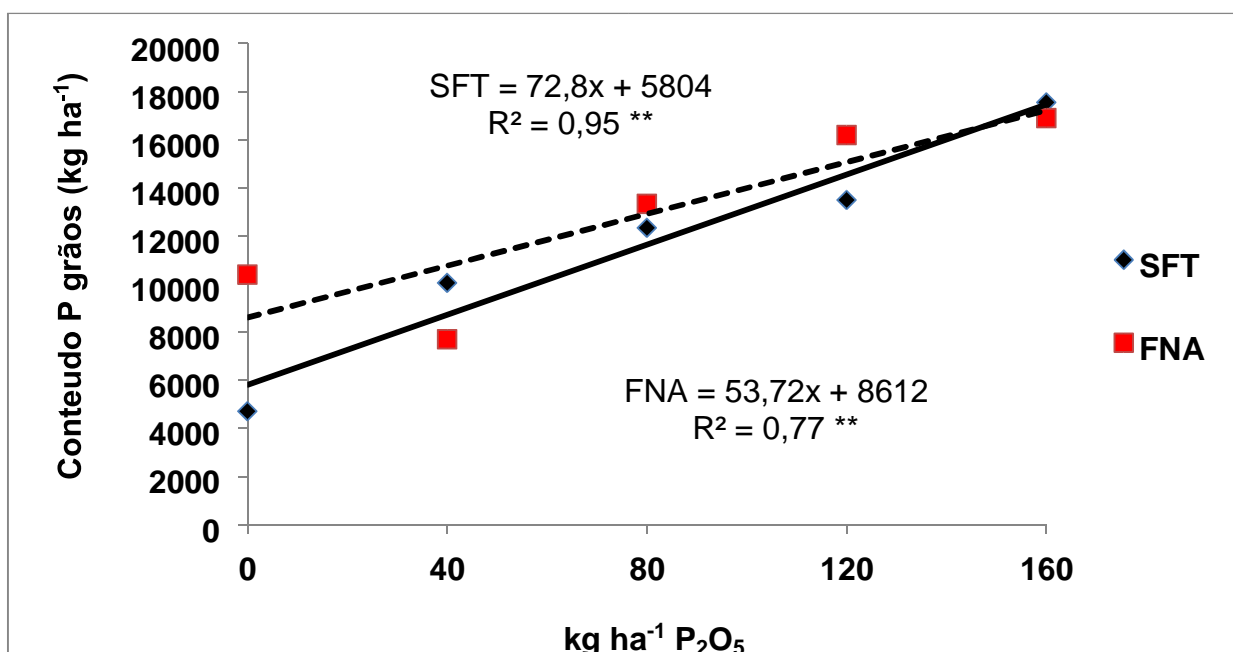


Figura 22: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre o conteúdo de P nos grãos do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

4.12 Conteúdo de P parte aérea

O P absorvido após a polinização é necessário para a síntese de carboidratos que irá assegurar o potencial de rendimento das plantas, sendo ambos transportados para os grãos (JONES et al., 1992).

Além do envolvimento no metabolismo do carbono, o P está ligado ao metabolismo dos lipídeos e das proteínas (MARSCHNER, 1995) que são armazenados nos grãos. A falta do nutriente no milho provoca a formação de espigas defeituosas, tortas e com falhas nas fileiras de grãos, além de propiciar atraso no processo de maturação e espigas desuniformes.

O fluxo de P entre as partes da planta depende da demanda dos órgãos que constituem os drenos e da capacidade de suprimento daqueles que representam as fontes. Mudanças nessa relação fonte/dreno, refletidas pelos conteúdos de P nas partes das plantas, podem relacionar-se com a eficiência de absorção e utilização de P.

As condições de fertilidade do solo e disponibilidade adequada de nutrientes e água no ambiente deste experimento maximizaram o potencial produtivo do milho avaliado, que alcançou bons níveis de produtividade, com as doses de P aplicadas na semeadura.

Quanto ao conteúdo de P da parte aérea houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p < 0,01$) somente no 1º ano de cultivo.

Para as doses houve significância pelo teste F ($p < 0,05$) no 1º e 2º anos de cultivo (Tabela 21). Entre as fontes não houve significância pelo teste F ($p > 0,05$) no 1º e 2º anos de cultivo.

Segundo Novais e Smith (1999), quanto mais P disponível no solo maior será o gradiente de concentração deste elemento ocasionando, portanto, aumento no conteúdo de P na parte aérea. Quando se aumentou a dose de P_2O_5 no solo, ocorreu aumento do coeficiente de difusão do elemento devido à saturação progressiva da superfície da adsorção, o que resultou no aumento da concentração de P na parte aérea, semelhante às observações de Miola et al. (1999), indicando que outros fatores do solo pouco interferiram na resposta das plantas à adubação fosfatada.

Tabela 21: Resumo da análise de variância do conteúdo de P parte aérea do milho cultivado em terra firme no 1º e 2º anos de cultivo, Manaus, AM.

FV	GL	Quadrados médios	
		1º ano cultivo	2º ano cultivo
Fontes (F)	1	0,58 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Doses (D)	4	1,91 *	1,06 *
F x D	4	2,93 **	0,59 ^{ns}
Bloco	3	2,02 *	0,90 *
Resíduo	27	0,62	0,28
Total	39		
CV (%)		24,3	27,9
Média geral		3.236	1.905

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. **

Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na Figura 23, está demonstrado o efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre o conteúdo de P parte aérea do milho no 1º ano de cultivo.

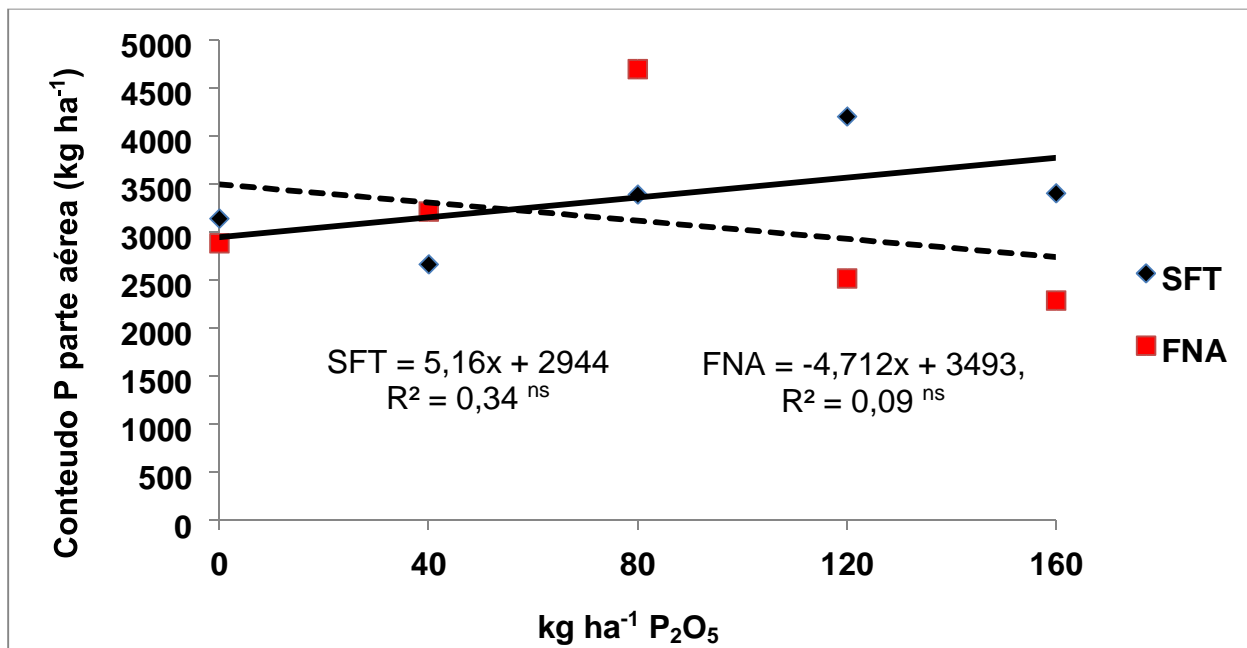


Figura 23: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre o conteúdo de P parte aérea do milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

Na Figura 24, está demonstrado o efeito das doses e fontes P₂O₅ no conteúdo de P parte aérea do milho no 2º ano de cultivo em terra firme em Manaus, AM.

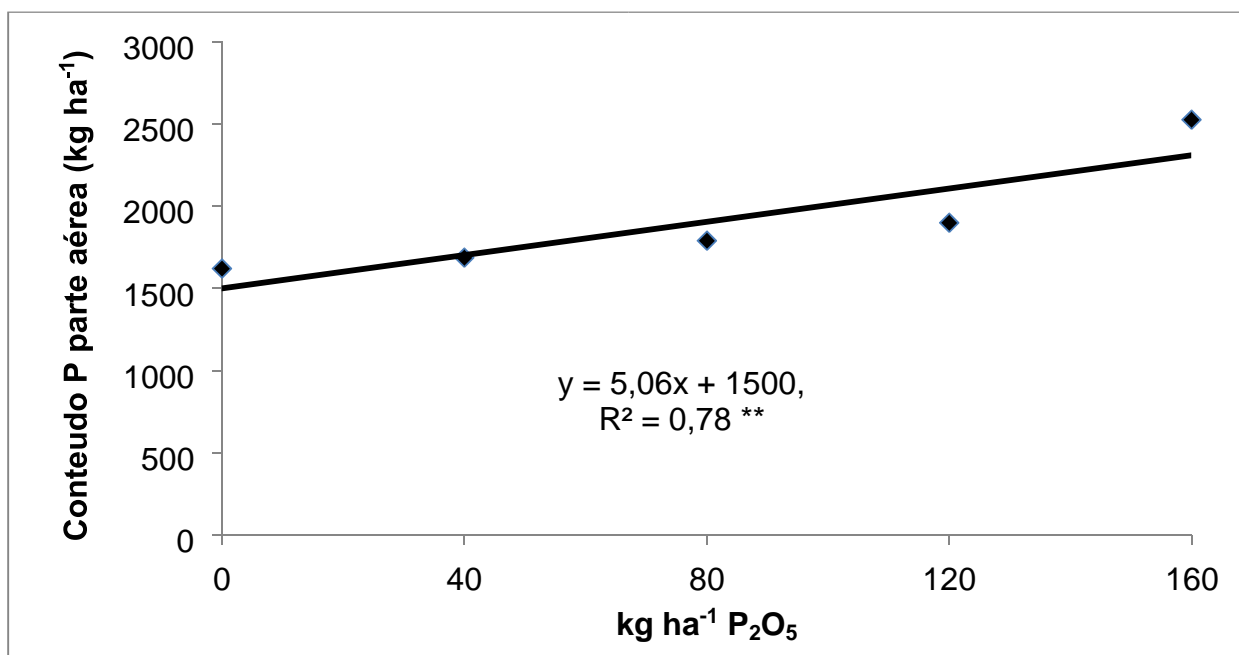


Figura 24: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre o conteúdo de P parte aérea do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

4.13 NP/NS - eficiência de absorção do nutriente pela planta

Conforme Tabela 22, houve interação entre fontes e doses pelo teste F ($p < 0,01$) no 1º e 2º anos de cultivo. Com as fontes houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) exclusivamente no 1º ano de cultivo. Para as doses houve significância pelo teste F ($p < 0,01$) no 1º e 2º anos de cultivo.

Na Tabela 23, estão disponibilizados os resultados do teste das médias referente à eficiência de absorção do nutriente pela planta no 1º e 2º anos de cultivo.

Tabela 22: Resumo da análise de variância da razão que avalia a eficiência de absorção do nutriente pela planta (NP/NS = kg de P acumulado na planta / kg de P aplicado do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

		NP/NS		
		Quadrados médios	FV	GL
		1º ano de cultivo	2º ano de cultivo	
Fontes (F)	1	0,013 **	0,001 ns	
Doses (D)	4	0,077 **	0,074 **	
F x D	4	0,002 **	0,002 **	
Bloco	3	0,001 ns	0,001 ns	
Resíduo	27	0,005	0,001	
Total	39			
CV (%)		15,9	16,9	
Média geral		0,143	0,142	

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, ** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, ns Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 23: Médias da eficiência de absorção do nutriente com fontes (F) e doses (D) de P no milho referente ao 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D	F	NP/NS		Médias	NP/NS		Médias
		1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
		SFT	FNA		SFT	FNA	
0		0,00 cA	0,00 cA	0,00 c	0,00 dA	0,00 dA	0,00 d
40		0,25 aA	0,24 aA	0,25 a	0,30 aA	0,23 aB	0,26 a
80		0,24 aA	0,21 aA	0,22 a	0,18 bA	0,19 abA	0,18 b
120		0,17 bA	0,08 bB	0,12 b	0,13 cA	0,15 bcA	0,14 c
160		0,15 bA	0,09 bB	0,12 b	0,12 cA	0,12 cA	0,12 c
Médias		0,16 A	0,13 B		0,15 A	0,14 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Os resultados relativos ao 1º ano de cultivo estão contemplados na Tabela 23, onde a eficiência de absorção do nutriente pela planta segundo as doses P_2O_5 aplicadas resultou nos seguintes níveis de absorção para o superfosfato triplo: 0,25 para a dose de 40 kg ha^{-1} ; 0,24 para 80 kg ha^{-1} , 0,17 para 120 kg ha^{-1} e 0,15 para 160 kg ha^{-1} de P_2O_5 , ou seja, para cada quilograma de P_2O_5 aplicado no solo a eficiência de absorção foi respectivamente de 25%, 24%, 17% e 15%.

Os resultados demonstrados possibilitam assegurar que até 80 kg ha^{-1} P_2O_5 disponibilizado no solo tendo o superfosfato triplo como fonte, maior será a eficiência de absorção pelo milho. Essa assertiva, provavelmente, é motivada pela adsorção do P aos colóides do solo, uma vez que, a capacidade de troca catiônica ficou comprometida por cátions potencialmente tóxicos como H^+ e Al^{3+} . A baixa capacidade de troca catiônica,

provavelmente, é resultante devido a pequena capacidade para reter cátions em forma trocável e nesse sentido, a correção de acidez e a adubação fosfatada deveria ter sido feita de forma parcelada para evitar perdas por lixiviação. O pH do solo atrelado ao teor de matéria orgânica, ao manejo da adubação, ao teor e tipo de argila e ao antagonismo do P com outros nutrientes, também pode ter contribuído para esse resultado.

No 1º ano de cultivo os resultados obtidos tendo como fonte o fosfato natural de Arad ajustaram-se a seguinte ordem: 0,24 para a dose de 40 kg ha⁻¹; 0,21 para a dose de 80 kg ha⁻¹; 0,08 para a dose de 120 kg ha⁻¹ e 0,10 para 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Esses resultados permitem assegurar que para cada quilograma de P₂O₅ aplicado no solo, a planta absorveu e acumulou, respectivamente, nos tecidos da parte aérea 24%, 21%, 8% e 10%, ou seja, até 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ disponibilizado no solo tendo o fosfato natural de Arad como fonte, maior será a eficiência de absorção pelo milho, resultado associado a adsorção do P aos colóides do solo.

Para o 2º ano de cultivo a eficiência de absorção do nutriente pela planta (kg de P acumulado na planta.kg⁻¹ de P aplicado⁻¹) ajustaram-se na seguinte ordem: 0,30 para a dose de 40 kg ha⁻¹; 0,18 para a dose de 80 kg ha⁻¹ e 0,13 para a dose de 120 kg ha⁻¹ e 0,12 para a dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ tendo como fonte o superfosfato triplo. Portanto, para cada quilograma de P aplicado no solo a planta absorveu e acumulou, respectivamente, nos tecidos da parte aérea 30%, 18%, 13% e 12%. Esse resultado possibilita assegurar que até 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ disponibilizado no solo tendo o superfosfato triplo como fonte, maior será a eficiência de absorção pelo milho.

Já com o fosfato natural de Arad os resultados ajustaram-se na ordem de 0,23 para a dose de 40 kg ha⁻¹ e 0,19 para a dose de 80 kg ha⁻¹, 0,15 para a dose de 120 kg ha⁻¹ e 0,12 para a dose de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Portanto, para cada quilograma de P aplicado no solo a planta absorveu e acumulou, respectivamente, nos tecidos da parte aérea 23%, 19%, 15% e 12%. Contudo, é possível assegurar que até 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ disponibilizado no solo tendo o fosfato natural de Arad como fonte, maior será a eficiência de absorção pelo milho.

A máxima eficiência estimada de absorção do nutriente pela planta foi obtida com o superfosfato triplo no 1º ano de cultivo e foi definido pela dose de 80,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e para o fosfato natural de Arad pela dose de 100,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 25).

No 2º ano de cultivo a máxima eficiência estimada de absorção foi obtida com o superfosfato triplo e fosfato natural de Arad foi definida pelas doses de 100,0 e 102,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 26).

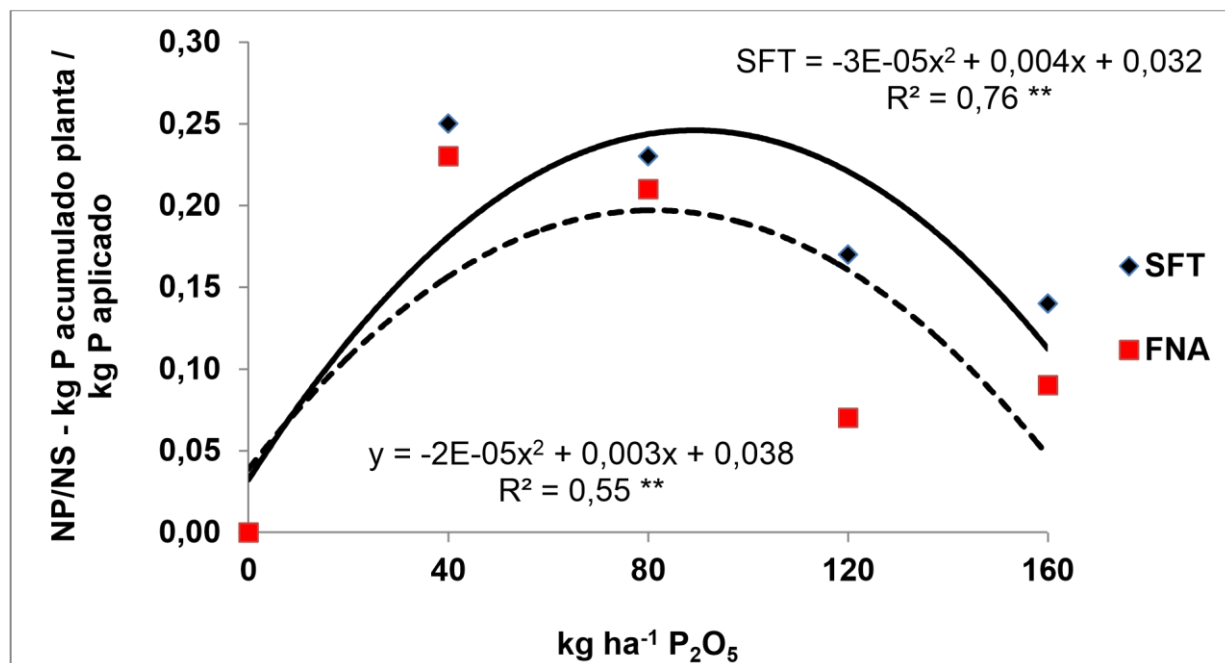


Figura 25: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ na eficiência de absorção do nutriente pelo milho no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM

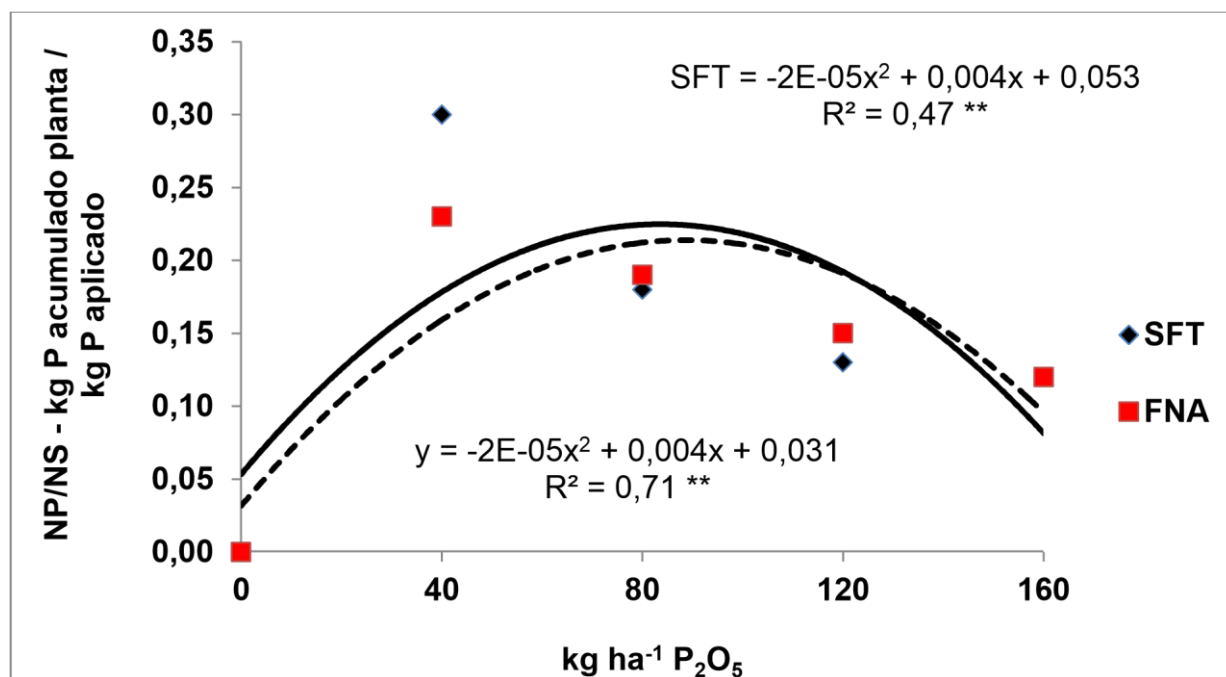


Figura 26: Efeito das doses e fontes de P_2O_5 na eficiência de absorção do nutriente pelo milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM

4.14 NG/NP - fração do total do nutriente na planta

De acordo com a Tabela 24, o coeficiente de variação foi de 6,1 e 4,6% e a média de 0,749 e 0,854 para o 1º e 2º anos, respectivamente.

Houve interação entre as fontes e doses pelo teste F ($p < 0,01$), exclusivamente, no 2º ano de cultivo.

Observa-se também na Tabela 24, que houve significância para as doses pelo teste F ($p < 0,01$) no 1º e 2º anos de cultivo, respectivamente.

Quanto às fontes ocorreu significância pelo teste F ($p < 0,01$), exclusivamente, no 1º ano de cultivo.

Na Tabela 25, encontram-se os resultados do teste das médias, onde pode ser constatado que houve diferença entre as médias das fontes utilizadas no 1º ano de cultivo.

Bolland e Bowden (1982) relatam que as fontes de P de elevada solubilidade em água são mais eficientes em curto prazo. Porém, é bastante reportado na literatura que essas fontes fosfatadas de elevada solubilidade, quando adicionadas aos solos tropicais ácidos, de alta capacidade de fixação de P, são rapidamente convertidas a formas indisponíveis às plantas, podendo ter sua eficiência diminuída ao longo do tempo (KORNDÖRFER et al., 1999 e GHOSAL et al., 2003).

Tabela 24: Resumo da análise de variância da razão que avalia a fração do total do nutriente na planta que é translocado para os grãos (NG/NP = kg de P acumulado nos grãos/kg de P acumulado na planta inteira) do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

		NG/NP		
		Quadrados médios		
		1º ano de cultivo	2º ano de cultivo	FV
				GL
Fontes (F)				
	1	0,049 **	0,005 ns	
Doses (D)				
	4	0,045 **	0,008 **	
F x D				
	4	0,003 ns	0,006 **	
Bloco				
	3	0,005 ns	0,003 ns	
Resíduo				
	27	0,002	0,001	
Total				
	39			
(%)				
		6,1	4,6	
Média geral				
		0,749	0,854	

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade, **
Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, ns Não
significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 25: Médias da fração do total do nutriente na planta com fontes (F) e doses (D) de P que é translocado para os grãos do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D	F	1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
		NG/NP		Médias	NG/NP		Médias
		SFT	FNA		SFT	FNA	
0		0,72 cA	0,61 cB	0,66 d	0,74 bB	0,86 aA	0,80 b
40		0,74 bcA	0,66 bcB	0,70 cd	0,83 aA	0,85 abA	0,84 ab
80		0,82 abA	0,72 bB	0,77 b	0,86 aA	0,89 aA	0,87 a
120		0,79 abcA	0,72 bB	0,76 bc	0,88 aA	0,89 aA	0,88 a
160		0,86 aA	0,86 aA	0,86 a	0,89 aA	0,85 aA	0,87 a
Médias		0,79 A	0,71 B		0,84 A	0,87 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Através da análise de regressão foi constatado que em relação às doses de P para a razão que avalia a fração do total do nutriente na planta que é translocado para os grãos (NG/NP) os resultados revelaram comportamento linear no 2º ano de cultivo (Figura 27).

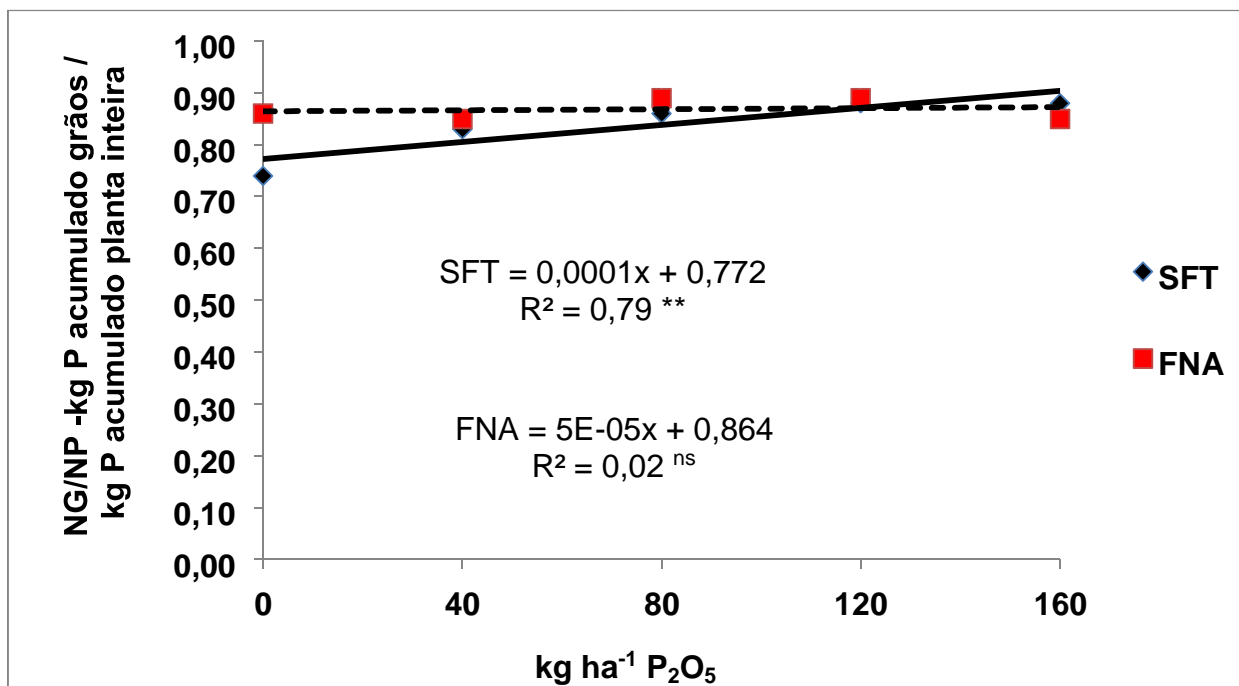


Figura 27: Efeito das doses e fontes de P₂O₅ sobre a fração do total do nutriente na planta que é translocado para os grãos do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

Os resultados relativos ao 1º ano de cultivo (Tabela 25) demonstram que a quantidade de P absorvido pela planta, segundo as doses aplicadas de P₂O₅, apresentaram os percentuais da fração do total do nutriente na planta que é translocado para os grãos definidos em 74%, 82%, 79% e 86% com o superfosfato triplo. Com a fonte fosfato natural de Arad, os percentuais de P deslocado para os grãos definidos em 66%, 72%, 72% e 86%. Esses resultados permitem assegurar que quanto maior a quantidade de P aplicado no solo maior será quantidade de P translocado para os grãos.

O superfosfato triplo foi mais eficiente na fração do total do nutriente na planta que é translocado para os grãos pelo milho no 1º ano de cultivo (Tabela 25), provavelmente, devido a maior solubilidade do P no solo absorvido pela planta.

Para o segundo ano de cultivo os resultados obtidos com o superfosfato triplo foram de 83%, 86%, 88% e 88%. Com o fosfato natural de Arad os resultados foram de 84%; 88%, 88% e 84%, e isso, provavelmente, deve-se ao fato da eficiência de solubilização do P no solo ocasionado pelo fosfato natural de Arad aplicado no solo da ocasião da semeadura do 1º ano de cultivo.

4.15 PG/NG - produção de grãos por unidade do nutriente

De acordo com a Tabela 26, o coeficiente de variação foi de 13,4 e 18,2%, e a média correspondeu a 289,93 e 359,34 para o 1º e 2º anos de cultivo, respectivamente.

Não houve interação entre as fontes e doses pelo teste F ($p > 0,05$) no 1º e 2º anos de cultivo.

Observa-se na Tabela 26, que houve significância pelo teste F ($p < 0,05$) para as doses no 2º ano de cultivo.

Na Tabela 27, encontram-se os resultados referentes ao teste das médias do 1º e 2º anos de cultivo, os quais não diferiram estatisticamente entre si (fontes), o mesmo ocorrendo entre as doses no 1º e 2º anos de cultivo.

Tabela 26: Resumo da análise de variância que avalia a produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos (PG/NG = kg de grãos.kg⁻¹ de P acumulado nos grãos sobre a quantidade de P suprido a partir do fertilizante fosfatado aplicado no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

FV	GL	PG/NG	
		Quadrados médios	
		1º ano cultivo	2º ano cultivo
Fonte (F)	1	2,47 ^{ns}	11704,27 ^{ns}
Doses (D)	4	2429,72 ^{ns}	16469,46 [*]
F x D	4	807,57 ^{ns}	1809,19 ^{ns}
Bloco	3	5075,54 [*]	2659,45 ^{ns}
Resíduo	27	1515,87	4280,03
Total	39		
CV (%)		13,4	18,2
Média geral		289,93	359,34

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 27: Médias da produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos com fontes (F) e doses (D) de P do milho referente ao 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

F	PG/NG			PG/NG		
	1º ano de cultivo		Médias	2º ano de cultivo		Médias
	SFT	FNA		SFT	FNA	
0	304,22 aA	307,94 aA	306,08 a	304,72 aA	265,49 aA	285,11 b
40	292,90 aA	297,90 aA	295,41 a	403,32 aA	350,33 aA	376,82 ab
80	288,05 aA	254,33 aA	271,19 a	417,32 aA	395,66 aA	406,49 a
120	301,27 aA	309,44 aA	305,08 a	406,50 aA	339,06 aA	372,78 ab
160	261,96 aA	281,29 aA	271,63 a	350,38 aA	360,66 aA	355,52 ab
Médias	289,68 A	290,18 A		376,45 A	342,23 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

Na Figura 28, está demonstrado o efeito das doses de P_2O_5 sobre produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos do milho do 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

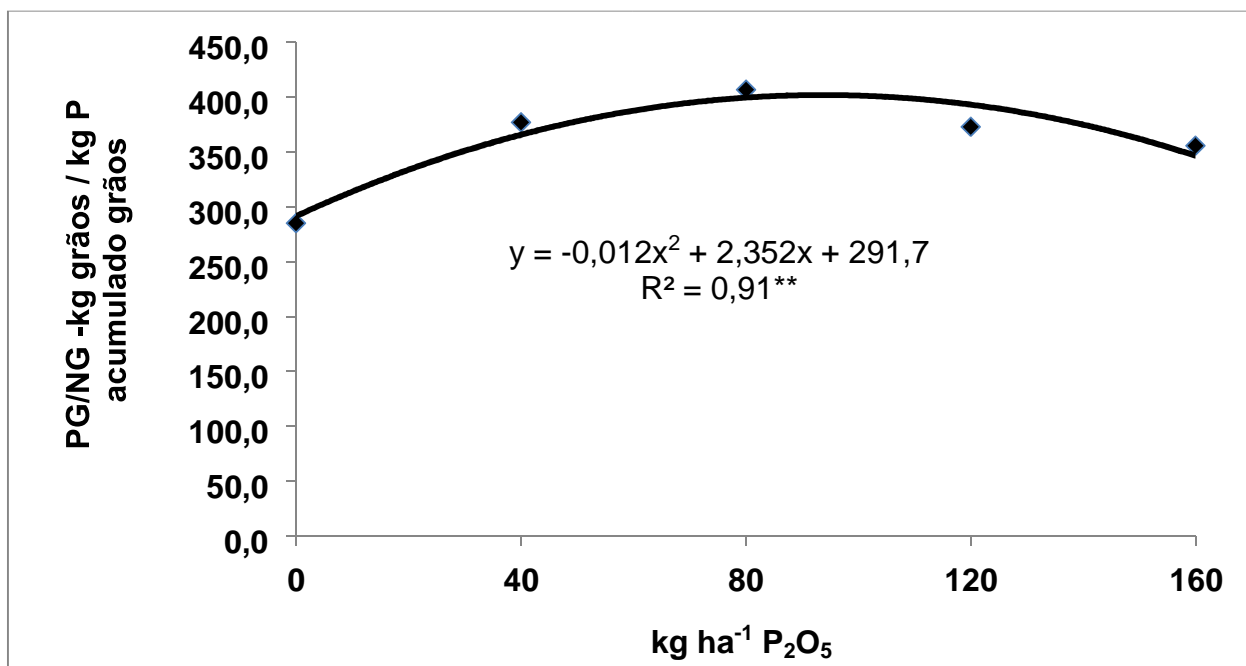


Figura 28: Efeito de doses e fontes de P_2O_5 sobre a produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos do milho no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

A máxima eficiência estimada de absorção de P para a produção de grãos por unidade do nutriente nos grãos foi obtida com a dose de $98,0\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . Esse resultado, muito provavelmente, é devido a máxima absorção do P pelas raízes, devido ser um fenômeno ativo, depende da energia (ATP) produzida durante a respiração, a qual é prejudicada por baixas temperaturas. Por sua vez, para que a absorção aconteça é necessário que haja o contato do P com as raízes, que se dá por difusão, cujo processo depende da umidade do solo que é um fator limitante.

4.16 PG/NP - eficiência de utilização do nutriente

O coeficiente de variação dessa relação foi correspondente a 13,6 e 15,8% que resultou em uma média de 216,29 e 306,45 para o 1º e 2º anos de cultivo, respectivamente.

Não houve interação entre as fontes e doses no 1º e 2º anos de cultivo (teste F, $p > 0,05$), porém houve significância entre fontes pelo teste F ($p < 0,05$) no 1º ano de cultivo. Quanto às doses houve significância pelo teste F ($p < 0,01$), somente no 2º ano de cultivo (Tabela 28).

Na Tabela 29, onde estão expressos os resultados dos testes das médias demonstra-se que houve diferença entre as médias das fontes de P utilizadas somente no 1º ano de cultivo. No 2º ano de cultivo houve diferença entre as doses.

Tabela 28: Resumo da análise de variância da eficiência de utilização do nutriente para a produção de grãos (PG/NP = kg de grãos. kg⁻¹ de P acumulado na planta) do milho cultivado em terra firme no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

FV	GL	PG/NP	
		Quadrados médios	
		1º ano de cultivo	2º ano de cultivo
Fontes (F)	1	3991,80 *	5017,60 ^{ns}
Doses (D)	4	1653,77 ^{ns}	18652,95 **
F x D	4	1257,35 ^{ns}	1166,81 ^{ns}
Bloco	3	3027,87 *	1380,43 ^{ns}
Resíduo	27	868,98	2331,99
Total	39		
CV (%)		13,6	15,8
Média geral		216,29	306,45

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. **

Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

^{ns} Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tabela 29: Médias da eficiência de utilização do nutriente para a produção de grãos com fontes (F) e doses (D) de P do milho referente ao 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D \ F	PG/NP		Médias	PG/NP		Médias
	1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
	SFT	FNA	SFT	FNA		
	0	217,23 aA	186,16 aA	201,69	226,52 bA	226,13 bA
40	215,84 aA	198,94 aA	207,39	336,01 aA	296,28 abA	316,13 a
80	235,01 aA	182,95 aB	208,97	358,87 aA	349,98 aA	354,42 a
120	238,15 aA	221,65 aA	229,90	357,06 aA	301,08 abA	329,07 a
160	225,18 aA	241,81 aA	233,49	309,79 abA	302,82 abA	306,30 a
Médias	226,28 A	206,30 B		317,65 A	295,25 A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

A máxima eficiência estimada para a razão PG/NP foi observada no 2º ano de cultivo na dose de 96,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Na Figura 29, está representado o gráfico de regressão da eficiência de utilização do nutriente para a produção de grãos no 2º ano de cultivo.

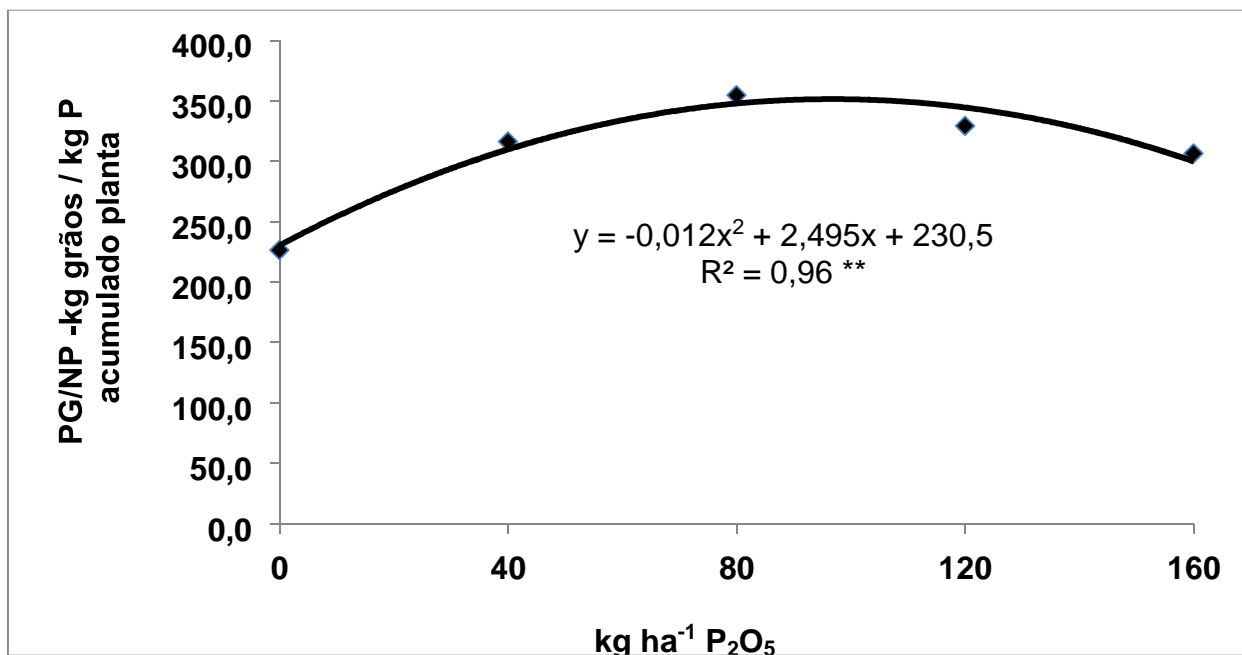


Figura 29: Efeito de doses e fontes de P₂O₅ na eficiência de utilização do nutriente para a produção de grãos no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

4.17 PG/NS - produção de grãos sobre a quantidade de p suprido

Para a produção de grãos sobre a quantidade de P suprido a partir do fertilizante fosfatado aplicado ocorreu interação significativa entre fontes e doses pelo teste F ($p < 0,01$) no 1º e 2º anos de cultivo.

Para as fontes e as doses ocorreu diferença pelo teste F ($p < 0,01$) no 1º e 2º anos de cultivo (Tabela 30).

O coeficiente de variação foi de 8,6 e 3,5% e média geral da relação PG/NS foi de 30,691 e 45,843 para o 1º e 2º anos de cultivo, respectivamente.

Tabela 30: Resumo da análise de variância que avalia a produção de grãos sobre a quantidade de P suprido a partir do fertilizante fosfatado aplicado (PG/NS = kg de grãos.kg⁻¹ de P aplicado) do milho no 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

FV	GL	PG/NS	
		Quadrados médios	
		1º ano cultivo	2º ano cultivo
Fonte (F)	1	1365,86 **	392,31 **
Doses (D)	4	3206,37 **	7778,10 **
F x D	4	166,23 **	452,04 **
Bloco	3	7,11 ns	452,04 ns
Resíduo	27	7,003	2,545
Total	39		
CV (%)		8,6	3,5
Média geral		30,691	45,843

* Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

** Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

ns Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

Na Tabela 31, estão expressos os resultados dos testes das médias em que se constata que houve diferença entre as médias das fontes no 1º e 2º anos de cultivo.

A máxima eficiência estimada de produção de grãos sobre a quantidade de P suprido a partir do fertilizante fosfatado aplicado foi obtida com o superfosfato triplo no 1º ano de cultivo na dose de 90,3 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e para o fosfato natural de Arad pela dose de 84,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto que no 2º ano a máxima eficiência estimada foi obtida na dose de 90,8 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com o superfosfato triplo e 95,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com o fosfato natural de Arad.

Tabela 31: Médias da produção de grãos sobre a quantidade de P suprido com fontes (F) e doses (D) de P a partir do fertilizante fosfatado aplicado no milho referente 1º e 2º anos de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

D \ F	PG/NS		Médias	PG/NS		Médias
	1º ano de cultivo			2º ano de cultivo		
	SFT	FNA		SFT	FNA	
	0	0,00 dA		0,00 eA	0,00 d	
40	54,75 aA	46,96 aB	50,86 a	99,52 aA	66,39 aB	82,96 a
80	54,78 aA	37,70 bB	46,24 b	63,32 bA	64,82 aA	64,07 b
120	40,29 bA	16,45 dB	28,37 c	44,76 cA	45,48 bA	45,12 c
160	32,84 cA	23,13 cB	27,98 c	37,27 dA	36,85 cA	37,06 d
Médias	36,53 A	24,85 B		48,97 A	42,71 B	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha para cada ano de cultivo e estágio de desenvolvimento, e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

As Figuras 30 e 31, demonstram os efeitos das doses de P_2O_5 no 1º e 2º anos de cultivo em relação a produção de grãos sobre a quantidade de P_2O_5 suprido a partir do fertilizante fosfatado aplicado, onde apresentaram resposta quadrática.

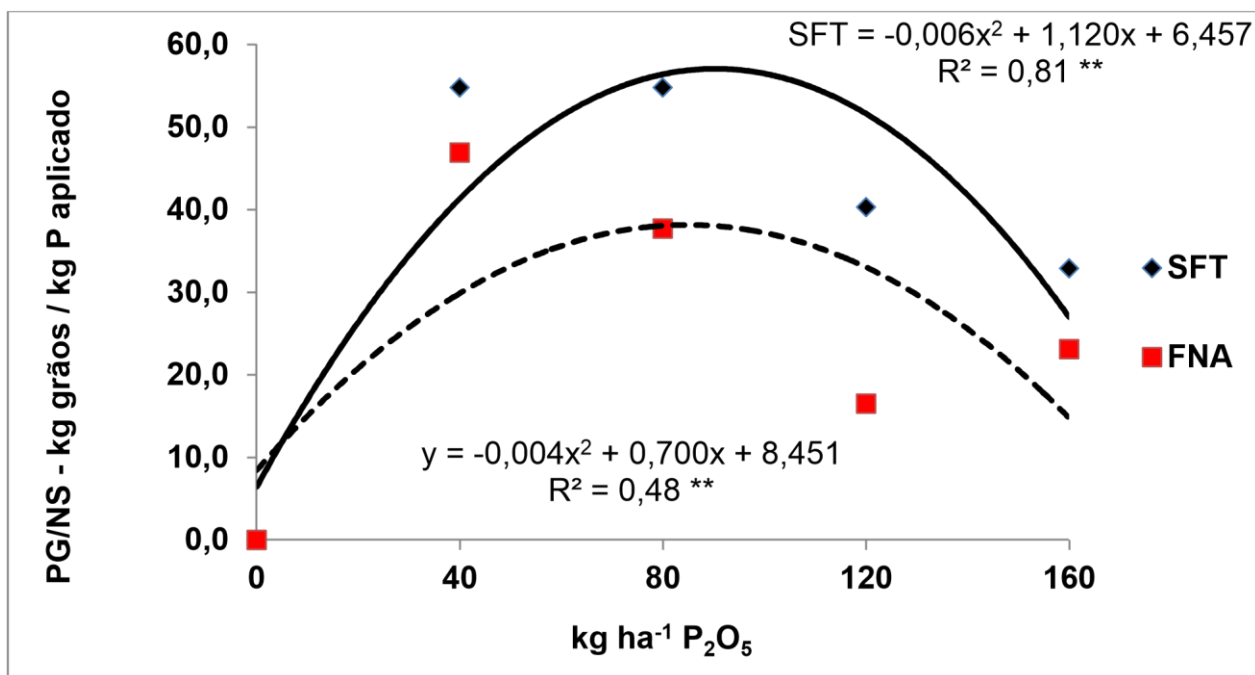


Figura 30: Efeito de doses e fontes de P_2O_5 na produção de grãos sobre a quantidade de P_2O_5 suprido a partir do fertilizante fosfatado no 1º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

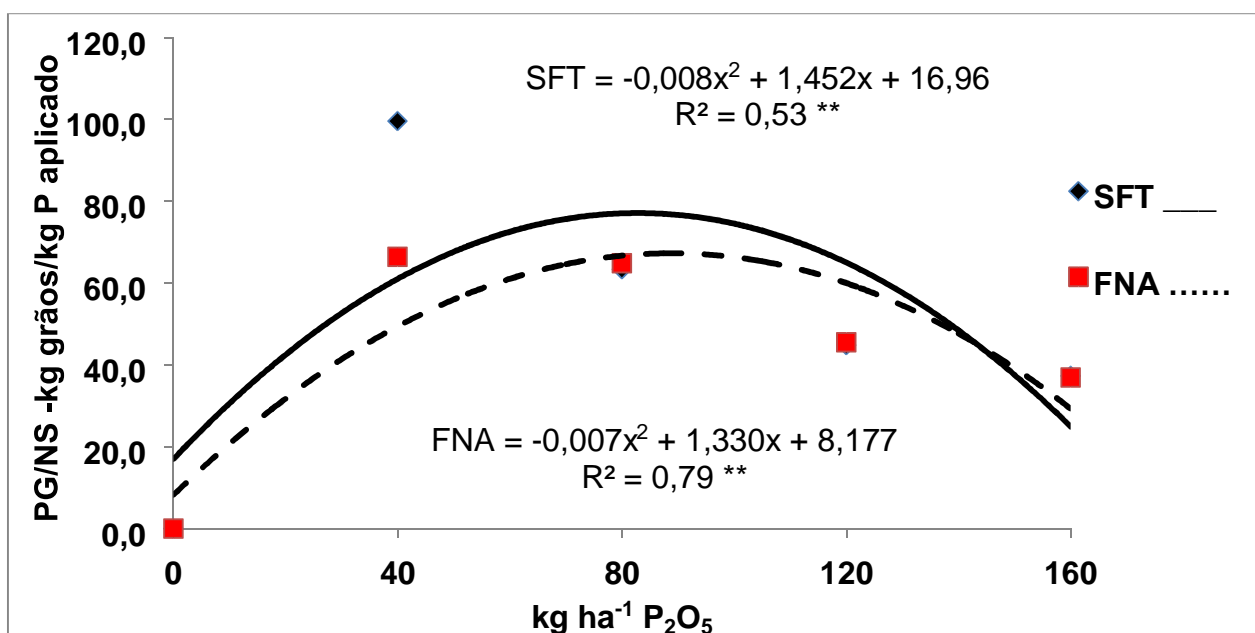


Figura 31: Efeito de doses e fontes de P_2O_5 na produção de grãos sobre a quantidade de P_2O_5 suprido a partir do fertilizante fosfatado no 2º ano de cultivo em terra firme, Manaus, AM.

CONCLUSÕES

- 1) O uso da adubação fosfatada, independente da fonte utilizada, foi eficiente em todas as variáveis avaliadas.
- 2) Nos dois anos de cultivo e nas duas fontes de P avaliadas a produtividade de grãos apresentou comportamento linear.
- 3) No 1º ano de cultivo a fonte de maior solubilidade (superfosfato triplo) proporcionou maior produtividade de grãos, porém, o fosfato natural de Arad apresentou desempenho semelhante com o tempo, equiparando-se à fonte mais solúvel no 2º ano de cultivo, provavelmente, devido ao pronunciado efeito residual.
- 4) A melhor dose de P_2O_5 definida para o número de espigas de milho verde sem palha produzida em Latossolo na região de Manaus, AM com vista à comercialização no 1º ano de cultivo foi de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 para a fonte superfosfato triplo e fosfato natural de Arad, enquanto que para o 2º ano de cultivo a melhor dose foi de 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 para a fonte superfosfato triplo e 160 kg ha^{-1} P_2O_5 para a fonte fosfato natural de Arad.
- 5) A eficiência do fosfato natural de Arad ao longo do período experimental pode comprovar o efeito residual do P no solo, o que é benéfico a médio e longo prazo se houver exploração continuada do milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, RENATA. Produtividade de híbridos de milho verdes experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 24, n. 2: p. 69-76, 2008.
- ANGHINONI, I. Phosphorus forms and availability in Brazilian tropical and sub-tropical soil under management systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHOSPHORUS DYNAMICS IN THE SOIL PLANT CONTINUUM, 10, 2006, Uberlândia. **Proceedings...** Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2006. p. 13-14.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F; SANGOI, L. **Arranjo de plantas em milho**: análise do estado da arte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 6, p.1075-1084, 2001.
- Barreto AC & Fernandes MF (2002) Produtividade e absorção de fósforo por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:151-156.
- BATAGLIA, O.C. Resposta à adubação fosfatada na cultura do café. In: Yamada, T.; Stipp. S.R.; Abdalla. **Fósforo na Agricultura Brasileira**. Piracicaba, SP, Potafós, 2004. Cap. 12, p.307-327.
- BENTO, D.A.V. **Mapeamento de QTLs para produção de grãos e seus componentes em uma população de milho tropical**. 2006. 134f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.
- BOLAN, N.S.; WHITE, R.E.; HEDLEY, M.J. A review of the use of phosphate rocks as fertilizers for direct application in Australia and New Zealand. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, Melbourne, v. 30, p. 297-313, 1990.
- BOLLAND, M.D.A.; BOWDEN, J.W. Long-term availability of phosphate e from calcined rock phosphate compared with superphosphate. **Australian Journal of Agricultural Research** 33, p. 1061–1071, 1982.
- BONSER, A. M.; Lych, J. P.; Sieglinde, S. Effect of phosphorus deficiency on grow thangle of basal roots in Phaseolus vulgaris. **New Phytologist**, v.132, p.281-288, 1996.
- BRASIL, Instrução Normativa nº 1, 07 de janeiro de 2000. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial da União**. Brasília – DF, 10/01/2000. Seção 1, Pág.54.
- CAMARGO MS & SILVEIRA RI. 1998. Efeito dos fosfatos naturais Alvorada, Catalão, Patos e Arad na produção de massa seca de milho em casa de vegetação. **Scientia Agrícola**, 55: 509-519.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p.45-47.

CARDOSO, M. J.; CARVALHO, H. W. L.; RIBEIRO, V. Q. Avaliação preliminar de cultivares de milho para produção de espiga verde em sistema agrícola familiar. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 35, n. 2, p. 406-409, 2004.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal**: fisiologia de cultivos. 1ª Ed. Editora Agrônoma Ceres, 2008. 864

CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; PAVINATO, A. Manejo da adubação. In: **Fertilidade do solo**. NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.) Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 851-872.

CHENG, P.C.; PAREDY, D.R. Morphology and development of the tassel and ear. In: FREELING, M.; WALBOT, V. **The maize handbook**. New York: Springer - Verlag, 1994. cap.3, p.37-47.

Chun L, Mi G, Li J, Chen F, Zhang F. 2005. Genetic analysis of maize root characteristics in response to low nitrogen stress. **Plant and Soil** **276**: 369-382.

COBUCCI, T. Efeitos de doses e épocas de aplicação em cobertura do adubo nitrogenado no consórcio milho-feijão. Viçosa, **Universidade Federal de Viçosa**, 1991. 94 p. (Tese de Doutorado em Fitotecnia).

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Produção brasileira de milho**.

Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

CONAB - (Companhia Nacional do Abastecimento). **Série histórica. Comparativo de área, produção e produtividade**. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>>. Acesso em: abril 2014.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, DF. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 28 abril 2015.

CONAB - **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, décimo segundo levantamento. Brasília, DF: CONAB, 2012. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 20 novembro 2013.

COOKE, G. W. Maximizing fertilizer efficiency by overcoming constraints to crop growth. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 10, n. 9/16, p. 1357- 1369, 1987.

CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J.; SOUZA, S. K. S. C.; FERRAZ, G. B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo e milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, p.218-224, 2008.

CRASWELL, E. T.; GODWIN, D. C. The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals growing in different climates. In: TINKER, P. B.; LAUCHLI, A. (Ed.). **Advances in plant nutrition**. New York: Praeger, 1984. p. 1-55.

CRAVO, M. S da.; BRASIL, E. M. **Recomendação de adubação e calagem para os solos**. In: CRAVO, M. S da.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p. 262.

CRUZ, J. C.; KONZEN, E.A.; FILHO, I. A. P.; MARRIEL, I.E.; CRUZ, E.; DUARTE, J.O.; OLIVEIRA, M.F.; ALVARENGA, R.C. **Produção de milho orgânico na agricultura Familiar**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 17p. (Embrapa-CNPMS, Comunicado Técnico, 81), 2006.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Manejo e tratos culturais. In: PEREIRA FILHO I. A. (Eds.). **O cultivo do milho verde**. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica. p. 31- 44, 2003a.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas**. In: NOVAIS, R.F. ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (ed.) **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 2007, 1017p.

DIOGENES, H.C. **Comportamento de cultivares de milho verde em ecossistema de várzea e terra firme no Estado do Amazonas**. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2011, 91p. (Dissertação de Mestrado).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro - RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Brasília: Embrapa. Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 1997. 212p.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Eco fisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000a. P. 21-54.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Gerenciamento da cultura de milho**. Piracicaba: LPV; ESALQ, departamento de Produção Vegetal, 1999.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000b. 360p.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils: an isotopic outlook. **Fertility Research**, v.45, p.91-100, 1996.

FERREIRA, D. A.; PEREIRA, H. S.; CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, M. H. S.; AGUIAR, C. T. Influência do pH na adsorção. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, 31, 2007, Gramado. **CD Rom....** Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

FILGUEIRAS, G. C.; FERREIRA, M. N. C.; SANTANA, A. C. **Análise do mercado e da concentração espacial da cadeia produtiva do milho na Amazônia.** Belém: Banco da Amazônia, 2007. 50p. (Estudos Setoriais, 5).

FORSTHOFER, E.L.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; SUHRE, E.; RAMBO, L. Desempenho fenológico e agrônomico de três híbridos de milho em três épocas de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1341-1348, 2004.

FRANCO, A. **Cana de açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça:** nitrogênio no sistema solo-planta, produtividade e características tecnológicas. 2003. 90p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2003.

GHOSAL, P.K.; CHAKRABORTY, T.; BHATTACHARYA, B.; BAGCHI, D.K. Relative agronomic effective ness of phosphate rocks and P adsorption characteristics of an Oxic Rhodustalf in E asternIndia. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Tóquio, v. 166, p. 750-755, 2003.

Goedert WJ & Lobato E (1984) Avaliação agrônômica de fosfatos em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 8:97-102.

GOEDERT, W.; SOUZA, D. M. G.; THOMAZ, A. R. **Princípios metodológicos para avaliação agrônômica de fontes de fósforo.** Planaltina: Embrapa, 1986

GOEDERT, W.J., SOUZA, D.M.G., LOBATO, E. In: _____. **Solos de cerrado: tecnologia e estratégias de manejo.** São Paulo: Nobel, 1987. p.129-166.

GONÇALVES. J.R.P.; DIOGENES. HC; ATROCH. AL; CHIA. G.S. **Genótipos de milho com potencial para comercialização no estágio verde de maturação no Estado do Amazonas.** Resumo. Fertibio 2012 Maceió, AL.

GRAHAM, R. D. Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: TINKER, P. B.; LAUCHI, A. (Ed.). **Advances in plant nutrition.** New York: Praeger, 1984. p. 57-102.

Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, DPE, COAGRO - **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, outubro 2009.

Heckrath, G. Brooks, P.C. Poulton, P.R. e Goulding, K.W.T. (1995). Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. **Journal of Environmental Quality** 24:904-910.

HIREL B, Le GOUIS J, NEY B, GALLAIS A. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. **Journal of Experimental Botany** 55: 2369-2387.

HISINGER, P.; JAILARD, B.; Le CADRE-BARTGÉLÉMY, E.; PLASSARD, C.; DREVON, J.J.. **The roots of phosphorus acquisition efficiency in crops** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHOSPHORUS DYNAMICS IN THE SOIL-PLANT CONTINUUM, 3, 2006. Uberlândia. Proceedings... Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. P. 75-76.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agronômica dos fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2004. P.665-688.

IBGE – **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) 2011**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 28 março 2012.

IOWA STATE UNIVERSITY. **National corn handbook**. Ames: Cooperative extension service. 1993, 612p.

JONES, G.P.D.; JESSOP, R.S.; BLAIR, G.J. **Alternative methods for the selection of phosphorus efficiency in wheat**. Field Crops Research, Amsterdam, v.30, p.29-40, 1992.

Kaminski J & Peruzzo G (1997) **Eficácia de fosfatos naturais em sistemas de cultivo**. Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Santa Maria, Boletim Técnico n.3, 31p.

KORNDÖRFER, G.H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 290-306.

KORNDÖRFER, G.H.; LARA-CABEZAS, W.A.; HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 391-396, 1999.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JUNIOR, L.A.; LUZ, J.M.Q.; SILVA, J.C. Produção da alface em função do uso de diferentes fontes de fósforo em solo de cerrado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 525-528, 2004.

LOBO, M.G.; SILVA, RM. Produção de fertilizantes fosfatados. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA DEP/ANDA/POTAFOS, 1984. p.73-102. (EMBRAPA-DEP. Documentos, 14).

MACHADO, C. T. de T. **Avaliação da eficiência de utilização de fósforo de variedades locais de milho (Zea mays L.)**. Itaguaí, 1995. 131p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1995.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2003. 23 p. (Circular técnica).

Malavolta E, Vitti GC & Oliveira AS (1997) **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato - POTAFOS. 319p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**: nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, p. 66-67, 2002.

MARIOTTI, I. A.; OYARZABAL, E. S.; OSA, J. M.; BULACIO, A. N. R.; ALMADA, G. H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronómica del Nordeste Argentino**, Tucumán, v. 13, n. 14, p. 105-127, 1976.

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

MIOLA, G. R.; TEDESCO, M. J.; BISSANE, C. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. de O. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.5, p.813-819, 1999.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors, which contribute to efficiency of nitrogen utilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n. 3, p. 562-564, mar. 1981.

MONTEIRO, J.A. Estresse ambiental: considerações econômicas. In: MACHADO, A.T.; MAGNAVACA, R.; PANDEY, S. & SILVA, A.F., eds. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: **O milho em perspectiva**, Belo Horizonte, 1992. Anais. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, CIMMYT/UNDP, 1995. p. 13-40.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.

MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. B.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um Latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 35, n. 3, p. 155-161. 2005.

MORIZET, J.; TOGOLA, D. Effect et arrière-effect de laséch e ressesurla croissance de plusieurs génotypes de mais. In: **CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE**, 1984, Versailles. Lesbé soin seneaudes cultures. Paris: Inra, 1984. p.351-360.

NETO, A.P. **Metabolismo do nitrogênio e concentrações de nutrientes no cafeeiro irrigado em razão da dose de N.** 2009. 93 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa: UFV-DPS, 1999. P 62-64.

ORLANDO FILHO, J. ROSSETTO, R.; CASA GRANDE, A.A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 355-369.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas.** 2003. Ano de Obtenção: 2003. 90 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2003.

PARENTONI, S. N. **Estimativas de efeitos gênicos de diversos caracteres relacionados à eficiência e resposta ao fósforo em milho tropical.** 2008. 207 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.

PARENTONI, S. N.; SOUZA, C. L. de. Phosphorus acquisition and internal utilization efficiency in tropical maize genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 893-901, jul. 2008.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M. S. Melhoramento do milho. In: BOREM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas.** 2ª ed. Viçosa: UFV, 2005.

PEIXOTO, et al., *Phytolacca decandra* poisoning in sheep in Southern Brazil. **Vet Hum Toxicol**, v. 39, n. 5, p.302-303, 1997.

PEREIRA FILHO, I. A. **O cultivo do milho verde.** Brasília, DF, Embrapa, 2003. 204 p.

PEREIRA. NÚBIA; IDAM - AMAZONAS. **Manacapuru é considerado um dos maiores produtores de milho verde do Estado.** 17 de setembro de 2009. Postado em. 24 de janeiro de 2011. Disponível em: <http://www.idam.am.gov.br/noticiaInterna.php?codigo=174..> 17/09/2009 - Acesso em 24 de Abril de 2015.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho Amarelo cultivado com cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1199-1204, 2001

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE J. C.; CHIEN, S. H. **Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados**. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. 1. 2004, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: POTAFOS, 2004. p.606-609.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RAIJ B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. Ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100)

Rein T. A, Sousa DMG & Lobato E (1994) **Eficiência agrônômica do fosfato natural Carolina do Norte em solo do cerrado**. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 21. Petrolina, SBCE/EMBRAPA-CPATSA. p.38-40.

RESENDE, A.V.; FURINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D. I.; SANTOS, J.Z.L. & CARNEIRO, L.F. **Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do cerrado**. R. Bras. Ci. Solo, 30: 453-466, 2006.

RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, L. **Mitos e verdades sobre o uso de fosfatos naturais na agroecologia**. Nota técnica nº 1. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais, Departamento de Solos. Disponível em: http://www.emater.tche.br/docs/agroeco/artigos/mitos_e_verdades.htm. Acesso em: 23/04/2015.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology/Cooperative Extension Service. 1989. 21p. (Special Report, 48).

ROBINSON, J. S.; SYERS, J. K. A critical evaluation of the factors influencing the dissolution of Gafsa phosphate rock. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 41, n. 4, p. 597-605, 1990.

ROCHA, A. T.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; RIBEIRO, M. R. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.178-184, 2005.

RODRIGUES, F.; et al. **Capacidade de combinação entre linhagens de milho visando à produção de milho verde**. *Bragantia*, v. 68, n. 01, p. 75-84, 2009.

SANGOI, L. et al., Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.1, p.17-21, 2000.

SANTOS, I.C.S.; MIRANDA, G.V.; VAZ DE MELO, A.; MATTOS, R.N.; OLIVEIRA, L.R.; LIMA, J.S.; GALVÃO, C.C. Comportamento de cultivares de milho produzidos

organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Rev. Brasileira de Milho e Sorgo**, 4:45-53, 2005.

SCHENK, M.K.; BARBER, S.A. Potassium and phosphorus uptake by corn genotypes grown in the field as influenced by root characteristics. **Plant and Soil**, Dordrecht, 54: 65-76, 1980.

SCHMILDT, E.R.; NASCIMENTO, A.L.; CRUZ, C.D.; OLIVEIRA, J.A.R. Avaliação de metodologias de adaptabilidade e estabilidade de cultivares milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 51-58, 2011

SILVA, H.L.; SILVA, H.L.E. Variação da composição mineral de folhas de cafeeiro. **Revista do Café Português**. Oeira, 1957. 81p. (Separata, 7).

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, P. I. B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 2 n. 3 p.452-455, 2003.

SIMÕES NETO, D. E. et al. Extração de fósforo em solos cultivados com cana de açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 840–848, 2009.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Piracicaba: Potafós, 2003. 16p. (Informações Agronômicas, 102).

SOUZA, E.C.A.; COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; BARBOSA, J.C. Respostas do milho à adubação com fósforo e zinco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1031-1036, 1998.

TOLLENNAR, M.; DAYNARD, T. B.; HUNTER. T. B. Effect of temperature sensitive period for lear number of maize. **Crop Science**, Madson. v. 23, p. 457-460, 1979.

TSUNECHIRO, A.; DUARTE, J. O.; MATTOSO. M. J. Aspectos Econômicos da Comercialização e Custo de Produção. In: PEREIRA FILHO, I. A. **O Cultivo do Milho Verde**. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília DF. 2003. p.170.

USDA. United States Department of Agriculture. Safra 2012/2013. Disponível em: http://www.usda.gov/wps/portal/!ut/p/_s.7_0_A/7_0_1OB?navtype=SU&navid=AGRICULTURE. Acesso em: 24 de abril 2015.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VARELLA, Irineu G. & OLIVEIRA, Priscila D.C.F. TABELAS E DADOS VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora UFV, 2002. 448p.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A.; LUZ, P.H.C.; QUINTINO, T.A. Manejo e uso de fertilizantes em cana-de-açúcar. In: MARQUES, M.O.; MUTTON, M.A.; AZANIA, A.A.P.M.; TASSO JÚNIOR, L.C.; NOGUEIRA, G.A.; VALE, D.W. **Tópicos em tecnologia**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2006. p. 31-51.