

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

RAYMUNDO LEITE DA SILVA JÚNIOR

MODOS DE APLICAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE
FOSFATO SOLÚVEL POR FOSFATO NATURAL NA CULTURA
DA LARANJEIRA PERA RIO

MANAUS

2019

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

RAYMUNDO LEITE DA SILVA JÚNIOR

MODOS DE APLICAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE
FOSFATO SOLÚVEL POR FOSFATO NATURAL NA CULTURA
DA LARANJEIRA PERA RIO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Faculdade de Ciências Agrárias-UFAM, como parte das exigências para obtenção do título de “Doutor” em Agronomia Tropical, área de concentração produção vegetal.

Orientador

Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos

MANAUS

2019

RAYMUNDO LEITE DA SILVA JUNIOR

MODOS DE APLICAÇÃO E SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE FOSFATO SOLÚVEL POR FOSFATO NATURAL NA CULTURA DA LARANJEIRA PERA RIO

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

Aprovada em 13 de junho de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Membros	Julgamento	Assinatura
Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos - UFAM	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	
Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci - IFAM	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	
Prof. Dr. José Ferreira da Silva - UFAM	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	
Prof. Dr. Hedinaldo Narciso Lima - UFAM	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	
Prof. Dr. Newton Paulo de Souza Falcão - INPA	<input checked="" type="checkbox"/> Aprovado <input type="checkbox"/> Reprovado	

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S588m	Silva Júnior, Raymundo Leite da Modos de aplicação e substituição parcial de fosfato solúvel por fosfato natural na cultura da laranja Pera Rio / Raymundo Leite da Silva Júnior. 2019 127 f.: il. color; 31 cm.
	Orientador: José Zilton Lopes Santos Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.
	1. Fertilizantes de liberação lenta. 2. Disponibilidade de P. 3. Parcelamento de P. 4. Eficiência agrônômica. 5. Citrus Sinenses. I. Santos, José Zilton Lopes II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	iv
CAPÍTULO 1	1
RESUMO	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUÇÃO GERAL	5
1.2 REFERÊNCIAS	11
CAPÍTULO 2	14
2.1 RESUMO	14
2.2 ABSTRACT	15
2.3 INTRODUÇÃO	16
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	18
2.4.1 Caracterização da área experimental	18
2.4.2 Delineamento experimental e tratamentos	20
2.4.3 Procedimentos específicos	20
2.4.4 Avaliação do experimento	26
2.4.5 Análise dos dados	27
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
2.5.1 Disponibilidade de fósforo no solo	30
2.5.2 Teores foliares de nutrientes	35
2.5.3 Crescimento das plantas	42
2.6 CONCLUSÕES	45
2.7 REFERÊNCIAS	46
CAPÍTULO 3	52
3.1 RESUMO	52
3.2 ABSTRACT	53
3.3 INTRODUÇÃO	54
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	56
3.4.1 Caracterização da área experimental	56
3.4.2 Delineamento experimental e tratamentos	57
3.4.3 Procedimentos específicos	57
3.4.4 Avaliação do experimento	63
3.4.5 Análise dos dados	64
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
3.5.1 Disponibilidade de fósforo no solo	65
3.5.2 Teores foliares de nutrientes	71
3.5.3 Crescimento das plantas	76
3.6 CONCLUSÕES	79

3.7 REFERÊNCIAS.....	80
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
5 APÊNDICE.....	86
5.1 APÊNDICE A	89
5.2 APÊNDICE B	109

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela	Página
1	Caracterização química e física dos fertilizantes fosfatados.....20
2	Principais atributos químicos, físicos (0-20 e 20-40 cm de profundidade) e mineralógicos do solo (0-20 cm de profundidade) da área experimental, antes da aplicação dos tratamentos22
3	Valores médios dos principais atributos químicos (0-10 cm de profundidade) da área experimental, 24 meses após a aplicação dos tratamentos29
4	Resumo da análise de variância da disponibilidade de P no solo, em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 24 meses após a aplicação dos tratamentos34
5	Resumo das análises de variância dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos.....36
6	Resumo das análises de variância dos teores de Mn, Zn, B, Cu, Fe na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos.....37
7	Resumo das análises de variância dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos.....41
8	Resumo das análises de variância dos teores de Mn, Zn, B, Cu, Fe na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos.....42
9	Resumo das análises de variância da taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), diâmetro do tronco 5 cm acima da enxertia (DAC), diâmetro do tronco 5 cm abaixo da enxertia (DAB); taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCR) e volume médio da copa (VC), em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Avaliações obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos43

- 10 Resumo das análises de variância da taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), diâmetro do tronco 5 cm acima da enxertia (DAC), diâmetro do tronco 5 cm abaixo da enxertia (DAB); taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR) e volume médio da copa (VC), em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Avaliações obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos43

Capítulo 3

Tabela	Página
1 Caracterização química e física dos fertilizantes fosfatados.....	57
2 Principais atributos químicos, físicos (0-20 e 20-40 cm de profundidade) e mineralógicos do solo (0-20 cm de profundidade) da área experimental, antes da aplicação dos tratamentos	59
3 Valores médios dos principais atributos químicos (0-10 cm de profundidade) da área experimental, 24 meses após a aplicação dos tratamentos	70
4 Resumo das análises de variância dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos	72
5 Resumo das análises de variância dos teores de Mn, Zn, B, Cu, Fe na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FN _{AR}) e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos	72
6 Resumo das análises de variância dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos	73
7 Resumo das análises de variância dos teores de Mn, Zn, B, Cu, Fe na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos	73
8 Resumo das análises de variância da taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), diâmetro do tronco 5 cm acima da enxertia (DAC), diâmetro do tronco 5 cm abaixo da enxertia (DAB); taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR), volume médio da copa (VC), em função da substituição parcial de	

	superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Avaliações obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos76
9	Resumo das análises de variância da taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), diâmetro do tronco 5 cm acima da enxertia (DAC), diâmetro do tronco 5 cm abaixo da enxertia (DAB); taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR), volume médio da copa (VC), em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Avaliações obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos77

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura	Página
1	Localização da área de estudo: Mapa, imagens de satélite e coordenadas19
2	Valores médios mensais da temperatura, precipitação e umidade relativa durante o período experimental (jan/2015 a dez/2018).....25
3	Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos31
4	Disponibilidade de fósforo no solo em função do modo de aplicação total (T) e parcelada (P). Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos32
5	Valores médios da disponibilidade de P no solo, em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Comparação obtida de um contraste entre a média do fatorial e a média do tratamento adicional. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos.....33
6	Valores médios da disponibilidade de P no solo, em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Comparação obtida de um contraste entre a média do fatorial e a média do tratamento adicional. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 24 meses após a aplicação dos tratamentos.....35
7	Teor de Ca na folha da laranjeira Pera Rio em função dos modos de aplicação total (T) e parcelada (P) de fósforo. Amostras de folhas 12 meses após a aplicação dos tratamentos37
8	Teor de Mg na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos39
9	Valores médios do teor de Mg na folha da laranjeira Pera Rio, em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Comparação obtida de um contraste entre a média do fatorial e a média do tratamento adicional. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos40
10	Valores médios do teor de N na folha da laranjeira Pera Rio, em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e

modos de aplicação. Comparação obtida de um contraste entre a média do fatorial e a média do tratamento adicional. Amostras de folhas obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos41

Capítulo 3

Figura	Página
1	Localização da área de estudo: Mapa, imagens de satélite e coordenadas56
2	Valores médios mensais da temperatura, precipitação e umidade relativa durante o período experimental (jan/2015 a dez/2018).....62
3	Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}). Desdobramento dos modos de aplicação dentro de cada proporção. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos66
4	Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}). Desdobramento das proporções dentro dos modos de aplicação total (T) e parcelada (P). Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos67
5	Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}). Desdobramento dos modos de aplicação dentro de cada proporção. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 24 meses após a aplicação dos tratamentos.....68
6	Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}). Desdobramento das proporções dentro dos modos de aplicação total (T) e parcelada (P). Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 24 meses após a aplicação dos tratamentos69
7	Teor de P na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) e modo de aplicação. Desdobramento dos modos de aplicação dentro de cada proporção. Amostras de folhas coletadas 24 meses após a aplicação dos tratamentos75
8	Teor de P na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) e modo de aplicação. Desdobramento dos modos de aplicação dentro de cada proporção. Amostras de folhas coletadas 24 meses após a aplicação dos tratamentos75

- 9 Taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR) da laranjeira Pera Rio, em função do modo de aplicação total (T) e parcelada (P) do fertilizante fosfatado, Avaliações obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos78

CAPÍTULO 1

SILVA JÚNIOR, Raymundo Leite da. **Modos de aplicação e substituição parcial de fosfato solúvel por fosfato natural na cultura da laranja Pera Rio**. 2019. 124p. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM. Orientador: José Zilton Lopes Santos.

RESUMO

A combinação de fosfatos naturais reativos com fosfatos completamente acidulados convencionais ou com fosfatos de liberação lenta e aplicados de maneira parcelada pode ser uma estratégia para melhorar a eficiência da adubação fosfatada em solos tropicais com alto potencial de adsorção de fósforo (P), como é o caso da maior parte do território brasileiro. No presente trabalho objetivou-se avaliar se a substituição parcial de fosfato solúvel convencional ou fosfato de liberação lenta por fosfato natural influencia na disponibilidade de P no solo, no estado nutricional e no desenvolvimento de plantas jovens de laranja Pera Rio [*Citrus sinenses* (L.) Osbeck]. O experimento foi instalado em delineamento blocos casualizados, com quatro repetições e três plantas por unidade experimental, totalizando 132 plantas úteis. As plantas foram cultivadas sob o efeito de 150 kg de P₂O₅ ha⁻¹, utilizando uma combinação fatorial 5x2+1, envolvendo cinco diferentes proporções de fosfato natural reativo de Arad com superfosfato triplo convencional ou superfosfato de liberação lenta (em %) (0-100; 25-75; 50-50; 75-25 e 100-0, respectivamente), com dois modos de aplicação (aplicação de toda a dose no primeiro ano e aplicação parcelada na cova, sendo 1/3 da dose total aplicada no primeiro ano e 1/3 da dose total aplicada no segundo ano), mais um tratamento adicional, sem o fornecimento de P. As plantas foram mantidas nessas condições por 36 meses. A cada 12 meses, foram avaliados a disponibilidade de P no solo e o grau de variação nos parâmetros nutricionais e biométricos de cada planta. As proporções 0:100, 25:75 e 50:50 (% de fosfato natural reativo de Arad e % de superfosfato triplo convencional) e as proporções 0:100 e 25:75 (% de fosfato natural reativo de Arad e % de superfosfato triplo de liberação lenta) proporcionaram os maiores valores de P disponível no solo no modo de aplicação total. Os modos de aplicação e a substituição parcial do superfosfato triplo convencional por fosfato natural reativo de Arad não interferiu no estado nutricional e nem no crescimento das laranjeiras. O modo de aplicação total e a substituição parcial do superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de

Arad em todas as proporções proporcionaram os maiores teores de P na folha e a maior taxa de cobertura na copa na rua de plantio das laranjeiras.

Palavra-Chave: Fertilizantes de liberação lenta, disponibilidade de P, parcelamento de P, eficiência agronômica, *Citrus sinenses*.

ABSTRACT

SILVA JÚNIOR, Raymundo Leite da. **Modes of application and partial substitution of soluble superphosphate by natural phosphate in Pera Rio orange tree.** 2019. 124p. Doctoral thesis (PhD in Tropical Agronomy). Federal Amazon University, Manaus, AM. Advisor: José Zilton Lopes Santos.

The combination of reactive natural phosphates with either fully acidified phosphates or with slow-release phosphates and applied in a piecemeal manner may be a strategy to improve the efficiency of phosphate fertilization in tropical soils with high phosphorus (P) adsorption potential, such as in most of Brazilian soils. The objective of this study was to evaluate whether the partial replacement of conventional soluble superphosphate or slow-release superphosphate by phosphate rock influences the availability of P in soil, nutritional status and the development of young plants of Pera Rio orange [*Citrus sinenses* (L.) Osbeck]. The experiment was installed in a randomized complete block design, with four replications and three plants per experimental unit, totalizing 132 useful plants. The plants were grown under 150 kg of P₂O₅ ha⁻¹, using a 5x2+1 factorial combination, involving five different proportions of Arad natural reactive phosphate with conventional triple superphosphate or slow-release superphosphate (in%) (0-100, 25-75, 50-50, 75-25 and 100-0, respectively), with two modes of application (application of the full dose in the first year and partial application in the pit, 1/3 of the total dose applied in the first year and 1/3 of the total dose applied in the second year) plus one additional treatment without the provision of P. The plants were maintained under these conditions for 36 months. Every 12 months, the availability of P in the soil and the degree of variation in the nutritional and biometric parameters of each plant were evaluated. The proportions of 0:100, 25:75 and 50:50 (% of Arad natural reactive phosphate and % of conventional triple superphosphate) and the proportions of 0:100 and 25:75 (% Arad natural reactive phosphate and % slow-release triple superphosphate) yielded the highest values of P available in the soil in the total application mode. The methods of application and the partial substitution of the conventional triple superphosphate by Arad natural reactive phosphate did not interfere in the nutritional status nor in the growth of the orange trees. The total application mode and the partial substitution of the slow-release triple superphosphate by the Arad natural reactive phosphate in all proportions provided the highest levels of P in the leaf and the highest coverage rate in the canopy on the orange tree planting street.

Key words: Slow-release fertilizers, P availability, P-splitting, agronomic efficiency, *Citrus sinenses*.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O território brasileiro é um dos maiores do mundo, no entanto a maioria dos seus solos apresentam baixa disponibilidade de nutrientes e apenas 3% deles são de alta fertilidade (BOLETIM GLOBALFERT, 2019). As causas para os problemas da baixa fertilidade podem ter tanto causas naturais quanto antrópicas. Como causas naturais, destacam-se que a gênese do solo e o intemperismo como principais fatores causadores da baixa fertilidade, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde a remoção de nutrientes do solo é mais acelerada, em razão das condições de altas temperaturas e precipitações pluviais. O fato de o Brasil possuir grande extensões de terra com problemas de fertilidade, principalmente relacionados com a alta acidez e toxidez por Al, além de alta capacidade de fixação de fósforo (P), é, em grande parte, consequência de sua localização na região tropical. As causas antrópicas são pelo manejo inadequado do solo em que a exaustão de nutrientes provocadas pelas retiradas pelas culturas, maiores que pelas adições via adubação (LOPES & GUILHERME, 2007). Nestas condições, o solo é, portanto, um fator limitante para a produtividade e sustentabilidade de sistemas de produção agrícola (CUNHA et al., 2007), uma vez que as características químicas do solo estão entre os principais fatores que condicionam o desenvolvimento das plantas (SANTOS et al., 2008). Como consequência, há necessidade de aplicação de altas doses de fertilizantes fosfatados para que o solo deixe de ser um dreno e passe a atuar como fonte de P para as plantas, possibilitando, assim a obtenção de altas produtividades (NOVAIS et al., 2007).

A eficiência da adubação fosfatada é influenciada por diversos fatores, dentre estes o modo de aplicação, uma vez que a dissolução desses produtos é dependente de superfície de contato com o solo. Desta forma, os fosfatos naturais têm a sua eficiência aumentada quando aplicados a lanço e em área total (HOROWITZ e MEURER, 2004), já os fosfatos solúveis recomenda-se a aplicação localizada com o objetivo de diminuir o contato dos íons ortofosfatos com os pontos de retenção de P (PROCHNOW, 2004). Outro fator que interfere na eficiência da adubação fosfatada é o tempo de contato solo – fosfato, sendo que seu aumento causa maior solubilidade da fonte, porém contribui para uma menor disponibilidade de P para as plantas (GONÇALVES et al., 1989). O fator capacidade de P (FCP) do solo exerce grande influência sobre a eficiência agrônômica dos fertilizantes fosfatados. Solos que possuem maior capacidade de fixação (elevado FCP), caso daqueles mais argilosos, apresentam menor disponibilidade do P proveniente do fertilizante, isto é, necessitam de maiores quantidades de fertilizantes fosfatados para se obter determinada concentração de P na solução do solo (RESENDE et al.,

2006). Por outro lado, esses solos podem estimular a solubilização dos fosfatos naturais, o que não significa aumento de eficiência, uma vez que o próprio solo pode indisponibilizar o P liberado (NOVAIS & SMYTH, 1999). Diante disso, o parcelamento do fornecimento de P diminui o tempo de contato da fonte fosfatada com o solo e, conseqüentemente contribui para a maior recuperação do P aplicado. Uma alternativa para gerenciar a adubação com P é a utilização conjunta dessas fontes através da aplicação de combinações de fosfatos naturais e fontes solúveis em diferentes proporções (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2011). Manejar a adubação quanto ao parcelamento das doses e as combinações das fontes significa compatibilizar a dinâmica dos nutrientes do solo com a fisiologia das plantas, levando em consideração também os aspectos operacionais de cultivo e o comportamento humano, o que sempre dificulta a racionalidade plena nas tomadas de decisões (CERETTA et al., 2007).

Como o aumento da demanda da produção agrícola e como o aumento do pico da produção global irá ocorrer nas próximas décadas, o P está recebendo mais atenção como fonte não renovável (CORDELL et al., 2009; GILBERT, 2009). Uma característica única do P é sua baixa disponibilidade devido a sua lenta difusão e alta fixação nos solos. Tudo isso significa que o fósforo pode ser o principal fator limitante ao crescimento da planta.

Aproximadamente 88% dos solos amazônicos são caracterizados como pobres em fertilidade química do solo, com baixos teores de nutrientes (MURAOKA et al., 2002). Na região central da Amazônia, a maioria dos cultivos são realizados em ambiente de terra firme, onde predominam Latossolos e Argissolos distróficos (ARRUDA et al., 2012). Esses solos são fortemente intemperizados, onde alumínio trocável (Al^{3+}) em níveis tóxicos e P em níveis de deficiência coexistem (SHEN et al., 2011). A baixa disponibilidade de P nesses solos é devido a sua baixa concentração no material de origem (RAIJ, 1991), e ao predomínio de minerais como caulinita, oxidróxidos de Fe e Al e também altos níveis de Al e Fe em solução que possuem alta afinidade com o P, fazendo com que grande parte do P adicionado como fertilizante tende a ficar adsorvido/fixado à superfície desses minerais ou precipitado em solução, permanecendo em frações não disponíveis para as plantas. Portanto, nesta região o P é o nutriente mais limitante para o crescimento das plantas e para aumentar a produtividade das culturas a necessidade de fertilização com P é imperativa (MURAOKA et al., 2002).

O Brasil é o quarto consumidor mundial de fertilizantes, ficando atrás apenas da China, da Índia e dos Estados Unidos. O dispêndio de divisas com importações de matérias-primas e produtos intermediários para fertilizantes, em 2017, alcançou US\$7,781 bilhões (FOB). Neste mesmo ano o Brasil importou 23,9 milhões de toneladas de fertilizantes, os fosfatados representaram 23% do total, o equivalente a 5,6 milhões de toneladas. Os principais países

exportadores de fertilizantes fosfatados para o Brasil foram o Marrocos (30%), os EUA (19%), a Rússia (14%) e a Arábia Saudita (9%) (BOLETIM GLOBALFERT, 2019). As nossas reservas estão na ordem de 310 milhões de toneladas de minério de fosfato contido e com cerca de 6,2 milhões de toneladas de concentrado. Isto representa 3,25% da produção mundial estimada em 191 milhões de toneladas. As reservas brasileiras estão concentradas, principalmente, em Minas Gerais com 68%, seguido de Goiás com 14%, São Paulo com 6% e outros com 12% (IBRAM, 2012). A forte dependência das importações de fertilizantes e matérias-primas destinadas à produção constitui, na atualidade, a principal fragilidade do agronegócio brasileiro (BOLETIM GLOBALFERT, 2019).

Em termos mundiais, mais de 99% dos fertilizantes fosfatados são produzidos a partir de reservas de rochas fosfáticas e apenas uma quantidade muito pequena é fornecida na forma de escórias básicas, um subproduto da indústria do aço (LOPES et al., 2004).

Os minerais que compõem as rochas fosfáticas são, basicamente, formados por dois grupos: as apatitas, que são fosfatos de cálcio contendo hidroxila (OH), flúor (F) e cloro (Cl) e as fosforitas, que são fosfatos de cálcio com substituição parcial do fosfato (PO_4^{3-}) por carbonato (CO_3^{2-}), magnésio (Mg) e sódio (Na) (LOPES et al., 2004).

Quanto à origem, as apatitas ocorrem por ação vulcânica ao longo de zonas de fraqueza na crosta terrestre, o que é o caso típico das formações apatíticas no Brasil Central, Canadá, Rússia e África do Sul. Já as fosforitas originaram-se de depósitos sedimentares no leito dos oceanos, usualmente em áreas costeiras rasas que, subsequentemente, tornaram-se solo, o que caracteriza os depósitos de rochas fosfáticas do norte da África, China, Oriente Médio e Estados Unidos (LOPES et al., 2004). Atualmente, cerca de 85% da produção mundial de P vem de depósitos sedimentares de minas de superfície e 15% de depósitos magmáticos.

A concentração de P na solução do solo é extremamente baixa, normalmente entre 1 micromolar (μM) e 5 μM (RICHARDSON, 1994). Dessa forma, as plantas devem apresentar um sistema de absorção de P de alta afinidade para a extração do nutriente de uma solução micromolar, bem como um mecanismo de transporte através da membrana plasmática (plasmalema) de alta eficiência, para colocá-lo no citoplasma, onde sua concentração deve ser mantida entre 5 milimolar (mM) e 10 mM. A capacidade de aquisição de P varia de espécies, cultivares e genótipos, morfologia do sistema radicular, presença de outros elementos na solução, presença de microrganismos na rizosfera, formação de micorrizas, dentre outros fatores (SIQUEIRA et al., 2004). O caminho percorrido pelo íon $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ (forma predominante de absorção pela planta) na absorção radicular é, resumidamente: P solução do solo \rightarrow P apoplasto \rightarrow P citoplasma. A ocupação do apoplasto se dá por processos físicos e físico-

químicos, como difusão (forma predominante) e trocas iônicas, processo esse chamado de absorção passiva. Já para a ocupação do simplasto, o nutriente deve atravessar a membrana celular contra gradiente de concentração e com gasto de energia metabólica (ATP), sendo o processo denominado absorção ativa (SIQUEIRA et al., 2004).

O P é um macronutriente essencial que constitui cerca de 0,2% da matéria seca da planta (MARSCHNER, 2012). É necessário durante os processos de geração e transferência de energia, metabolismo do carbono, sínteses na membrana, ativação de enzimas e fixação de nitrogênio e é constituinte de biomoléculas-chaves como ácidos nucleicos, fosfolipídios e trifosfato de adenosina (ATP) (MARSCHNER, 2012). A disponibilidade limitada de P nos solos é uma importante restrição nutricional para o crescimento das plantas e a aplicação de fertilizantes fosfatados é geralmente recomendada para lidar com deficiências de P (AZIZ et al., 2014).

A compartimentalização do P nas plantas envolve diferentes aspectos. Em primeiro lugar, quanto à localização física do P que pode estar presente no citoplasma, apoplasto, vacúolo ou no núcleo das células. É o pH do meio que define a forma com que o fósforo inorgânico (Pi) estará presente. No citoplasma, as formas $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ e HPO_4^{-2} ocorrem em proporções iguais, enquanto nos vacúolos e apoplasto, meios mais ácidos, a forma $\text{H}_2\text{PO}_4^{-1}$ é predominante. Quanto à forma química, o P pode encontrar-se como Pi, P-éster, P-lipídio e ácidos nucleicos. Variam em função do tecido vegetal, idade da planta e do manejo nutricional. Por fim, o P pode ser classificado quanto às funções fisiológicas, atuando no metabolismo celular, como estoques e reservas do nutriente e formas cíclicas (SCHACHTMAN et al., 1998). Estudos com ressonância magnética nuclear (NMR) demonstraram que o Pi no citoplasma representa uma porção pequena e muito dinâmica do estoque de P na célula, entre 1 a 5% do Pi total e que grande parte do estoque de Pi das células encontra-se no vacúolo (RATCLIFFE, 1994). Em condições de maior disponibilidade de P no ambiente, plantas têm o conteúdo de Pi elevado e grande parte deste é acumulado nos vacúolos celulares, servindo como reserva (CLOSE & BEADLE, 2004; NETO, 2014).

Em condições de excesso de P em solução, acima da demanda da planta, algumas estratégias são desenvolvidas visando evitar problemas de toxidez, como conversão do Pi em compostos orgânicos de reserva, redução das taxas de absorção de P e eliminação do excesso de P por meio do efluxo (MARSCHNER, 2012).

Em razão das interações químicas de alta energia que podem ocorrer entre o fosfato e os constituintes do solo, apenas pequena porção do P total, denominado P lábil, está em equilíbrio com a solução do solo (NOVAIS & SMYTH, 1999). Embora o conceito de P lábil

seja de fácil compreensão, sua quantificação pode ser de extrema dificuldade por causa da relatividade desse compartimento, cuja amplitude depende do sistema solo-planta em estudo. Muitos fatores podem alterar a amplitude do compartimento P lábil, incluindo os ligados às características do solo, aos fatores ambientais, ao manejo do solo e aos tipos de plantas (GATIBONI et al., 2013).

Aplicações de P por meio de fertilizantes químicos e esterco animal em terras agriculturáveis têm melhorado a fertilidade do solo em P e a produção agrícola, porém, têm causado danos ambientais nas últimas décadas. A manutenção de um nível de fornecimento adequado de P na zona radicular pode maximizar a eficiência das raízes das plantas para mobilizar e adquirir o P da rizosfera por uma integração da morfologia radicular e estratégias adaptativas fisiológicas. Além disso, a absorção e a utilização de P pelas plantas desempenham papel vital na determinação da produtividade final das culturas. Uma compreensão holística da dinâmica do P do solo à planta é necessária para a otimização do manejo e a melhora na sua eficiência, objetivando a redução do consumo de fertilizantes químicos, maximizando a exploração do potencial biológico dos processos da raiz/rizosfera pela mobilização eficiente e aquisição do P do solo pelas plantas, assim como a reciclagem do P. Tomados em conjunto, a dinâmica global do P no sistema solo-planta é uma função dos efeitos integrados da transformação, disponibilidade e utilização do P causado pelo solo, rizosfera e processos da planta (SHEN et al., 2011).

A citricultura tem se colocado como importante atividade para o setor agrícola e a economia brasileira nas últimas décadas. Atualmente, em área de 370 mil ha, distribuídos entre pomares novos e adultos, são produzidas anualmente cerca de 388,89 milhões de caixas de laranjas (de 40,8 kg), com produtividade média de 1051 caixas/ha, no cinturão citrícola de São Paulo e Minas Gerais (FUNDECITRUS, 2019).

O Estado do Amazonas apresenta uma produção de laranja com grande potencial de expansão, com uma área plantada superior a 7 mil ha, com produção de 71.830 toneladas, e produtividade média de 251,50 caixas/ha (IBGE, 2018). A laranjeira ‘Pera Rio’ [*Citrus sinenses* (L.) Osbeck] é a mais plantada no Estado com produtividade média de 800 frutos/planta/ano (SILVA et al. 2007). Isso corresponde, comparativamente ao cinturão citrícola de São Paulo e Minas Gerais, a cerca de 23,93% da produtividade desses Estados produtores, ou seja, uma produtividade cerca de 76% inferior. Além disso, a qualidade dos frutos está abaixo daquelas observadas em outros Estados (MOREIRA et al., 2008), como também o sabor e o rendimento de suco (MACEDO, 2015). Contribuindo para tal cenário está a falta de um manejo eficiente quanto ao uso de corretivos e fertilizantes. Em relação aos adubos, ganha destaque o fato de

que a maioria dos pomares estão instalados em Latossolos e Argissolos com baixa fertilidade natural ou degradados por práticas inadequadas de manejo e há carência de estudo quanto ao manejo dos fertilizantes fosfatados nessas condições.

Dado o fato bem conhecido de que o P é um componente essencial de muitas biomoléculas em nosso corpo e que a população humana continuará a aumentar pelo menos nas próximas cinco décadas (UNITED NATIONS, 2017), o uso de P na agricultura continuará a avançar por algum tempo no futuro. Os sistemas agrícolas são, por definição, em sua maioria, sistemas abertos, devido à exportação de nutrientes nos produtos agrícolas utilizados para alimentar esta crescente população. Portanto, sempre haverá necessidade de repor o P exportado via adubação, tendo em vista que as taxas de intemperismo do solo são muito lentas para coincidir com as taxas de remoção de P pela colheita (CHADWIKC et al., 1999).

A implementação de Boas Práticas para uso de Fertilizantes (BPUF), focadas na fonte correta, na dose correta, na época correta e na aplicação correta, são necessários não só por razões econômicas e ambientais a curto prazo, mas também para o manejo racional dos recursos dos nutrientes não renováveis, dos quais dependem a produção de alimentos, forrageiras, fibras e biocombustíveis. Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da substituição parcial de fosfato solúvel convencional ou fosfato de liberação lenta por fosfato natural na disponibilidade de P no solo, no estado nutricional e desenvolvimento de plantas jovens de laranja Pera Rio [*Citrus sinenses* (L.) Osbeck].

1.2 REFERÊNCIAS

ARRUDA, M. R.; MOREIRA, A.; TEIXEIRA W. G.; SOUZA, W. M.; ATROCH A. L.; NASCIMENTO FILHO, F. J. Produtividade, fertilidade do solo e estado nutricional de clones de guaranazeiro cultivados com fontes orgânicas de nutrientes. *Revista Ciências Agrárias*. v. 55, p. 311-317. 2012.

AZIZ, T.; SABIR, M.; FAROOQ, M.; MAQSOOD, M. A.; AHMAD, H. R.; WARRAICH, E. A. Phosphorus Deficiency in Plants: Responses, Adaptive Mechanisms, and Signaling. *Plant signaling*: In: K. R Hakeem, R. U Rehman and I Tahir, editors. *Plant signaling: Understanding the molecular crosstalk*. India: Springer. 133–148, 2014.

BOLETIM GLOBALFERT. Disponível em: <<https://globalfert.com.br/boletins-gf>>. Acesso em: março de 2019.

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

CHADWICK, O. A.; DERRY, L. A.; VITOUSEK, P. M.; HUEBERT, B. J.; HEDIN, L. O. Changing sources of nutrients during four million years of ecosystem development. *Nature*, v. 397, p. 491-497, 1999.

CLOSE, D. C.; e BEADLE, C. L. 2004. Total, and chemical fractions, of nitrogen and phosphorus in Eucalyptus seedling leaves: effects of species, nursery fertilizer management and transplanting. *Plant Soil* 259:85–95.

CORDELL, D.; DRANGERT, J. O.; WHITE, S. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, Guildford, v. 19, p. 292-305, 2009.

CUNHA, T. J. F.; MADARI, B. E.; BENITES, V. de M.; CANELLAS, L. P.; NOVOTNY, E. H.; MOUTTA, R. de O.; TROMPOWSKY, P. Q.; SANTOS, G. de A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte a antrópico da amazônia (Terra Preta). *Acta Amazonica*. VOL. 37(1) 2007: 91 – 98.

FUNDECITRUS. Pesquisa de estimativa de safra de laranja 2019/2020 do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2019_05_10_Sum%C3%A1rio_Executivo_da_Estimativa_da_Safra_de_Laranja_2019-2020.pdf. Acesso em maio de 2019.

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; RHEINHEIMER, D. dos S. Fracionamento químico das formas de fósforo do solo: Usos e limitações. In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - SBCS. *Tópicos em ciência do solo*, vol 1, Viçosa, MG. 2013. p. 141-187.

GILBERT, N. Environment: The disappearing nutrient. *Nature*, London, v. 461, p. 716-718, 2009.

GONÇALVES, J. L. M.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; RIBEIRO, A. C. Cinética de transformação de fósforo-lábil em não lábil, em solos de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 13, p. 13-24, 1989.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. e. Fósforo na agricultura brasileira. 1. ed. Piracicaba: Potafos, 2004. Volume 1, Capítulo 20, página 537-558.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira. 7ª Edição. Dezembro de 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Levantamento Sistemático de Produção Agrícola, Rio de Janeiro, v.29, n.1, p.1-83, 2018.

LOPES, A. S. & GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.1-64.

LOPES, A. S.; SILVA, C. A. P.; BASTOS, A. R. R. Reservas de fosfatos e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (ed). SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2004, São Pedro-SP. Anais... São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato 2004. p. 11-34.

MACEDO, O. W. A de O. Avaliação da cadeia produtiva de laranja [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] nos municípios de Iranduba, Manacapuru, Manaus e Rio Preto da Eva no Estado do Amazonas. Dissertação (Mestrado) - INPA, Manaus, 2015. 140 p.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2012. 651 p.

MOREIRA, A.; CABRERA, R. A. D.; PEREIRA, J. C. R.; GASPAROTTO, L.; GARCIA, T. B.; ARRUDA, M. R. Diagnóstico nutricional, adubação e calagem para citros cultivados no Estado do Amazonas (1ª aproximação). Manaus-AM Embrapa Amazônia Ocidental, (Documentos, 56), p.26, 2008.

MURAOKA, T.; BRASIL, E. C.; SCIVITTARO, W. B. Phosphate fertilizers with varying water-solubility applied to Amazonian soils: II. Soil P extraction methods. In: Assessment of soil phosphorus status and management of phosphatic fertilizers to optimize crop production. International Atomic Energy Agency – IAEA. Vienna, Austria, 2002. p. 150 – 155.

NETO, A. P. Eficiência do uso de fósforo por cultivares de café e adaptação morfológica do sistema radicular sob deficiência de nutriente. 2014. 97p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

NOVAIS, R. F. & MELLO, J. W. V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.134-177.

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

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; PROCHNOW, L. A; KLEPKER, D. Soybean yield in response to application of phosphate rock associated with triple superphosphate. *Sci. Agri. (Piracicaba, Braz.)*, v.68, p.376-385. 2011.

PROCHNOW; L. I; ALCARDE, J. C. CHIEN, S. H. Eficiência agronômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. e. Fósforo na agricultura brasileira. 1. ed. Piracicaba: Potafos, 2004. Volume 1, Capítulo 20, página 537-558.

RATCLIFFE, R. G. In-vivo NMR-studies of higher-plants and algae. *Advances in Botanical Research*, New York, v. 20, p. 43-123, 1994.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Potafos, 1991. 343p.

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

RICHARDSON, A. E. Soil microorganisms and phosphorus availability. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GYPTA, V. V. S. R.; GRACE, P. R. (Ed.). *Soil biota management in sustainable farming systems*. Melbourne: CSIRO Publishing, 1994. p. 50-62.

SANTOS, J. Z. L.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V. de. CURI, N. CARNEIRO, L. F.; COSTA, S. E. V. G. de A. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 32:705-714, 2008.

SCHACHTMAN, D. P.; REID, R. J.; AYLING, S. M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiology*, Rockville, 1998; v. 116, p. 447-453.

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, W.; ZHANG, F.; *Phosphorus Dynamics: From Soil to Plant*. *Plant Physiology*, v. 156, p. 997-1005, 2011.

SILVA, E. L.; SOUZA A. G. C.; BERNI, R. F.; SOUZA M. G.; CUNHA SOBRINHO A. P. Comportamento de citros no Amazonas. Embrapa Amazônia Ocidental. Manaus. Documentos 55, 28 p. 2007.

SIQUEIRA, J. O.; ANDRADE, A. T.; FAQUIN, V. O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 117-149.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World population prospects: The 2017 revision, Key Findings and Advance Tables*. New York, 2017. 53 p. (Working Paper no ESA/P/WP/248)

CAPÍTULO 2

2.1 RESUMO

SILVA JÚNIOR, Raymundo Leite da. **Modos de aplicação e substituição parcial de superfosfato triplo convencional por fosfato natural reativo de Arad na cultura da laranjeira Pera Rio**. 2019. 124p. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM. Orientador: José Zilton Lopes Santos.

Os superfosfatos correspondem a mais de 90% do P_2O_5 utilizado na agricultura brasileira e fornecem grande quantidade de P às plantas por dissolverem-se rapidamente no solo, no entanto, são de custo muito elevado em virtude de sua produção requerer tratamento da rocha fosfática com ácido sulfúrico ou ácido fosfórico, que são reagentes importados. No presente trabalho objetivou-se avaliar os efeitos do modo de aplicação e da substituição parcial de superfosfato triplo convencional por fosfato natural reativo de Arad na disponibilidade de P no solo, no estado nutricional e no crescimento de plantas jovens de laranjeira Pera Rio. O experimento foi instalado em delineamento blocos casualizados, com quatro repetições e três plantas por unidade experimental, totalizando 132 plantas úteis. As plantas foram cultivadas sob o efeito de 150 kg de P_2O_5 ha^{-1} , utilizando uma combinação fatorial $5 \times 2 + 1$, envolvendo cinco diferentes proporções de fosfato natural reativo de Arad com superfosfato triplo convencional (em %) (0-100; 25-75; 50-50; 75-25 e 100-0, respectivamente), com dois modos de aplicação (aplicação de toda a dose no primeiro ano e aplicação parcelada na cova, sendo 1/3 da dose total aplicada no primeiro ano e 1/3 da dose total aplicada no segundo ano), mais um tratamento adicional, sem o fornecimento de P. As plantas foram mantidas nessas condições por 36 meses. A cada 12 meses, foram avaliados a disponibilidade de P no solo e o grau de variação nos parâmetros nutricionais e biométricos de cada planta. As proporções 0:100, 25:75 e 50:50 e o modo de aplicação total proporcionaram os maiores valores de P disponível no solo. No entanto, os tratamentos não interferiram no estado nutricional e nem no crescimento das plantas.

2.2 ABSTRACT

SILVA JÚNIOR, Raymundo Leite da. **Modes of application and partial substitution of conventional triple superphosphate by Arad reactive natural phosphate in Pera Rio orange tree.** 2019. 124p. Doctoral thesis (PhD in Tropical Agronomy). Federal Amazon University, Manaus, AM. Advisor: José Zilton Lopes Santos.

Superphosphates correspond to more than 90% of the P_2O_5 used in Brazilian agriculture and supply large amounts of P to the plants because they dissolve rapidly in the soil, however, they are very expensive because their production requires treatment of the phosphate rock with sulfuric acid or phosphoric acid, which are imported reagents. . The objective of this study was to evaluate the effects of the mode of application and the partial replacement of conventional triple superphosphate by natural Arad reactive in the availability of P in the soil, nutritional status and growth of young plants of Pera Rio orange tree. The experiment was installed in a randomized complete block design, with four replications and three plants per experimental unit, totalizing 132 useful plants. The plants were grown under 150 kg of P_2O_5 ha⁻¹, using a 5x2+1 factorial combination, involving five different proportions of Arad reactive natural phosphate with conventional triple superphosphate (in%) (0-100, 25-75, 50-50, 75-25 and 100-0, respectively), with two modes of application (application of the full dose in the first year and partial application in the pit, 1/3 of the total dose applied in the first year and 1/3 of the total dose applied in the second year) plus one additional treatment without the provision of P. The plants were maintained under these conditions for 36 months. Every 12 months, the availability of P in the soil and the degree of variation in the nutritional and biometric parameters of each plant were evaluated. The proportions 0:100, 25:75 and 50:50 and the total mode of application provided the highest P values available in the soil. However, the treatments did not interfere in the nutritional state nor in the growth of the plants.

2.3 INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros, devido às suas características, apresentam grande dependência da adubação fosfatada para a produtividade das culturas, de tal forma que seu uso se tornou essencial para as plantas responderem em altas produtividades. Conseqüentemente, durante as últimas décadas, a crescente demanda por fertilizantes fosfatados, aliada a grande expansão da agricultura brasileira e mundial, resultou na diversificação das fontes de fosfatos produzidos. Os diferentes processos ácidos do concentrado de fosfato de rocha fornecidos, resultam em variadas composições e concentrações de fontes de fertilizantes, sendo considerado após esse tratamento, fontes de alta solubilidade (HANSEN e tal., 2014).

Em fertilizantes de tipo comercial totalmente acidulados, os compostos de P nas frações de fosfato solúveis em água estão principalmente na forma de $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, como no superfosfato triplo (TSP). Em geral os tipos comerciais de fertilizantes TSP não são 100% solúveis em água. Normalmente, pelo menos 85 a 90% do total de P nestes fertilizantes é solúvel em água, e o restante é solúvel em citrato. A composição química e mineralógica da fração de P insolúvel em água restante depende fortemente da fonte da rocha fosfática e dos processos utilizados durante a acidulação (CHIEN et al., 2011).

A molécula aniônica do fosfato apresenta um comportamento específico no solo, o qual é determinante em seu movimento no solo e o suprimento às plantas. Atributos como textura e mineralogia do solo governam diretamente as reações do fosfato adicionado através dos fertilizantes e a conseqüente disponibilidade do elemento na solução do solo, onde a característica molecular dos reagentes implica na diferenciação dos produtos finais das reações. Sendo assim, a forma molecular do fósforo contido em diferentes fertilizantes fosfatados difere e pode interferir na eficiência da absorção deste elemento pelas plantas dependendo das condições e reações químicas decorrentes no solo. O entendimento do produto dessas reações no solo pode aumentar a eficiência da fertilização fosfatada, com reduzido impacto ambiental e incremento na produtividade das culturas (HANSEN et al., 2014).

A retenção de P em formas não-reversíveis ou pouco reversíveis, denominadas não-lábeis, significa, de modo particular para solos mais intemperizados e mais oxídicos, forte competição entre solo e planta pelo P aplicado na forma de fertilizante. Na literatura, observam-se diversos termos, como fixação para designar a adsorção não reversível de P no solo (NOVAIS et al., 2007; SRINIVASARAO et al., 2007). Nas reações de adsorção, podem-se distinguir duas fases: uma mais rápida nos sítios ativos de superfície, via atração eletrostática,

seguida de outra mais lenta, quando ocorre troca de ligantes dos grupamentos OH^- e OH^+ pelos íons ortofosfatos (PARFITT, 1978). A ligação pode apresentar menor energia, caracterizada pela formação de complexos monodentados, ou maior, caracterizada pelos complexos bidentados ou binucleados que resultam na formação de P não-lábil (PARFITT, 1989; NOVAIS et al., 2007). Portanto, a fixação que dá origem ao P não-lábil compreende fenômenos que se iniciam pela adsorção-precipitação reversível do íon ortofosfato da solução do solo até sua irreversibilidade. Também caracterizada pela difusão do fosfato nas imperfeições de cristais, fenômeno denominado de difusão em fase sólida (BARROW, 1985). Esse fenômeno torna o P menos disponível ou não-lábil (PARFITT, 1989).

O parcelamento da adubação, como manejo da aplicação de P, pode diminuir a formação de fósforo não-lábil no solo, sendo necessário, para isso, o fornecimento de quantidade suficiente de P para garantir o adequado desenvolvimento inicial, especialmente do sistema radicular (SOUZA et al., 2007). Ao diminuir o tempo de contato da fonte fosfatada com o solo, o parcelamento do P contribui para a maior recuperação do P aplicado. Assim, maiores produtividades para uma mesma dose de P ou menores doses de P para as produtividades atualmente obtidas, podem ser alcançadas por meio do parcelamento do P (SOUZA et al., 2007).

Estudos de Moreira e Fageria, (2009), mostraram que 82,73% dos solos do Estado do Amazonas tem teores de P menores que $5,4 \text{ mg dm}^{-3}$, e solos dentro do intervalo de frequência de 80-100% dos valores dos testes de P foram inferiores a 5 mg dm^{-3} . Nesses solos a aplicação de fertilizantes fosfatados solúveis em água, apesar de P estar totalmente disponível, promove acidificação adicional em solos ácidos, acelerando os processos de fixação de P. Uma alternativa para reduzir esses processos é a utilização de fontes de P de baixo custo, com baixa capacidade de acidificação e solubilidade satisfatória, como o termofosfato e rocha de fosfato. A escolha da fonte P baseia-se em sua eficiência no suprimento de P para a demanda da planta e seu custo. No entanto, outros aspectos, como fonte de outros nutrientes, melhora da acidez do solo e efeitos residuais também devem ser considerados (MURAOKA et al., 2002).

A aplicação direta de rocha fosfática é considerada uma alternativa mais barata ao fosfato de alta solubilidade no manejo da deficiência de P (MAHIMAIRAJA et al., 1995). Embora vários estudos tenham sido realizados ao longo dos anos em relação à rocha fosfática como uma fonte alternativa de P, o problema que limita seu uso nos sistemas agrícolas é a sua baixa solubilidade no solo (KHASAWNEH e DOLL, 1978).

Misturas físicas da rocha fosfáticas e fertilizante solúvel em água, como o superfosfato triplo, podem ser uma tecnologia mais barata de diminuição do custo de usar o superfosfato

mais caro, ao mesmo tempo em que melhora a solubilidade da rocha fosfática (THIBAUD et al., 1993; NGENO et al., 2008). Chepkwony et al., (2005) relataram que os níveis extraíveis de P do superfosfato - misturas de rocha fosfática aumentaram com o aumento da proporção de superfosfato nas misturas em dois solos ácidos.

Efeitos das combinações de fertilizante fosfatado solúvel em água e a rocha fosfática de Gafsa nas proporções de 1:1, 1:4 e 4:1 em 25 mL e 100 mL de água deionizada mostrou que o fosfato solúvel em água foi responsável pelo aumento das concentrações de P extraível. Isto deveu-se ao fato de ter havido dissolução aumentada da rocha de fosfato de Gafsa na mistura da reação de hidrólise do fosfato monocálcio pelo ácido fosfórico e com o aumento dos valores de pH, uma vez que tanto o cálcio extraível como o fósforo diminuíram, uma indicação de que ambas as soluções metálicas afetaram a dissolução através da formação de precipitados metálicos (OWITI et al., 2014).

Os superfosfatos correspondem a mais de 90% do P_2O_5 utilizado na agricultura brasileira. Fornecem grande quantidade de P às plantas por dissolverem-se rapidamente no solo, as formas em grânulos facilitam o manuseio e reagem com menor volume de solo, reduzindo o processo de insolubilização (PROCHNOW, 2003). Apesar do potencial de fornecimento de P, são de custo muito elevado em virtude de sua produção requerer tratamento da rocha fosfática com ácido sulfúrico ou ácido fosfórico, que são reagentes importados (SANTOS, 2005).

Neste capítulo, objetivou-se avaliar os efeitos do modo de aplicação e a substituição parcial de superfosfato triplo convencional por fosfato natural reativo de Arad sobre a disponibilidade de P no solo, estado nutricional e crescimento de plantas jovens de laranjeira Pera Rio.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas - FAEXP/UFAM, município de Manaus-AM, situado a 2°39'17.20"; 2°39'17.29"; 2°39'18.91"; 2°39'18.81" de latitude sul e 60°3'16.62"; 60°3'12.22"; e 60°3'12.28"; 60° 3'16.68", de longitude oeste (Figura 1), a uma altitude média de 94 m. A área experimental apresenta Latossolo Amarelo distrófico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013).

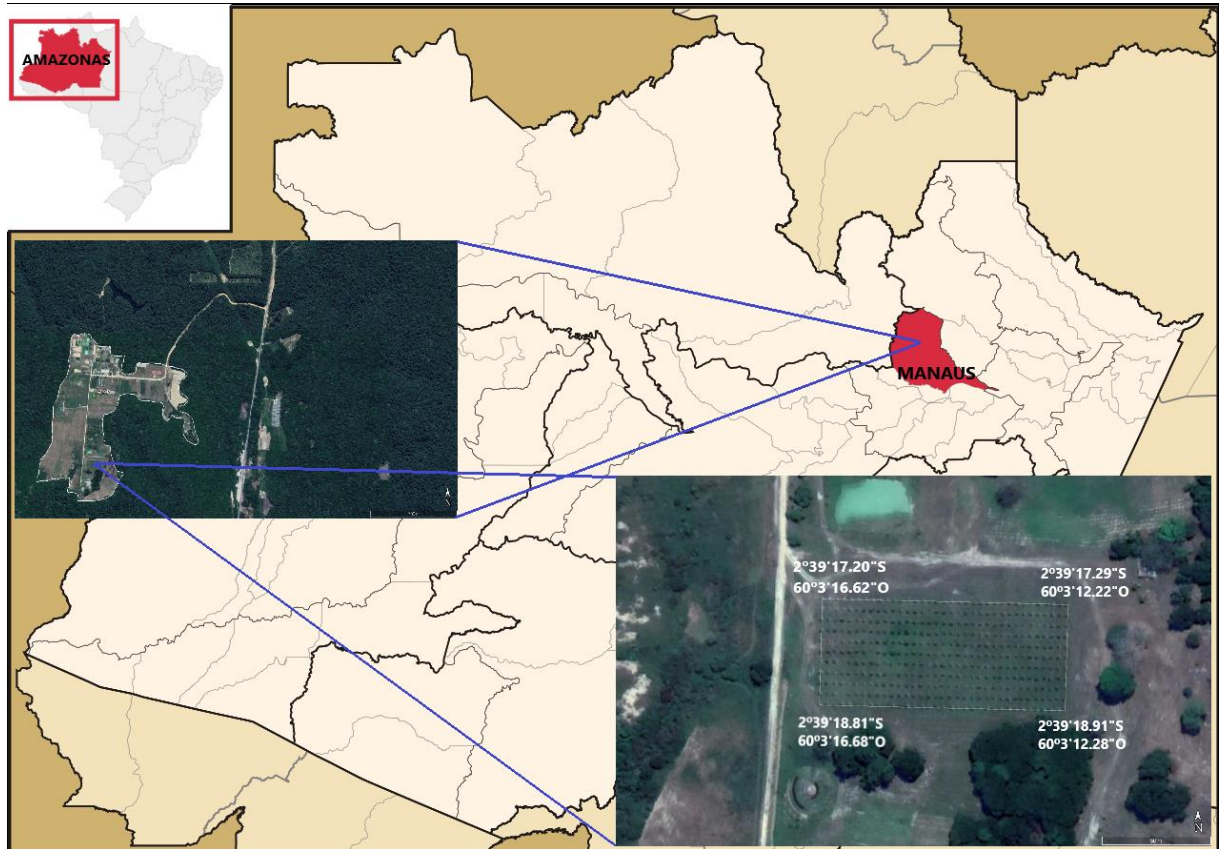


Figura 1. Localização da área de estudo: Mapa, imagens de satélite e coordenadas. (Fonte: GOOGLE EARTH-MAPAS, 2019).

A área experimental foi previamente cultivada com coqueiro (*Cocos nucifera* L.) por 12 anos, período em que a área não foi corrigida quanto à acidez e nem adubada, encontrando-se no momento da implantação do experimento coberta por vegetação espontânea, dominada por várias espécies de plantas daninhas.

O clima local é classificado como Af pela descrição de Koppen (ALVARES et al., 2013), caracterizado como sazonal, com uma estação seca, que compreende junho a novembro, e uma estação chuvosa, que vai de dezembro a maio (ARAÚJO et al., 2002; BOHLMAN et al., 2008), com precipitação pluviométrica média anual de 2300 mm (MARQUES FILHO et al., 1981). A temperatura média anual é de 28 °C, umidade relativa do ar varia entre 85 e 95% (ARAÚJO et al., 2002).

2.4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento obedeceu a disposição em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e três plantas por unidade experimental, totalizando 132 plantas úteis/unidade experimental. As plantas foram cultivadas sob o efeito de 150 kg de P_2O_5 ha^{-1} , utilizando uma combinação de misturas em cinco diferentes proporções (em percentagens) de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) e superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}). Os tratamentos consistiram de um fatorial ($5 \times 2 + 1$), combinando cinco proporções (0-100; 25-75; 50-50; 75-25 e 100-0 de FNR_{AR} e TSP_{CO}, respectivamente) e dois modos de aplicação: aplicação total de 150 kg de P_2O_5 ha^{-1} no primeiro ano e aplicação parcelada na cova, sendo 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} aplicada no primeiro ano, mais 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} aplicada no segundo ano; mais um tratamento adicional, sem o fornecimento de P.

A quantidade a aplicar de cada fonte foi calculada com base no teor de P_2O_5 total dos fertilizantes (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física dos fertilizantes fosfatados.

Características	FNR _{AR}	TSP _{CO}
	-----%-----	
P_2O_5 total	32,5	46
P_2O_5 solúvel em H_2O	-	36
P_2O_5 solúvel em ácido cítrico	9,75	5
Granulometria	Pó	Granulado

2.4.3 Procedimentos específicos

Caracterização do solo: 120 dias antes da implantação do experimento foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm e caracterizadas quimicamente, granulometricamente e mineralogicamente. As análises químicas de rotina foram realizadas de acordo com as metodologias descritas em EMBRAPA, (1997) e englobaram pH em água, determinação de Ca, Mg e Al extraídos com KCl 1 mol L^{-1} e P e K pelo extrator Mehlich-1. Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos com DTPA e B com água quente. A acidez potencial (H+Al) foi determinada conforme Raij et al., (1987).

A análise granulométrica foi feita na terra fina seca ao ar (TFSA) pelo método Bouyoucos, (1927), modificado por Carvalho, (1985), utilizando NaOH 0,1 mol L^{-1} como

dispersante químico, e agitação durante 16 h e a 30 rpm em agitador rotatório tipo Wagner, sendo a fração areia (2 - 0,053 mm) separada através de tamisagem.

Os minerais da fração argila hematita (Hm), goethita (Gt), caulinita (Ct) e gibbsita (Gb) foram caracterizados por difratometria de raio-X (DRX) pelo método do pó após a concentração dos óxidos de ferro fervendo a fração argila com NaOH (NORRISH e TAYLOR, 1961) e desferrificação da fração argila pelo método de Mehra e Jackson, (1960). As amostras foram difratadas com velocidade de varredura de $1^\circ 20 \text{ min}^{-1}$ utilizando Mini-Flex Rigaku II (20mA, 30 kV), equipado com radiação Cu K α .

A caracterização química, física e mineralógica do solo, previamente à implantação do experimento, é apresentada na Tabela 2. Observa-se a baixa disponibilidade de fósforo pelo extrator Mehlich 1 (ALVAREZ V. et al., 1999).

Tabela 2. Principais atributos químicos, físicos (0-20 e 20-40 cm de profundidade) e mineralógicos do solo (0-20 cm de profundidade) da área experimental, antes da aplicação dos tratamentos*.

Atributos	Profundidade	
	0-20 cm	20-40 cm
pH (H ₂ O)	4,7	4,7
P - Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	2	1,13
K (mg dm ⁻³)	14	8
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,3	0,2
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,1
Al (cmol _c dm ⁻³)	1,1	1
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,64	5,05
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,44	0,32
t (cmol _c dm ⁻³)	1,54	1,32
T (cmol _c dm ⁻³)	6,08	5,37
V (%)	7,17	5,97
m (%)	71,43	75,76
S - sulfato (mg dm ⁻³)	12,61	28,85
B (mg dm ⁻³)	0,17	0,13
Cu (mg dm ⁻³)	0,08	0,05
Fe (mg dm ⁻³)	123,87	89,38
Mn (mg dm ⁻³)	0,49	0,5
Zn (mg dm ⁻³)	0,26	0,16
P - Remanescente (mg L ⁻¹)	15,93	14,22
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	1,87	1,07
Areia (g kg ⁻¹)	13	10
Silte (g kg ⁻¹)	6	6
Argila (g kg ⁻¹)	81	84
Goethita (g kg ⁻¹)		3,62
Hematita (g kg ⁻¹)		26,39
Caulinita	Mineral de argila predominante com picos de 0,732 nm	
Gibssita	Não identificado	

*Análises químicas e granulométricas realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Análises mineralógicas realizadas no laboratório da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal.

Correção do solo e transplante das mudas no solo: no primeiro ano, após abertura das covas, a área recebeu calcário dolomítico (2,44 t ha⁻¹, (≈14% de MgO, 32% de CaO e PRNT=90%) em dosagem determinada pelo método da curva de incubação em laboratório (BATISTA,

2014), visando a obter valores de pH próximos de 5,5. A aplicação do calcário foi feita na cova, misturando o corretivo na terra, com posterior devolução para a cova. A área não recebeu preparo do solo como aração e gradagem. Cerca de 90 dias após a calagem, foi feito o transplântio das mudas.

Uma nova calagem foi realizada aos 360 dias após o transplântio das mudas, utilizando uma dose equivalente a 1580 g planta⁻¹ de calcário dolomítico com as mesmas características químicas da primeira aplicação (visando elevar o pH a 5,5). Nesta etapa o calcário foi distribuído na superfície do solo sem incorporação, procurando cobrir um diâmetro de 2,5 metros ao redor da planta, de modo a não sobrepor a área da cova, corrigida antes do transplântio.

Obtenção das mudas: as mudas de laranjeira Pera Rio [*Citrus sinenses* (L.) Osbeck], enxertada em limoeiro ‘Cravo’ [*Citrus limonia* (L.) Osbeck], com aproximadamente 12 meses de idade, foram obtidas do viveiro comercial Protecitrus, localizada no Km 25 da rodovia AM 010, Manaus-AM.

Adubação básica e tratamentos: 12 meses após o transplântio das mudas, foi feita uma adubação básica com 90, 20 e 6,0 kg ha⁻¹ de N, K₂O e S, respectivamente. Nesta adubação foi utilizado a ureia (46% de N) e sulfato de potássio (51% de K₂O). Os micronutrientes foram fornecidos na dose de 112 g cova⁻¹ de FTE (Fritted Trace Elements) BR 12. A definição das quantidades de nutrientes foi feita com base nas recomendações de adubação de Minas Gerais, para expectativas de produtividade esperada de 25.000 kg ha⁻¹ (SOUZA et al., 1999). A aplicação dos tratamentos foi feita concomitantemente ao fornecimento da adubação básica.

Em relação ao fornecimento da adubação, exceto o N que foi aplicado em microssulcos de 10 cm de profundidade e coberto com solo, os demais fertilizantes foram fornecidos na superfície do solo e ao redor da planta, aproximadamente 5 a 10 cm distante do tronco. O P e os micronutrientes (FTE-BR12) foram aplicados em dose única, enquanto as doses de N e K foram igualmente divididas em três aplicações (aos 30, 60 e 90 dias após o início da adubação básica e aplicação dos tratamentos). A aplicação dos fertilizantes foi feita dentro do período chuvoso (março a junho).

Cultivo das plantas: as plantas foram cultivadas em covas de aproximadamente 98 dm³ (50 cm de diâmetro e profundidade), abertas com o uso de perfurador de solo tratorizado. As plantas foram dispostas linearmente, obedecendo um espaçamento de 5 m entre ruas x 4 m entre plantas

e foi utilizada apenas uma bordadura externa ao experimento. O controle de plantas invasoras em pós-transplântio foi realizado com roçadora mecânica tratorizada nas entre linhas, enquanto nas covas feito um coroamento (≈ 1 m de diâmetro), com o uso de enxada. O controle de insetos como cochonilhas e pulgões foram realizados com o uso de inseticidas Connect, na dosagem de 750 ml ha^{-1} e Provado 200 SC, na dosagem de 500 ml ha^{-1} . Para o controle de formiga foi utilizado o formicida Mirex®.

Condições climáticas: não se observou inconstância do regime pluviométrico, temperatura e umidade relativa do ar, tanto no primeiro ano de cultivo quanto no segundo ano de cultivo, comparado com a série histórica do local do estudo (Figura 2).

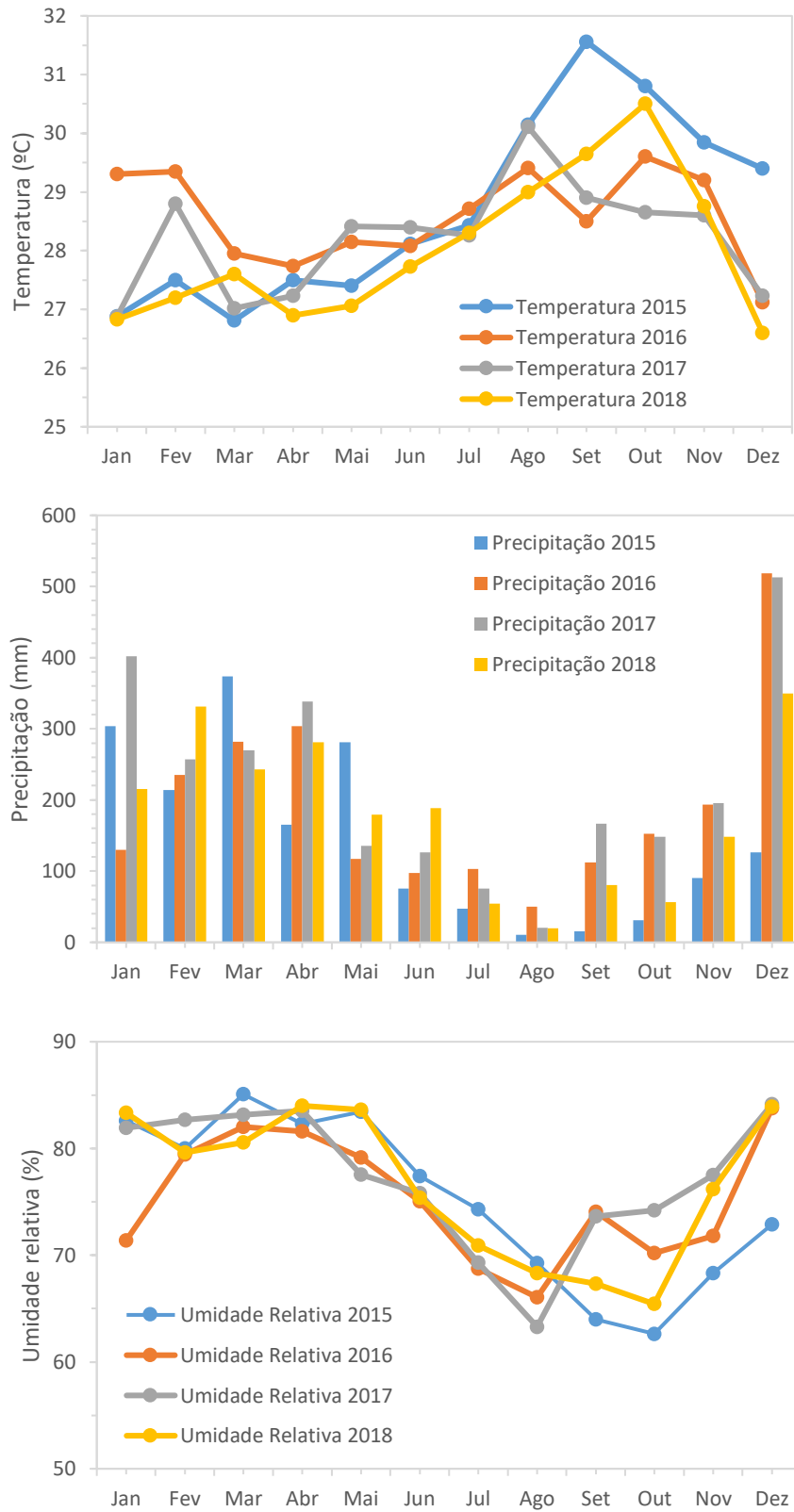


Figura 2. Valores médios mensais da temperatura, precipitação e umidade relativa durante o período experimental (jan/2015 a dez/2018) (Fonte: INMET, 2019).

De modo geral, o ano mais quente foi 2015 seguido por 2016, apresentando temperaturas médias de 28,70 °C e 28,59 °C, respectivamente, e por últimos, e com as mesmas médias de temperaturas, os anos de 2017 e 2018, com 28 °C. Por outro lado, as maiores precipitações foram observadas nos anos de 2017, 2016, 2018 e 2015 com médias de 221 mm, 191,25 mm, 179 mm e 144,64 mm, respectivamente. Os anos mais úmidos foram 2017 e 2018, com médias exatamente iguais de 77%, seguido do ano 2016, com média de 75,27% e 2015, com média de 75,19%.

2.4.4 Avaliação do experimento

A análise das variáveis ocorreu aos 12 e 24 meses após a aplicação dos tratamentos, épocas em que foram avaliadas a disponibilidade de P no solo, estado nutricional das plantas e mensuradas as medidas relacionadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Disponibilidade de fósforo no solo: aos 12 e 24 meses após aplicação dos tratamentos, foram retiradas as amostras de solo para avaliar a disponibilidade de P (P-resina), obedecendo ao delineamento do experimento. Nas amostras coletadas após os 24 meses foram avaliadas também a fertilidade completa do solo. A amostragem foi feita na região de aplicação dos tratamentos, retirando-se três amostras simples por unidade experimental na profundidade de 0-10 cm. Com as três amostras simples, fez-se uma amostra composta. Dessa maneira, os 11 tratamentos, em quatro repetições, totalizaram 44 amostras. Todas as amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha e armazenadas até serem analisadas.

A disponibilidade de P foi avaliada pelo extrator resina de troca iônica (RTI), conforme metodologia de Raij et al., (1986). A fertilidade do solo nas amostras coletadas aos 24 meses foi avaliada de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa, (1997).

Avaliação do estado nutricional das plantas: para avaliação feita aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos, foram coletadas quatro folhas por pontos cardeais, sempre na altura mediana da planta, conforme Ribeiro et al., (1999), perfazendo 16 folhas por planta e 48 no total por unidade experimental. Enquanto aos 24 meses foi coletada a quarta folha recém-amadurecida de cada ramo, em bom estado fitossanitário, de acordo com Malavolta, (1997). Posteriormente a coleta, as folhas foram lavadas em água deionizada e colocadas para secar em estufa de circulação forçada de ar (70 °C) até massa seca constante, em seguida foram moídas em moinho

tipo Willey e determinados os teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu) no tecido vegetal, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al., (1997).

Crescimento das plantas: aos 12 e 24 meses após aplicação dos tratamentos as plantas foram avaliadas quanto as medidas de altura (H), utilizando-se régua hipsométrica graduada em centímetros desde a superfície do solo até o ápice da parte aérea; diâmetros do tronco, obtido cinco cm acima (DAC) e cinco cm abaixo do ponto de enxertia (DAB), além disso foi obtido também o diâmetro da copa na linha (DL) e na entrelinha/rua (DR). Nas medidas do DAB e DAC foi utilizado um paquímetro digital, marca Mitutoyo, modelo Absolute 150 mm, no primeiro ano e uma suta, marca Haglof, modelo Mantax 100 cm, no segundo ano. Nas medidas do DL e DR foi utilizado uma trena graduada em metros. A partir dos dados de DL e espaçamento entre plantas (E), por meio da equação: $TCCL = (DL/E) \times 100$ e expressa em porcentagem, obteve-se a taxa de cobertura da copa na linha do plantio. A taxa de cobertura na entrelinha/rua, foi obtida a partir do DR e pelo espaçamento utilizado na entrelinha/rua do plantio (E), por meio da equação: $TCCR = (DR/E) \times 100$ e expressa em porcentagem. O volume médio da copa (VC), calculado a partir de H, DL e DR, utilizando-se a fórmula: $VC = (\pi/6) \times H \times DL \times DR$ e expressa em m^3 (TURREL, 1946).

2.4.5 Análise dos dados

Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($P \geq 0,05$) e homocedasticidade pelo teste de Fligner-Killeen. Os dados que apresentaram distribuição normal e/ou homogeneidade de variância foram submetidos à análise de variância, quando o teste F foi significativo ($P < 0,05$), as médias das variáveis dependentes P-resina, estado nutricional da planta, taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), o diâmetro do porta-enxerto acima (DAC) e abaixo (DAB) da enxertia, a taxa de cobertura da copa na entrelinha/rua de plantio (TCCR) e o volume médio da copa (VC) foram comparadas pelo teste de Tuckey ($P < 0,05$).

Quando os dados não obedeceram aos pressupostos da análise de variância, ou seja, normalidade e homocedasticidade, os dados foram transformados de acordo com o log da verossimilhança. Estes procedimentos foram realizados com o pacote ExpDes.pt (FERREIRA et al., 2014) do software R (R CORE TEAM, 2019).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a caracterização do solo antes da implantação do experimento, o mesmo apresentou elevado grau de intemperismo (relação silte/argila em torno de 0,1) e tem como mineral predominante a caulinita (EMBRAPA, 2013) (Tabela 2). O teor de matéria orgânica ($1,87 \text{ g kg}^{-1}$) foi considerado baixo como também as concentrações de K, Ca, Mg e SB, caracterizando o solo como de baixa fertilidade de acordo com Moreira e Fageria, (2009), comumente encontrados na região Amazônica (QUESADA et al., 2011). Apresentou caráter ácido ($\text{pH H}_2\text{O} = 4,7$) e saturação por bases muito baixa ($\text{V}\% = 7,17$ – distrófico) (EMBRAPA, 2013).

Aproximadamente 64% do complexo sortivo do solo estavam ocupados por Al. A CTC foi dependente dos teores da matéria orgânica, com teores mais elevados nas camadas superficiais, decrescendo em profundidade. O teor de P natural do solo foi considerado muito baixo (MOREIRA e FAGERIA, 2009). O teor de P-Remanescente ($15,93 \text{ mg L}^{-1}$) caracteriza um solo com médio potencial para fixar fosfato (VALLADARES et al., 2003) e está estreitamente relacionado com a textura do solo (SOUZA et al., 2006).

A Tabela 3 apresenta os principais atributos químicos, (0-10 cm de profundidade) da área experimental, após a aplicação dos tratamentos.

Tabela 3. Valores médios dos principais atributos químicos (0-10 cm de profundidade) da área experimental, 24 meses após a aplicação dos tratamentos*.

Proporção	modo	pH	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
			mg/kg	cmolc dm ⁻³						%	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹							
0-100	T	5,48	28,68	2,05	1,40	0,25	4,45	3,53	3,78	7,98	44,50	7,60	2,53	30,63	6,23	197,93	5,38	1,13	0,10	34,20
0-100	P	5,80	34,55	2,98	1,35	0,13	3,38	4,40	4,53	7,83	56,23	2,93	2,20	31,55	7,20	206,75	7,15	1,25	0,13	28,23
25-75	T	5,64	31,61	2,51	1,38	0,19	3,91	3,96	4,15	7,90	50,36	5,26	2,36	31,09	6,71	202,34	6,26	1,19	0,11	31,21
25-75	P	5,64	31,61	2,51	1,38	0,19	3,91	3,96	4,15	7,90	50,36	5,26	2,36	31,09	6,71	202,34	6,26	1,19	0,11	31,21
50-50	T	5,63	25,18	2,30	1,33	0,18	3,58	3,68	3,83	7,23	50,85	4,65	2,13	29,80	4,23	221,15	3,78	0,98	0,08	16,95
50-50	P	5,65	30,95	2,53	1,53	0,15	4,55	4,10	4,25	8,65	49,38	3,75	2,40	26,43	3,18	203,50	9,43	0,78	0,10	21,10
75-25	T	5,53	36,15	2,20	1,35	0,23	3,93	3,65	3,88	7,55	50,18	6,63	2,25	27,63	3,80	238,98	3,95	0,85	0,13	28,30
75-25	P	5,50	34,43	2,10	1,38	0,18	4,65	3,55	3,75	8,20	43,55	5,15	2,40	28,40	3,45	190,55	4,03	0,55	0,08	20,73
100-0	T	5,70	49,78	2,95	1,75	0,10	4,23	4,83	4,93	9,03	53,13	2,00	3,00	27,53	5,15	187,50	4,60	0,93	0,10	15,95
100-0	P	6,03	63,80	2,80	1,53	0,08	2,83	4,48	4,55	7,28	61,80	1,90	1,93	28,70	4,48	185,80	4,13	0,83	0,10	18,73

*Análises químicas realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

Em relação as análises dos dados, as variáveis disponibilidade de P no solo aos 12 e 24 meses e os teores foliares de P, Zn e Cu aos 24 meses, não apresentaram distribuição normal, por consequência os dados foram transformados.

2.5.1 Disponibilidade de fósforo no solo

Não houve interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores modos de aplicação e proporções de mistura de fontes sobre a disponibilidade de P no solo, mas houve efeito isolado tanto do fator mistura de fontes (Figura 3) quanto do modo de aplicação (Figura 4), no primeiro ano de cultivo. Por outro lado, esses fatores não afetaram significativamente a disponibilidade de P no segundo ano de cultivo (Tabela 4), exceto com relação ao contraste do tratamento adicional com o contraste do tratamento fatorial.

Em relação ao efeito das proporções das misturas de fontes sobre a disponibilidade de P no primeiro ano, observa-se que a proporção 0:100 (zero % de fosfato natural reativo de Arad e 100% de superfosfato triplo convencional) proporcionou os maiores valores P disponível no solo, porém não diferenciou significativamente dos tratamentos 25:75 e 50:50. Por outro lado, os menores valores de P disponível foram observados no tratamento 100% de P fornecido na fonte fosfato natural reativo, tratamento 100:0, que não diferenciou significativamente comparado ao tratamento 75:25 (Figura 3).

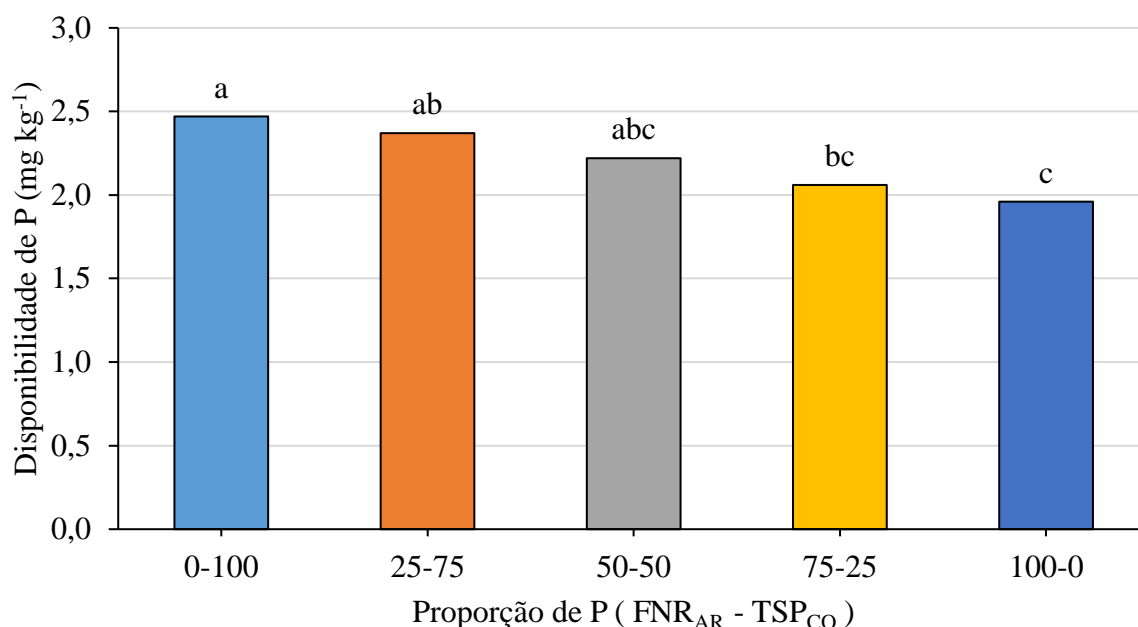


Figura 3. Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

A maior disponibilidade de P no primeiro ano, nos tratamentos com maior proporção da fonte solúvel em relação ao fosfato natural, possivelmente está associado ao fato de que a disponibilidade de P dos fosfatos solúveis em água é maior a curto prazo, enquanto a dos fosfatos naturais aumenta com o tempo decorrido da sua aplicação no solo, dada a sua menor solubilidade (HOROWITZ e MEURER, 2004). Em experimento com proporções e doses das misturas de superfosfato triplo convencional (SFT) com fosfato natural (FN) no desenvolvimento do milho, Franzini et al., (2009), verificaram que a mistura melhorou o aproveitamento do P do FN pelo milho e esse efeito foi crescente com o aumento da proporção do SFT na mistura. Se comparado com o aproveitamento do P do SFT (10,52%) pelas plantas de milho o aproveitamento do P do FN pelo milho (2,57%) foi baixo, mesmo na proporção de 80% SFT: 20% FN (FRANZINI et al., 2009). Portanto, esses autores concluíram que disponibilidade de P do FN é afetada pela proporção das misturas com a fonte solúvel de P, mas não pelas doses deste nutriente.

César, (2016), estudando eficiência agrônômica de misturas de fosfatos acidulados com fosfatos naturais na cultura do milho, verificou que o menor pH da solução saturada formada com a solubilização do SFT, teoricamente, deveria favorecer mais a solubilização da fração do FN. Entretanto, segundo esse autor, o alto teor de Ca (~14%) na composição do SFT determinou a menor solubilização da fração do FN, que ocasionou, por consequência, as menores

eficiências agronômicas relativas na cultura do milho. Sabe-se que um dos fatores determinantes para que ocorra a dissolução dos FNs é a baixa concentração de Ca no ambiente de reação do fertilizante (KHASAWMEH; DOLL, 1978; CHIEN; MENON, 1995; RAJAN et al., 1996).

Quanto ao efeito do modo de aplicação sobre a disponibilidade de P no solo, nota-se que a aplicação total de P contribuiu com os maiores valores de P disponível comparado ao modo de aplicação parcelada (Figura 4). Indicando que o parcelamento limitou a disponibilidade de P no solo, provavelmente em função da menor dose proporcionar uma menor disponibilidade de P (SILVA et al., 2011), menor absorção pelas plantas de laranjeira e ao fato de que a maior parte do P ser ainda adsorvido as frações coloidais do solo. Em algodão, Aquino et al., (2011), testando duas doses de P_2O_5 (50 e 120 kg ha⁻¹) x quatro formas de aplicação parcelada (100/0;75/25;50/50;25/75% da dose do fertilizante fosfatado) x dois sistema de cultivo (irrigado e sequeiro) e dois tratamentos adicionais (não aplicação do P no cultivo sequeiro e irrigado), concluíram que o parcelamento não foi eficiente no aumento da eficiência do fertilizante fosfatado em Neossolo Quartzarênico com disponibilidade de P classificada média.

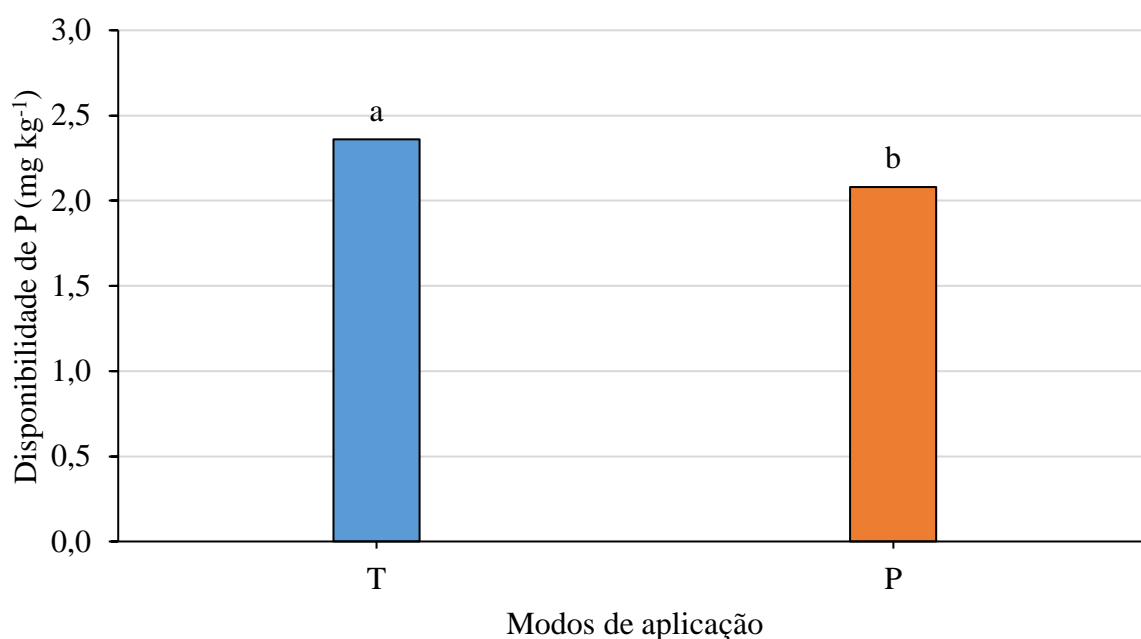


Figura 4. Disponibilidade de fósforo no solo em função do modo de aplicação total (T) e parcelada (P). Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos. Letras distintas indicam diferença significativa das médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Comparando média dos tratamentos fatoriais (mistura de proporções x modos de aplicação) com a média do tratamento adicional (sem o fornecimento de P), verifica-se que o fornecimento de P diferenciou significativamente ($P < 0,05$) a disponibilidade de P no solo (Figura 5). Estes resultados indicam que independente da fonte, solubilidade e misturas entre as fontes, a adubação fosfatada no primeiro ano contribui para o aumento da disponibilidade de P no solo.

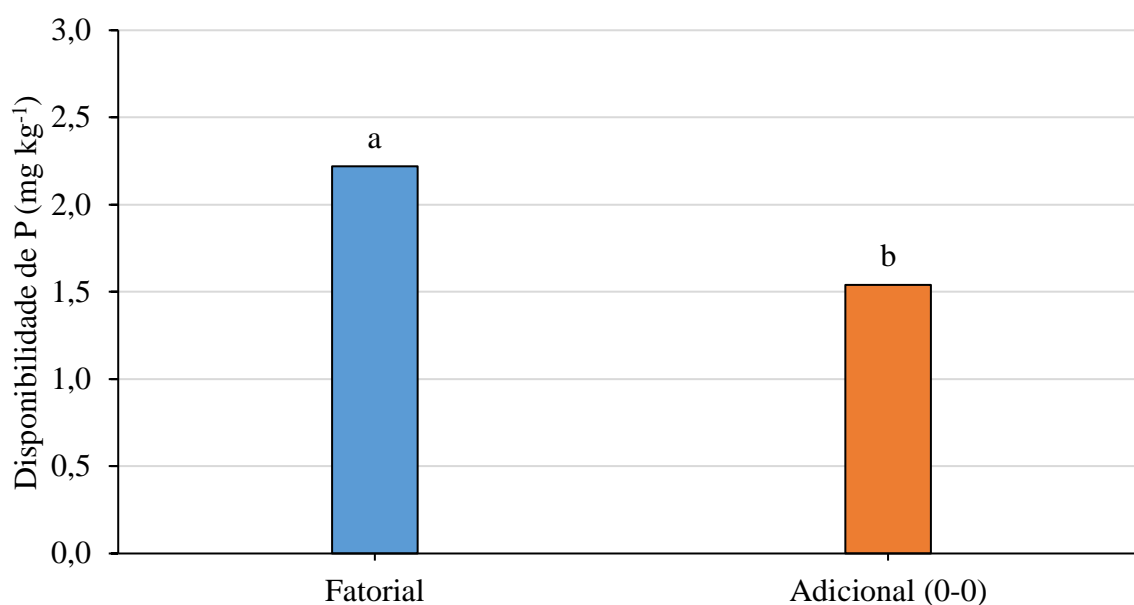


Figura 5. Valores médios da disponibilidade de P no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Comparação obtida de um contraste entre a média do fatorial e a média do tratamento adicional. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos. Letras distintas indicam diferença significativa das médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Ono et al., (2009), testaram superfosfato triplo e fosfato reativo de Arad em soja e milho na sucessão a soja, cultivados em Latossolo Vermelho distroférrico argiloso, e observaram que para a cultura da soja (avaliada aos 72 dias após o plantio), o superfosfato triplo apresentou o melhor desempenho, e quando se avaliou o milho, a fonte fosfato reativo de Arad, tendeu a equipara-se ao superfosfato triplo.

Em relação a ausência dos efeitos dos tratamentos referente ao segundo ano (Tabela 4), é provável que tenha havido um equilíbrio entre a liberação de P das fontes e consequente adsorção deste P a fração argila do solo.

A disponibilidade de P do solo não foi alterada pelos tratamentos entre o primeiro e o segundo ano, sendo essa disponibilidade interpretada como muito alta, de acordo com Raij, (2011). Com o tempo, houve uma tendência de nivelamento da disponibilidade de P entre os

tratamentos, isso pode ser atribuído à ação conjunta de fatores como a extração pela laranjeira, a interação com o solo (fixação) e dinâmica de liberação do P das fontes, fatores estes com graus de interferência variáveis em função dos tratamentos e do tempo decorrido da aplicação dos fosfatos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância da disponibilidade de P no solo, em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 24 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM
		P-resina
Proporções	4	0,02 ns
Modos de aplicação	1	0,12 ns
Proporções x modos	4	0,05 ns
Adicional x fatorial	1	0,49*
Tratamentos	10	0,09*
Blocos	3	0,14 ns
Resíduo	30	0,09
Total corrigido	43	
CV(%)		15,40

* e ns = significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente. Média do tratamento adicional difere significativamente ($P < 0,05$) em relação à média do fatorial.

Apesar de não se ter observado efeito significativo dos tratamentos sobre a variável disponibilidade de P no solo no segundo ano de cultivo, observou-se que os valores médios dos tratamentos fatoriais foram superiores aqueles encontrados no tratamento adicional (Figura 6). Indicando que após o equilíbrio entre a disponibilidade de P, reações deste com o solo e absorção pelas plantas, não houve um aumento na concentração deste elemento pelo efeito dos tratamentos.

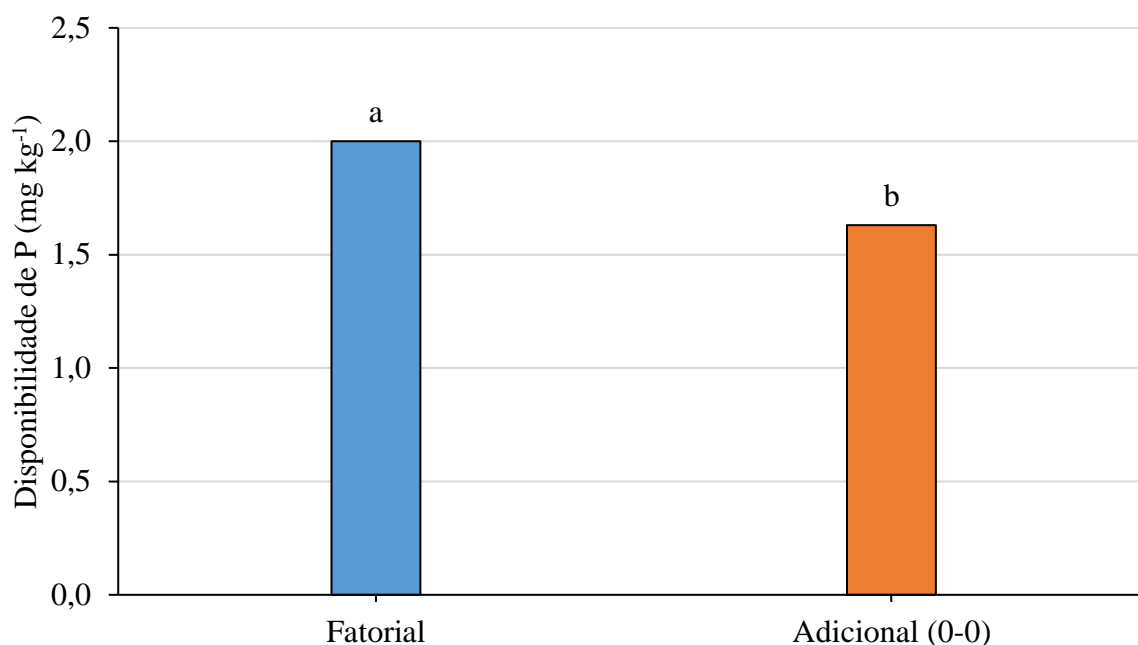


Figura 6. Valores médios da disponibilidade de P no solo, em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Comparação obtida de um contraste entre a média do fatorial e a média do tratamento adicional. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 24 meses após a aplicação dos tratamentos. Letras distintas indicam diferença significativa das médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

2.5.2 Teores foliares de nutrientes

Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) nos teores foliares tanto de macro quanto de micronutrientes nas plantas da laranjeira pera em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação, tanto no primeiro quanto no segundo ano (Tabela 5, 6, 7 e 8). Exceto o teor de Ca e Mg no primeiro ano, em que o teor foliar de Ca foi influenciado significativamente pelo modo de aplicação (Tabela 5) e o teor de Mg pela proporção das misturas (Tabela 5).

O teor de P na classe muito alta no solo (RAIJ, 2011) e na classe alta nas folhas (QUAGGIO et al., 2010) pode estar relacionado à eficiência da planta em absorvê-lo mais eficientemente. Uma possível explicação é que devido à alta mobilidade do P na folha houve deslocamento do fósforo das folhas mais velhas para as folhas analisadas. A redistribuição do P das folhas mais velhas para as mais novas afeta positivamente a produtividade devido ao aumento da área foliar e maior aproveitamento de outros nutrientes do solo pelos citros (MATTOS JÚNIOR et al., 2005). Isto ocorre porque as árvores jovens apresentam taxa de crescimento e demanda por P mais elevada do que as plantas adultas e, ao mesmo tempo, possuem sistema radicular menos desenvolvido, explorando, desta forma, menor volume de solo (QUAGGIO et al., 2010). Existem, portanto, indicativos de que o processo de

remobilização seja mais eficiente do que o da absorção para atender a crescente e rápida demanda do nutriente pela planta, envolvendo, provavelmente, menor custo energético, comparado à aquisição de nutrientes por meio das raízes (ZAMBROSI et al., 2012). Certamente, nas plantas cultivadas em condições que permitem o acúmulo de P em seus tecidos, esta fração será prontamente transportada em direção às partes novas, com maior atividade metabólica. A predominância da remobilização sobre a absorção, mesmo quando as raízes encontram adequada disponibilidade de P no solo, reflete novamente a necessidade de que as árvores tenham acumulado quantidades adequadas de P em seus tecidos para suportarem a demanda de novos fluxos de crescimento (ZAMBROSI et al., 2012).

Tabela 5. Resumo das análises de variância dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Proporções	4	5,19 ns	0,01 ns	55,82 ns	10,20 ns	0,64*	0,02 ns
Modos de aplicação	1	6,16 ns	0,06 ns	82,37 ns	190,53*	0,24 ns	0,10 ns
Proporções x modos	4	4,58 ns	0,07 ns	63,61 ns	21,33 ns	0,17 ns	0,02 ns
Adicional x fatorial	1	0,22 ns	0,001 ns	0,06 ns	35,34 ns	2,34**	0,07 ns
Tratamentos	10	4,55 ns	0,04 ns	56,01 ns	35,20*	0,59**	0,033 ns
Blocos	3	15,52 ns	0,86*	31,21 ns	31,84 ns	0,94**	0,18 ns
Resíduo	30	3,41	0,15	30,52	40,18	0,18	0,08
Total corrigido	43						
CV(%)		7,58	16,71	28,70	35,91	14,53	14,00

** , * e ns = significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente. Média do tratamento adicional difere ($P < 0,01$) em relação à média do fatorial.

Tabela 6. Resumo das análises de variâncias dos teores de Mn, Zn, B, Cu, Fe na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM				
		Mn	Zn	B	Cu	Fe
Proporções	4	18,72 ns	43,65 ns	59,25 ns	3,18 ns	0,58 ns
Modos de aplicação	1	19,32 ns	26,80 ns	46,65 ns	0,03 ns	0,57 ns
Proporções x modos	4	26,70 ns	77,75 ns	209,40 ns	2,32 ns	2,67 ns
Adicional x fatorial	1	15,96 ns	4,00 ns	90,90 ns	2,37 ns	3,00 ns
Tratamentos	10	21,70 ns	51,64 ns	121,22 ns	2,44 ns	1,66 ns
Blocos	3	19,32 ns	112,60*	8,21 ns	9,83*	5,57*
Resíduo	30	14,22	33,20	246,16	1,62	1,34
Total corrigido	43					
CV(%)		21,00	12,00	24,20	14,23	9,2

* e ns = significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Em relação ao efeito significativo do modo de aplicação da fonte de P no teor foliar de Ca no primeiro ano (Tabela 5), a aplicação total de P proporcionou os maiores teores foliares deste nutriente comparativamente a aplicação parcelada (Figura 7).

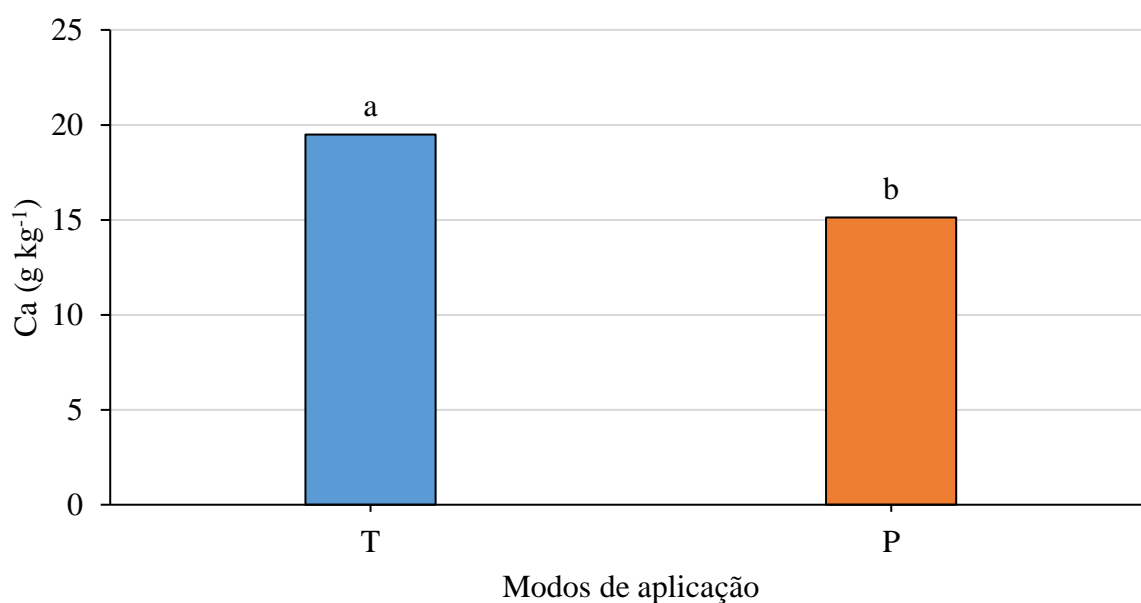


Figura 7. Teor de Ca na folha da laranjeira Pera Rio em função dos modos de aplicação total (T) e parcelada (P) de fósforo. Amostras de folhas coletadas 12 meses após a aplicação dos tratamentos. Letras distintas indicam diferença significativa das médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Com a dissolução do STP_{CO} e o FNR_{AR}, houve aumento da concentração de Ca e de P nas vizinhanças das partículas do FNR_{AR}, tendendo a um equilíbrio e restringindo a dissolução do FNR_{AR} (NOVAIS et al., 2007). Com isso, pode-se considerar que houve maior absorção de Ca pela laranjeira pera, apesar do teor de 17,31 g kg⁻¹ estar abaixo do nível crítico de 30 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997). Segundo Rodriguez, (1980) e Mattos Júnior et al., (2005), é normal teor alto de Ca nas folhas de plantas cítricas. Silva et al., (2011) analisando efeito residual do adubo fosfatado na produtividade do girassol em sucessão ao algodoeiro, verificou que a aplicação de maior parcela da dose do total de P (60 kg ha⁻¹) em cobertura no algodoeiro resultou em maior produtividade do girassol em sucessão, e que os teores de P e Ca encontrados na folha índice de girassol foram influenciados pela aplicação parcelada do P no algodoeiro cultivado anteriormente. Segundo este autor, as aplicações em semeadura e parceladas não diferiram entre si quanto ao teor desses nutrientes e foram menores, além disso, a adequada disponibilidade de P contribuiu para maior crescimento do sistema radicular, maior transpiração e, por consequência, maior teor de Ca na folha índice de girassol (SILVA et al., 2011).

Quanto ao Mg, houve diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste F no teor foliar entre as proporções aos 12 meses após aplicação dos tratamentos, porém, na comparação entre as médias pelo teste Tukey, não houve diferença significativa (Figura 8). Com exceção das proporções (25-75) e (100-0) o teor de Mg ficou dentro do nível crítico de 3,0 g kg⁻¹ (MALAVOLTA et al., 1997).

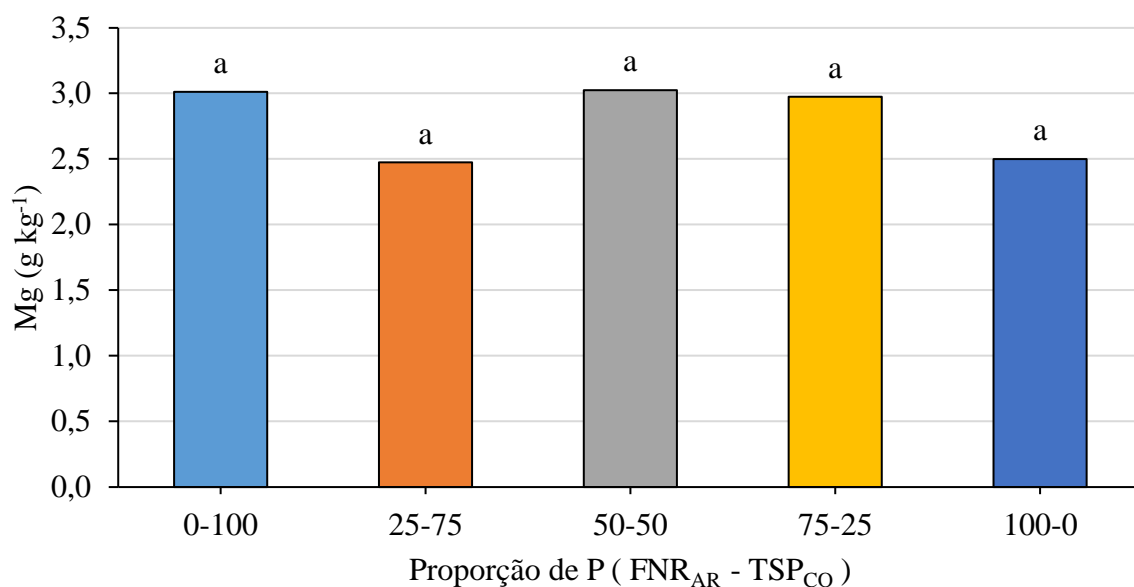


Figura 8. Teor de Mg na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad. Amostras de folhas coletadas 12 meses após a aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação ao efeito do contraste dos tratamentos fatoriais versus tratamento adicional do Mg, nota-se que a média do tratamento fatorial difere significativamente em relação ao média do tratamento adicional, no primeiro ano (Tabela 5). Nota-se que os valores do tratamento adicional foram superiores ao tratamento fatorial (Figura 9). Tal comportamento possivelmente se deve ao potencial que o TSP_{CO} e o FNR_{AR}, ausentes no tratamento adicional, em aumentar a concentração de Ca, o que pode inibir competitivamente a absorção do Mg (MALAVOLTA et al., 1997). Além disso, a adubação básica de 20,0 kg ha⁻¹ de K₂O também pode ter inibido a absorção do Mg nos tratamentos, que refletiu nas médias dos contrastes do fatorial. O efeito depressivo do K sobre o Mg é um exemplo clássico de interação negativa entre nutrientes (MEURER, 2006). Segundo Malavolta et al., (2007), esse fenômeno é comum em citros, muito exigentes em K, o que leva ao emprego de fórmulas ricas em K₂O.

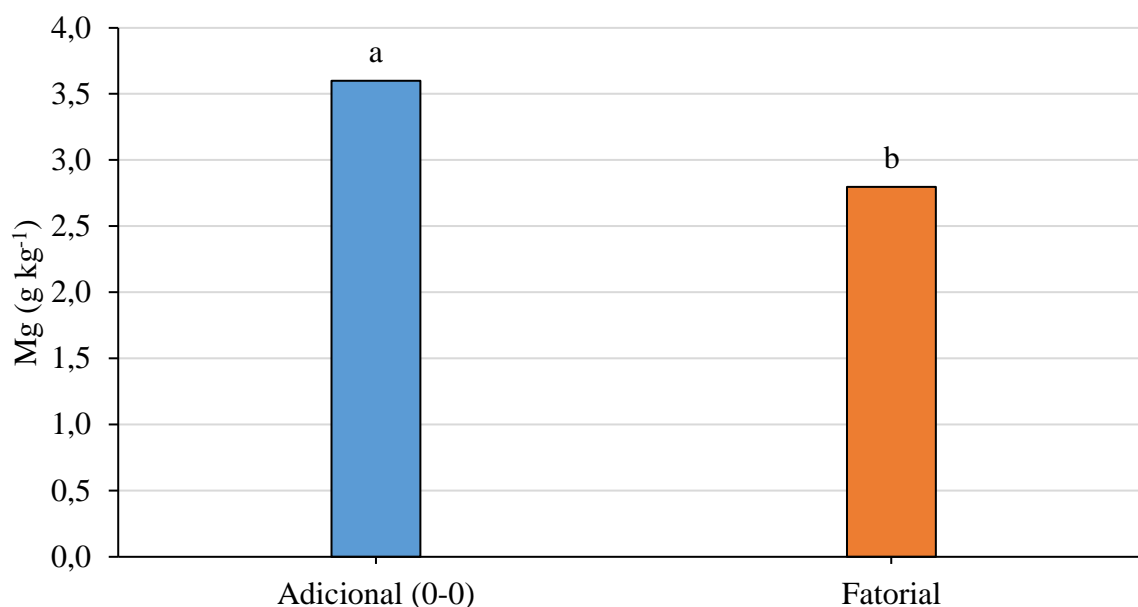


Figura 9. Valores médios do teor de Mg na folha da laranjeira Pera Rio, em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Comparação obtida de um contraste entre a média do fatorial e a média do tratamento adicional. Amostras de folhas coletadas 12 meses após a aplicação dos tratamentos. Letras distintas indicam diferença significativa das médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação aos resultados do estado nutricional das plantas no segundo ano, apesar dos fatores não influenciarem significativamente os teores foliares de nutrientes, houve efeito significativo do contraste fatorial x adicional para o elemento N (Tabela 7). Nota-se que o teor médio de N no tratamento fatorial foi superior aos valores encontrados no tratamento adicional (Figura 10). Apesar de tanto os tratamentos adicionais quanto os tratamentos fatoriais terem recebido a mesma quantidade de N (90 kg ha^{-1}) na adubação, é provável que tenha havido um efeito sinérgico entre o P e N promovendo uma maior absorção do N pela planta. Araújo e Machado, (2006), observaram que o suprimento inadequado de P pode diminuir a absorção de NO_3^- e NH_4^+ , diminuir a translocação do NO_3^- absorvido para a parte aérea (acúmulo de NO_3^- nas raízes), com acúmulo de aminoácidos tanto nas folhas como nas raízes, que pode ser devido à inibição da síntese ou à degradação das proteínas. Deve-se notar que o P tem participação essencial no metabolismo do N. O N e o P interagem de forma sinérgica, em que ambos os nutrientes, em doses adequadas, promovem aumentos na produção vegetal maiores do que aqueles obtidos com aplicação de cada nutriente isoladamente (SHUMAN, 1994).

Tabela 7. Resumo das análises de variância dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Proporções	4	7,74 ns	0,20 ns	83,30 ns	4,91 ns	1,23 ns	0,54 ns
Modos de aplicação	1	2,70 ns	0,0008 ns	52,21 ns	5,48 ns	0,26 ns	0,13 ns
Proporções x modos	4	8,31 ns	0,13 ns	45,13 ns	11,43 ns	0,61 ns	0,37 ns
Adicional x fatorial	1	20,6*	0,11 ns	35,11 ns	1,71 ns	1,88 ns	0,16 ns
Tratamentos	10	8,75*	0,14 ns	60,11 ns	7,26 ns	0,95 ns	0,40 ns
Blocos	3	4,87 ns	0,74**	71,80 ns	105,96**	1,22 ns	1,05 ns
Resíduo	30	4,5	0,11	65,27	21,46	0,47	0,41
Total corrigido	43						
CV(%)		7,00	11,33	45,30	17,33	21,11	16,70

**, * e ns = significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente. Média do tratamento adicional difere ($P < 0,05$) em relação à média do fatorial.

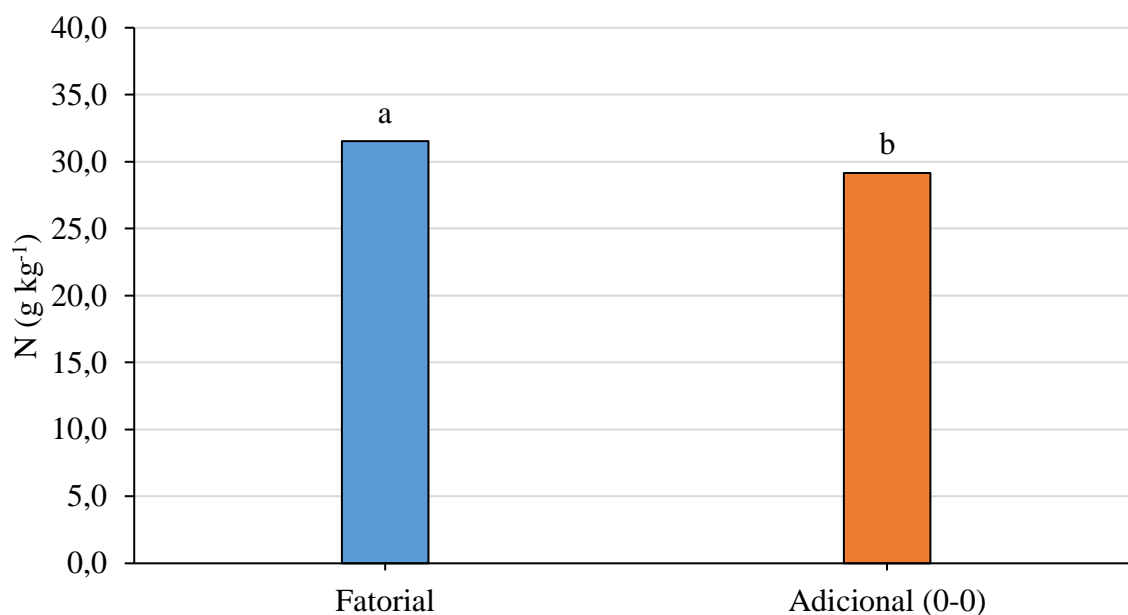


Figura 10. Valores médios do teor de N na folha da laranjeira Pera Rio, em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Comparação obtida de um contraste entre a média do fatorial e a média do tratamento adicional. Amostras de folhas coletadas 24 meses após a aplicação dos tratamentos. Letras distintas indicam diferença significativa pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Não houve efeito significativo nos teores foliares de micronutrientes nas folhas das laranjeiras (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo das análises de variância dos teores de Mn, Zn, B, Cu, Fe na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM				
		Mn	Zn	B	Cu	Fe
Proporções	4	22,93 ns	7,21 ns	80,50 ns	0,13 ns	281,22 ns
Modos de aplicação	1	0,06 ns	13,88 ns	520,60 ns	0,04 ns	7,92 ns
Proporções x modos	4	15,00 ns	5,30 ns	121,82 ns	0,32 ns	589,31 ns
Adicional x fatorial	1	1,00 ns	0,09 ns	37,18 ns	0,02 ns	32,84 ns
Tratamentos	10	15,28 ns	6,40 ns	136,70 ns	0,19 ns	352,29 ns
Blocos	3	6,70 ns	14,41 ns	510,60 ns	0,85 ns	95,27 ns
Resíduo	30	11,23	6,3	214,73	0,32	870,45
Total corrigido	43	13,85	0,40	16,38	5,41	21,40
CV(%)						

ns = não significativo pelo teste F.

2.5.3 Crescimento das plantas

Não houve efeito da interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores modos de aplicação e proporções de mistura de fontes sobre a disponibilidade de P no solo, bem como efeito isolado desses fatores no crescimento das plantas de laranjeira Pera Rio, tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9. Resumo das análises de variância da taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), diâmetro do tronco 5 cm acima da enxertia (DAC), diâmetro do tronco 5 cm abaixo da enxertia (DAB); taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR) e volume médio da copa (VC), em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Avaliações obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM				
		TCCL	DAC	DAB	TCCR	VC
Proporções	4	41,00 ns	0,07 ns	0,14 ns	6,65 ns	2,37 ns
Modos de aplicação	1	13,60 ns	1,31 ns	1,08 ns	6,20 ns	0,98 ns
Proporções x modos	4	35,63 ns	0,21 ns	0,37 ns	9,97 ns	1,76 ns
Adicional x fatorial	1	22,70 ns	0,01 ns	0,001 ns	5,13 ns	0,17 ns
Tratamentos	10	34,28 ns	0,24 ns	0,31 ns	7,78 ns	1,77 ns
Blocos	3	2,60 ns	0,83 ns	0,94 ns	11,22 ns	0,50 ns
Resíduo	30	110,21	0,79	0,8	65,34	9,63
Total corrigido	43					
CV(%)		18,14	15,56	14,26	18,02	43,23

ns = não significativo pelo teste F.

Tabela 10. Resumo das análises de variância da taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), diâmetro do tronco 5 cm acima da enxertia (DAC), diâmetro do tronco 5 cm abaixo da enxertia (DAB); taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR) e volume médio da copa (VC), em função da substituição parcial de superfosfato triplo por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Avaliações obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM				
		TCCL	DAC	DAB	TCCR	VC
Proporções	4	25,10 ns	0,36 ns	0,21 ns	0,024 ns	0,10 ns
Modos de aplicação	1	11,50 ns	0,70 ns	0,70 ns	0,01 ns	0,13 ns
Proporções x modos	4	69,72 ns	1,05 ns	1,50 ns	0,03 ns	0,32 ns
Adicional x fatorial	1	83,16 ns	0,02 ns	0,05 ns	0,05 ns	0,36 ns
Tratamentos	10	47,40 ns	0,63 ns	0,8 ns	0,03 ns	0,22 ns
Blocos	3	121,15 ns	1,80 ns	2,67 ns	0,22 ns	1,75 ns
Resíduo	30	131,43	1,34	1,63	0,11	0,85
Total corrigido	43					
CV(%)		15,66	12,74	13,27	5,55	21,61

ns = não significativo pelo teste F.

É provável que a ausência de efeitos dos tratamentos no crescimento das plantas de laranja Pera Rio tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo seja em função de que as mudas utilizadas no presente estudo já apresentavam sua demanda metabólica satisfeita,

quanto a P. Tal premissa é comprovada pelo fato de que até as plantas cultivadas sem o fornecimento de P, apresentaram teores foliares na faixa de $2,33 \text{ g kg}^{-1}$. Valores considerados adequados para o bom desenvolvimento de plantas de laranjeira Pera Rio (MALAVOLTA et al., 1997). Evidenciando que as mudas de laranjeira Pera Rio já vieram com uma reserva de P na biomassa e no substrato.

De acordo com o produtor das mudas, as mudas de laranjeiras são produzidas utilizando como substrato a fibra de coco com vermiculita, irrigadas regularmente com solução nutritiva, via fertirrigação. A solução nutritiva é constituída de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e MgSO_4 , ambos na dosagem de 600 g/1000 litros de água; fosfato monoamônico (MAP) hidrossolúvel, na dosagem de 400 g/1000 litros de água; 25 g/1000 litros de água de EDTA(6%), como quelante, e BD KSC MIX para suprimento de micronutrientes.

Resultados de pesquisa com adubação fosfatada em plantações de eucalipto, o P promoveu incremento de 20% no diâmetro do coleto aos dois meses e 68% aos seis meses após o plantio (BAZANI, 2014).

Em estudo com eficiência de fosfato natural reativo aplicado em misturas com superfosfato triplo em milho e soja, o fornecimento de P aumentou a produção e o acúmulo de massa seca da parte aérea (MSPA) (FRANZINI et al., 2009).

Resende et al., (2006) aplicaram o fosfato reativo de Arad a lanço, em área total e incorporado no sulco. Esses autores observaram maior produtividade de grãos de milho.

Soares et al., (2000) avaliaram a eficiência de fosfato natural reativo em recuperação de pastagem degradada e observaram resposta superior em produção de matéria seca de *Brachiaria decumbens* quando esse fosfato foi espalhado e incorporado ao solo, em relação ao não incorporado.

2.6 CONCLUSÕES

Os modos de aplicação e a substituição parcial do superfosfato triplo convencional por fosfato natural reativo de Arad interferiu na disponibilidade de P no solo nas plantas jovens de laranjeira Pera Rio.

As proporções 0:100, 25:75 e 50:50 (% de fosfato natural reativo de Arad e % de superfosfato triplo convencional), proporcionaram os maiores valores de P disponível no solo e os menores valores pelas proporções 100:0 e 75:25. O modo de aplicação total contribuiu com os maiores valores de P disponível no solo.

Os modos de aplicação e a substituição parcial do superfosfato triplo convencional por fosfato natural reativo de Arad não interferiu no estado nutricional e nem no crescimento das plantas jovens de laranjeira Pera Rio.

O comportamento do estado nutricional e do crescimento das plantas é mais dependente do estado nutricional das mudas quando comparado aos tratamentos que foram fornecidos.

Na escolha da fonte é interessante que misture essas fontes na proporção 0:100 (0% de fosfato natural reativo de Arad e 100% de superfosfato triplo convencional) ou 25:75 ou 50:50 no modo de aplicação total, isso pode trazer ganhos na disponibilidade de P no solo na fase inicial da implantação dos pomares de citros.

2.7 REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, p. 711-728, 2013.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; OLIVEIRA, R. A.; NEVES, J. C. L.; LIMA, T. C.; BATISTA, C. H. Parcelamento do fertilizante fosfatado no algodoeiro em sistema de cultivo irrigado e de sequeiro. *R. Bras. Eng. Agric. Ambiental*, v. 15, n.5, p.463-470, 2011.

ARAÚJO, A. C.; NOBRE, A. D.; KRUIJT, B.; ELBERS, J. A.; DALLAROSA, R.; STEFANI, P.; von RANDO, C.; MANZI, A. O.; CULF, A. D.; GASH, J. H. C.; VALENTINI, R.; KABAT, P. Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: The Manaus LBA site. *Journal of geophysical research*, v. 107 (D20), p. LBA – 58: 1-20, 2002.

ARAUJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNADES, M. S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, 2006. p. 253-280.

BARROW, N. J. Reactions of anions and cations with variablecharge soil. *Adv. Agron.*, 38:183-230, 1985.

BATISTA, I. M. P. Recomendação de calagem para alguns solos do Estado do Amazonas. 37 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrária, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 2014.

BAZANI, J. H. Eficiência de fertilizantes fosfatados solúveis e pouco solúveis, com ou sem complexação com substâncias húmicas, em plantações de eucalipto. *Dissertação (Mestrado) – ESALQ*. Piracicaba. 129 p. 2014.

BOHLMAN, S. A.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G.; NASCIMENTO, H. E. M.; FEARNside, P. M.; ANDRADE, A. Importance of soils, topography and geographic distance in structuring central Amazonian tree communities. *Journal of Vegetation Science*. Vol. 19, No. 6, pp. 863-874, 2008.

BOUYOCOS, G. J. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soil. *Soil Science*. 23:343-349. 1927.

CARVALHO, M. A. de. Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizontes B latossólico e B textural. Lavras: ESAL, 1985. 79p. Tese de Mestrado.

CÉSAR, F. R. C. F. Eficiência agronômica de misturas no mesmo grânulo de fosfatos acidulados, fosfatos naturais e enxofre elementar. Piracicaba, 2016. 132p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

CHEPKWONY, C. K.; WILLIAMSON P. S.; NGENO R. K.; ONGOMA P. O.; NGUTA C. M. Effect of combinations of rock phosphate and superphosphate on extractable phosphate concentrations in soils. *Journal of the Kenya Chemical Society* 2:2-8, 2005.

CHIEN, S. H.; MENON, R. G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. *Fertilizer Research* 41: 227-234, 1995.

CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L. I.; TU, S.; SNYDER, C. S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers varying in source and solubility: an update review. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 89, p. 229-255, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. ver. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 221p.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. *Applied Mathematics*, 5, 2952-2958, (2014). doi: [10.4236/am.2014.519280](https://doi.org/10.4236/am.2014.519280).

FRANZINI, V. I.; MURAOKA, T.; MENDES, F. L. Ratio and rate effects of 32P-triple superphosphate and phosphate rock mixtures on corn growth. *Scientia Agricola* 66: 71-76, 2009.

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em: <http://mapas.google.com>. Consulta realizada em abril de 2019.

HANSEL, F. D.; AMADO, T. J. C.; BORTOLOTTI, R. P.; TRINDADE, B. S.; HANSEL, D. S. S. Influence of different phosphorus sources on fertilization efficiency. *Applied Research & Agrotechnology*, v.7, n.1, p.103-111, 2014.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agronômica dos fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALA, S. R. S. e. Fósforo na agricultura brasileira. 1. ed. Piracicaba: Potafos, 2004. Volume 1, Capítulo 20, página 537-558.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em Abril/2019.

KHASAWNEH, F. E.; DOLL, E. C. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Advances in Agronomy* 30:159-206, 1978.

MAHIMAIRAJA, S.; BOLAN, N. S. HEDLEY, M. J. Dissolution of rock phosphate during the composing of poultry manure: An incubation experiment. *Fertiliser Research* 40:93-104, 1995.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. D. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARQUES FILHO, A. O.; RIBEIRO, M. N. G.; DOS SANTOS, H. M.; DOS SANTOS, J. M. Estudos climatológicos da Reserva Floresta Ducke-Manaus-AM, 4: Precipitação. *Acta Amazonica* 11, 759-768, 1981.

MATTOS JUNIOR, D.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A. Nutrição dos citros. In: MATTOS JUNIOR, D.; De NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). Citros. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fapesp, 2005. p. 197-219.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: CLAYS & CLAY MINERAL CONFERENCE, 7., London, 1960. Proceedings. London, v.7, 1960. p.317-327.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 281 - 298. 2006.

MOREIRA, A.; FAGERIA, N. K. Soil Chemical Attributes of Amazonas State, Brazil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 40, n. 17-18, p. 2912-2925, 2009.

MURAOKA, T.; BRASIL, E. C.; SCIVITTARO, W. B. Phosphate fertilizers with varying water-solubility applied to Amazonian soils: II. Soil P extraction methods. In: Assessment of soil phosphorus status and management of phosphatic fertilizers to optimize crop production. International Atomic Energy Agency – IAEA. Vienna, Austria, 2002. p. 150 – 155.

NGENO, R. K.; CHEPKWONY, C. K.; NGUTA, C. M; ROTICH, M. K. The effects of Combination of Minjingu Phosphate Rock and Single Superphosphate Fertilizer on Dissolution on Minjingu Phosphate Rock in Soils. *Egerton Journal of Science and Technology* 8:170-185, 2008.

NORRISH, K.; TAYLOR, R. M. The isomorphous replacement of iron by aluminum in soil goethites. *J. Soil Sci.*, 12:294- 306, 1961.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. V. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

ONO, F. B.; MONTAGNA, J.; NOVELINO, J. O; SERAFIM, M. E.; DALLASTAS, D. C.; GARBIATE, M. V. Eficiência agrônômica de superfosfato triplo e fosfato natural de Arad em cultivos sucessivos de soja e milho. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v. 33, n. 3, p. 727-734, maio/jun., 2009.

OWITI, J. O., CHEPKWONY, C. K.; KINYANJUI, T. K. Effect of Combinations of Phosphate Rock and Superphosphate on Dissolution of Phosphate Rock in Water. *International Journal of Life Sciences Research*. vol. 2, Issue 4, pp:205-212, 2014.

PARFITT, R. L. Anion adsorption by soils and soil materials. *Adv. Agron.*, 30:1-46, 1978.

PARFITT, R.L. Phosphate reactions with natural allophane, ferrihydrite and goethite. *J. Soil Sci.*, 40:359-369, 1989.

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C.; CHIEN, S. H. Eficiência agrônômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos/Anda, 2003. CD-ROM.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M. Citros. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Org.). Boas Práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2010. v. 2, p. 373-412.

QUESADA, C. A.; LLOYD, J.; ANDERSON, L. O.; FYLLAS, N. M.; SCHWARZ, M.; CZIMCZIK, C. I. Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites. *Biogeosciences*, v. 8, n. 6, p. 1415, 2011.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 420 p. 2011.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. da. Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soil by a ion-exchange resin procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 17, n. 5, p. 544-566, 1986.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAJAN, S. S. S.; WATKINSON, H.; SINCLAIR, A. G. Phosphate rocks for direct application to soils. *Advances in Agronomy* 57: 77-159, 1996.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R version 3.5.3 (2019-03-11) -- "Great Truth" Copyright (C) 2019 The R Foundation for Statistical Computing Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit). URL <https://www.R-project.org/>. (2019).

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPORA, 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. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, p. 453 - 466, 2006.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 180 p.

RODRIGUEZ, O. Nutrição e adubação dos citros In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F. C. P. (Coord.). *Citricultura Brasileira*. Campinas, Fundação Cargill, 1980. v. 2, cap. 15, p. 385-428.

SANTOS, J. Z. L. Frações de fósforo em solo da região do cerrado, adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. Lavras, 2005. 65 p. Dissertação (Mestrado) – UFLA.

SHUMAN, L. M. Mineral nutrition. In: WILKINSON, R. E., ed. Plant-environment interactions, New York, Marcel Dekker, 1994, p. 149-182;

SILVA, T. A. F.; TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; BATISTA, I. M. P.; MIRANDA, J. F.; SOUZA, M. M. Calagem e adubação fosfatada para a produção de mudas de *Swietenia macrophylla*. Floresta, Curitiba, PR, v. 41, n. 3, p. 459-470, 2011.

SILVA, H. R. F.; AQUINO, L. A.; BATISTA, C. H. Efeito residual do adubo fosfatado na produtividade do girassol em sucessão ao algodoeiro. Biosc. J., Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 786-793. 2011.

SOARES, W. V.; LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. de; REIN, T. A. Avaliação do fosfato natural de Gafsa para recuperação de pastagem degradada em Latossolo Vermelho-Escuro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.35, p.819-825, 2000.

SOUZA, C. E. S.; SILVA, M. O.; DUDA, G. P., MENDES, A. M. S. Solubilização de fósforo de fertilizantes fosfatados após tratamento com diferentes resíduos orgânicos. Revista de Biologia e Ciência da Terra. v. 7. n. 1, 2007.

SOUZA, F. S.; FARINELLI, R.; ROSOLEM, C. A. Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 31: 387-392, 2007.

SOUZA, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; CARVALHO, J. G. & FRAGOAS, J. C. Banana prata anã. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V. H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.217- 218.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 6, p. 975-983, 2006.

SRINIVASARAO, C.; SINGH, R. N.; GANESHAMURTHY, A. N.; GHANSHAM, S. & MASOOD, A. Fixation and recovery of added phosphorus and potassium in different soil types of pulse-growing regions of India. Comm. Soil Sci. Plant. Anal., 38:449-460, 2007.

THIBAUD, G. R.; FARINA, M. P. W.; HUGHES, J. C.; JOHNSON, M. A. Maize response to Langebaan phosphate rock-superphosphate mixtures under glasshouse conditions. South African Journal of Plant and Soil 10:110-118, 1993.

TURREL, F. M. 1946. Tables of Surfaces and Volumes of Spheres and of Prolate and Oblate Spheroids and Spheroidal Coefficients. University of California Press, Berkeley, CA, USA.

YASSI, N.; MORAIS, A. R.; MUNIZ, J. A. Análise de variância em um experimento fatorial de dois fatores com tratamentos adicionais. Ciênc. agrotec., Lavras. Edição Especial, p. 1541-1547, 2002.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 111-118, 2003.

ZAMBROSI, F. C. B.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MURAOKA, T.; SYVERTSEN, J. P. Contribution of phosphorus absorption and remobilization for citrus growth. *Plant and Soil*, v. 355, p. 353-362, 2012.

CAPÍTULO 3

SILVA JÚNIOR, Raymundo Leite da. **Modos de aplicação e substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad na cultura da laranjeira Pera Rio**. 2019. 124p. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM. Orientador: José Zilton Lopes Santos.

3.1 RESUMO

O fertilizante fosfatado de liberação lenta provoca aumento de sua eficiência, reduz a toxidade do solo, minimiza os potenciais efeitos negativos associados a superdosagem, reduz a frequência de aplicação, além de melhorar o solo para o cultivo em relação a melhor aeração e na prevenção da friabilidade e erosão. No presente trabalho objetivou-se avaliar se o modo de aplicação e a substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad interfere na disponibilidade de P no solo, estado nutricional e crescimento de plantas jovens de laranjeira Pera Rio. O experimento foi instalado em delineamento blocos casualizados, com quatro repetições e três plantas por unidade experimental, totalizando 132 plantas úteis. As plantas foram cultivadas sob o efeito de 150 kg de P_2O_5 ha^{-1} , utilizando uma combinação fatorial $5 \times 2 + 1$, envolvendo cinco diferentes proporções de fosfato natural reativo de Arad com superfosfato triplo de liberação lenta (em %) (0-100; 25-75; 50-50; 75-25 e 100-0, respectivamente), com dois modos de aplicação (aplicação de toda a dose no primeiro ano e aplicação parcelada na cova, sendo 1/3 da dose total aplicada no primeiro ano e 1/3 da dose total aplicada no segundo ano), mais um tratamento adicional, sem o fornecimento de P. As plantas foram mantidas nessas condições por 36 meses. A cada 12 meses, foram avaliados a disponibilidade de P no solo e o grau de variação nos parâmetros nutricionais e biométricos de cada planta. No modo de aplicação total os maiores valores de P disponível no solo foram observados nas proporções 0:100 e 25:75. Os tratamentos não interferiram no estado nutricional, exceto no nutriente P. O modo de aplicação total em todas as proporções proporcionou os maiores teores de P na folha e a maior taxa de cobertura na copa na rua de plantio das laranjeiras.

3.2 ABSTRACT

SILVA JÚNIOR, Raymundo Leite da. **Modes of application and partial substitution of slow-release triple superphosphate by Arad reactive natural phosphate in Pera Rio orange tree.** 2019. 124p. Doctoral thesis (PhD in Tropical Agronomy). Federal Amazon University, Manaus, AM. Advisor: José Zilton Lopes Santos.

Slow-release phosphate fertilizer increases its efficiency, reduces soil toxicity, minimizes the potential negative effects associated with overdosage, reduces application frequency, improves soil cultivation in relation to better aeration and in the prevention of friability and erosion. The objective of this study was to evaluate if the mode of application and partial substitution of slow-release triple superphosphate by Arad reactive natural phosphate interferes with the availability of P in soil, nutritional status and growth of young plants of Pera Rio orange tree. The experiment was installed in a randomized complete block design, with four replications and three plants per experimental unit, totalizing 132 useful plants. The plants were grown under 150 kg of P_2O_5 ha⁻¹, using a 5x2+1 factorial combination, involving five different proportions of Arad reactive natural phosphate with slow-release triple superphosphate (in%) (0-100 , 25-75, 50-50, 75-25 and 100-0, respectively), with two modes of application (application of the full dose in the first year and partial application in the pit, 1/3 of the total dose applied in the first year and 1/3 of the total dose applied in the second year) plus one additional treatment without the provision of P. The plants were maintained under these conditions for 36 months. Every 12 months, the availability of P in the soil and the degree of variation in the nutritional and biometric parameters of each plant were evaluated. In the total application mode, the highest available soil P values were observed in the proportions 0:100 and 25:75. The treatments did not interfere in the nutritional status, except in the P nutrient. The total application mode in all proportions provided the highest levels of P in the leaf and the highest coverage rate in the canopy on the orange tree planting street.

3.3 INTRODUÇÃO

Quando a adubação de implantação ou de impulso é feita com superfosfatos como fonte solúvel ocorre resposta inicial da planta, dado o equilíbrio estabelecido entre o crescimento rápido, a maior demanda de P ocorrida nessa fase e uma grande disponibilidade inicial de P dessa fonte (NOVAIS et al., 2007). No entanto, essas fontes de fosfatos solúveis em água são mais caras e suscetíveis a adsorção, retenção, fixação e precipitação de P, especialmente em solos ácidos tropicais (PEREIRA et al., 2014). Segundo Falcão, (2004), estima-se que apenas 5% a 25% do fósforo solúvel adicionado ao solo, como adubo, seja aproveitado pela cultura que o recebeu e que 95% a 75% dele seja fixado.

Em solos deficientes em P, a eficiência de uso de P é muito baixa e menos que 80% do P aplicado pode ser fixado nos constituintes do solo ou precipitado com compostos de Ca, Fe e Al e, assim, tornando-se indisponível para as plantas (GILL et al., 1994; TROLOVE et al., 2003; VANCE et al., 2003) ou convertido para formas orgânicas (HOLFORD, 1997) e cerca de 20% ou menos do P aplicado é removido pela cultura no primeiro ano após a sua aplicação.

Estudos com culturas anuais mostram que frequentemente a calagem atenua esses efeitos negativos, podendo aumentar a disponibilidade de P para plantas cultivadas em solos ácidos. Todavia, a calagem causa apenas um ligeiro efeito na nutrição e no crescimento de espécies de plantas nativas, como mostram trabalhos de pesquisas em solos amazônicos (PEREIRA et al., 2014).

Com base no acúmulo de evidências experimentais, não surpreende o fato que quanto maior o contato do fertilizante P com solos altamente intemperizados, maior a adsorção e menor a disponibilidade de P para as plantas. Entre as várias estratégias baseadas no continuum solo-rizosfera que poderia ser usado para melhorar a disponibilidade e eficiência de uso P (SHEN et al., 2011), o uso de fertilizantes fosfatados de liberação lenta revestidos ganhou reconhecimento (MCLAUGHLIN et al., 2011). A pesquisa está sendo cada vez mais voltada para o desenvolvimento de novas tecnologias para fornecer P para as plantas de uma maneira lenta (TEIXEIRA et al., 2016).

A eficiência de fertilizantes fosfatados revestidos com polímeros com liberação controlada e lenta de nutrientes para a solução do solo estão sendo atualmente testadas (CHAGAS et al., 2016a; CHIEN et al., 2009). Em um experimento para quantificar a eficiência agrônômica e avaliar características de crescimento e nutricionais, durante o crescimento inicial

do cafeeiro, utilizando superfosfato triplo revestido por polímeros e superfosfato triplo convencional, Chagas et al., (2016b), concluíram que o fertilizante fosfatado revestido por polímeros aumentou a altura, a massa seca, o acúmulo de fósforo nas folhas do cafeeiro e a eficiência agronômica em relação ao superfosfato triplo convencional.

Fertilizantes de liberação controlada e lenta são feitos para liberar os seus conteúdos de nutrientes gradualmente e de forma a coincidir com a necessidades de nutrientes da planta. Esses fertilizantes são fisicamente preparados a partir dos grânulos de fertilizantes solúveis, os quais são revestidos com materiais que reduzem a sua taxa de dissolução (WU e LIU, 2008). O componente ativo solúvel é revestido com uma membrana que serve como uma barreira de difusão. O uso de fertilizante fosfatado de liberação lenta provoca aumento de sua eficiência, reduz a toxicidade do solo, minimiza os potenciais efeitos negativos associados a superdosagem, reduz a frequência de aplicação (TOMASZEWSKA et al., 2002). Além disso, esses materiais podem melhorar o solo para o cultivo em relação a melhor aeração e na prevenção da friabilidade e erosão. A avaliação da taxa de liberação e seu mecanismo são essenciais para a seleção de fertilizantes apropriados para um dado conjunto de condições ou para o desenvolvimento de formulações adequadas de fertilizantes de liberação controlada e lenta (TOMASZEWSKA et al., 2002).

Comparado com pesquisas sobre mistura de fontes de fósforo com elevada solubilidade com fosfatos naturais reativos, informações limitadas estão disponíveis na literatura a respeito de misturas de fontes de fósforo revestidos por polímeros de liberação controlada com fosfatos naturais reativos. A maioria dos trabalhos com fertilizantes de liberação controlada e lenta foram desenvolvidos em outros países e principalmente de polímeros com nitrogênio e ureia, sob condições diferentes das do Brasil, o que torna necessária a condução de experimentos envolvendo fertilizantes revestidos por polímeros em condições edafoclimáticas brasileiras. Tais trabalhos são de extrema valia, pois permitem estabelecer relações custo-benefício, bem como quantificar a eficiência agronômica da adubação, validando, dessa forma, o emprego desse tipo de fertilizante (GIRARDI e MOURÃO FILHO, 2003).

Diante do exposto, objetivou com o presente estudo avaliar se o modo de aplicação e a substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad interfere na disponibilidade de P no solo, estado nutricional e crescimento de plantas jovens de laranjeira Pera Rio.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Caracterização da área experimental

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas - FAEXP/UFAM, município de Manaus-AM, situado a $2^{\circ}39'17.20''$; $2^{\circ}39'17.29''$; $2^{\circ}39'18.91''$; $2^{\circ}39'18.81''$ de latitude sul e $60^{\circ}3'16.62''$; $60^{\circ}3'12.22''$; e $60^{\circ}3'12.28''$; $60^{\circ}3'16.68''$, de longitude oeste (Figura 1), a uma altitude média de 94 m. A área experimental apresenta Latossolo Amarelo distrófico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013).

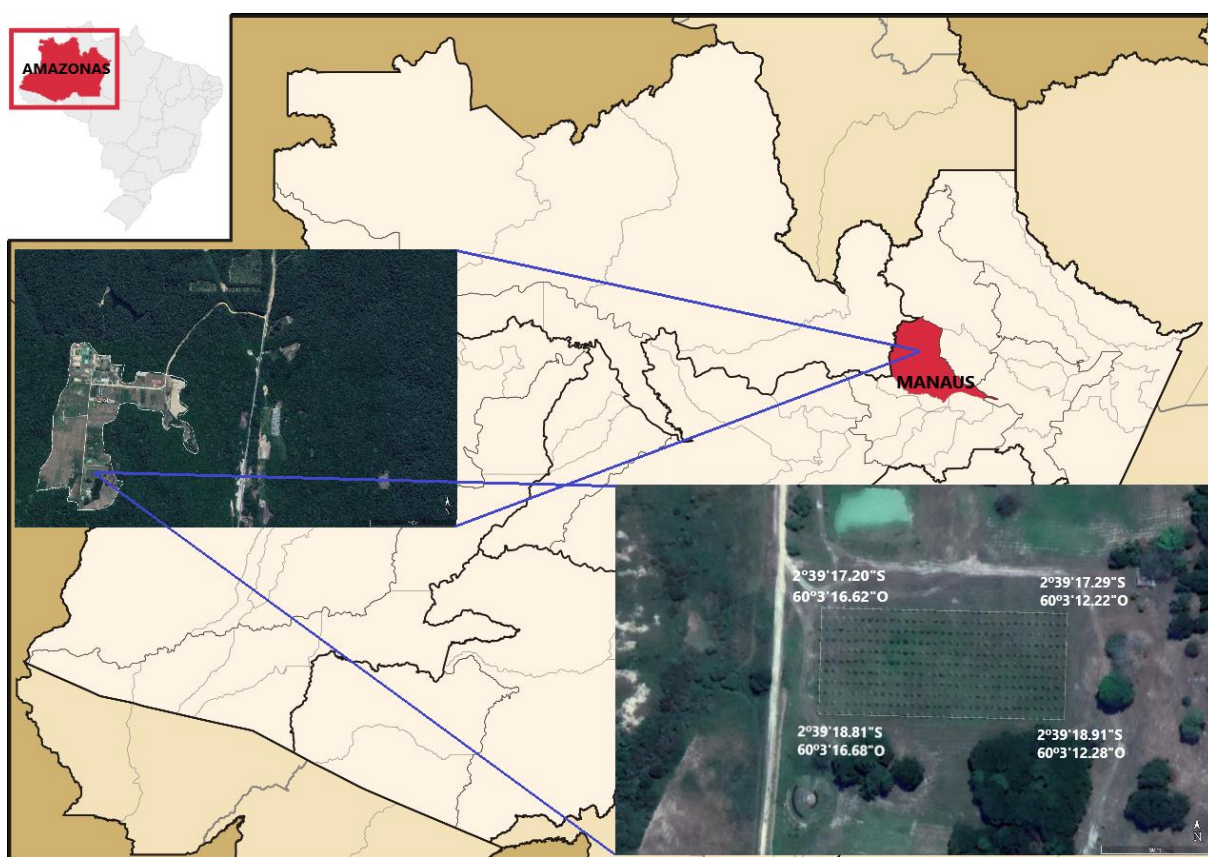


Figura 1. Localização da área de estudo: Mapa, imagens de satélite e coordenadas. (Fonte: GOOGLE EARTH-MAPAS, 2019).

A área experimental foi previamente cultivada com coqueiro (*Cocos nucifera* L.) por 12 anos, período em que a área não foi corrigida quanto à acidez e nem adubada, encontrando-se no momento da implantação do experimento coberta por vegetação espontânea, dominada por várias espécies de plantas daninhas.

O clima local é classificado como Af pela descrição de Koppen (ALVARES et al., 2013), caracterizado como sazonal, com uma estação seca, que compreende junho a novembro, e uma estação chuvosa, que vai de dezembro a maio (ARAÚJO et al., 2002; BOHLMAN et al., 2008), com precipitação pluviométrica média anual de 2300 mm (MARQUES FILHO et al., 1981). A temperatura média anual é de 28 °C, umidade relativa do ar varia entre 85 e 95% (ARAÚJO et al., 2002).

3.4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento obedeceu a disposição em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e três plantas por unidade experimental, totalizando 132 plantas úteis/unidade experimental. As plantas foram cultivadas sob o efeito de 150 kg de P_2O_5 ha^{-1} , utilizando uma combinação de misturas em cinco diferentes proporções (em percentagens) de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) e superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}). Os tratamentos consistiram de um fatorial ($5 \times 2 + 1$), combinando cinco proporções (0-100; 25-75; 50-50; 75-25 e 100-0 de FNR_{AR} e TSP_{LL}, respectivamente) e dois modos de aplicação: aplicação total de 150 kg de P_2O_5 ha^{-1} no primeiro ano e aplicação parcelada na cova, sendo 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} aplicada no primeiro ano, mais 50 kg de P_2O_5 ha^{-1} aplicada no segundo ano; mais um tratamento adicional, sem o fornecimento de P.

A quantidade a aplicar de cada fonte foi calculada com base no teor de P_2O_5 total dos fertilizantes (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física dos fertilizantes fosfatados.

Características	FNR _{AR}	TSP _{LL}
	-----%-----	
P ₂ O ₅ total	32,5	43
P ₂ O ₅ solúvel em H ₂ O	-	-
P ₂ O ₅ solúvel em ácido cítrico	9,75	-
Granulometria	Pó	Granulado

3.4.3 Procedimentos específicos

Caracterização do solo: 120 dias antes da implantação do experimento foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm e caracterizados quimicamente, granulometricamente e mineralogicamente. As análises químicas de rotina foram realizadas de

acordo com as metodologias descritas em EMBRAPA, (1997) e englobaram pH em água, determinação de Ca, Mg e Al extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e P e K pelo extrator Mehlich-1. Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos com DTPA e B com água quente. A acidez potencial (H+Al) foi determinada conforme Raij et al., (1987).

A análise granulométrica foi feita na terra fina seca ao ar (TFSA) pelo método Bouyoucos, (1927), modificado por Carvalho, (1985), utilizando NaOH 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico, e agitação durante 16 h e a 30 rpm em agitador rotatório tipo Wagner, sendo a fração areia (2 - 0,053 mm) separada através de tamisagem.

Os minerais da fração argila hematita (Hm), goethita (Gt), caulinita (Ct) e gibbsita (Gb) foram caracterizados por difratometria de raio-X (DRX) pelo método do pó após a concentração dos óxidos de ferro fervendo a fração argila com NaOH (NORRISH e TAYLOR, 1961) e desferrificação da fração argila pelo método de Mehra e Jackson, (1960). As amostras foram difratadas com velocidade de varredura de 1° 2θ min⁻¹ utilizando Mini-Flex Rigaku II (20mA, 30 kV), equipado com radiação Cu Kα.

A caracterização química, física e mineralógica do solo, previamente à implantação do experimento, é apresentada na Tabela 2. Observa-se a baixa disponibilidade de fósforo pelos extratores Mehlich 1 (ALVAREZ V. et al., 1999).

Tabela 2. Principais atributos químicos, físicos (0-20 e 20-40 cm de profundidade) e mineralógicos do solo (0-20 cm de profundidade) da área experimental, antes da aplicação dos tratamentos*.

Atributos	Profundidade	
	0-20 cm	20-40 cm
pH (H ₂ O)	4,7	4,7
P - Mehlich 1 (mg dm ⁻³)	2	1,13
K (mg dm ⁻³)	14	8
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,3	0,2
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,1	0,1
Al (cmol _c dm ⁻³)	1,1	1
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	5,64	5,05
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,44	0,32
t (cmol _c dm ⁻³)	1,54	1,32
T (cmol _c dm ⁻³)	6,08	5,37
V (%)	7,17	5,97
m (%)	71,43	75,76
S - sulfato (mg dm ⁻³)	12,61	28,85
B (mg dm ⁻³)	0,17	0,13
Cu (mg dm ⁻³)	0,08	0,05
Fe (mg dm ⁻³)	123,87	89,38
Mn (mg dm ⁻³)	0,49	0,5
Zn (mg dm ⁻³)	0,26	0,16
P - Remanescente (mg L ⁻¹)	15,93	14,22
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	1,87	1,07
Areia (g kg ⁻¹)	13	10
Silte (g kg ⁻¹)	6	6
Argila (g kg ⁻¹)	81	84
Goethita (g kg ⁻¹)		3,62
Hematita (g kg ⁻¹)		26,39
Caulinita	Mineral de argila predominante com picos de 0,732 nm	
Gibssita	Não identificado	

*Análises químicas e granulométricas realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras. Análises mineralógicas realizadas no laboratório da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal.

Correção do solo e transplântio das mudas no solo: no primeiro ano, após abertura das covas, a área recebeu calcário dolomítico (2,44 t ha⁻¹, (≈14% de MgO, 32% de CaO e PRNT=90%) em dosagem determinada pelo método da curva de incubação em laboratório (BATISTA,

2014), visando a obter valores de pH próximos de 5,5. A aplicação do calcário foi feita somente na cova, misturando o corretivo na terra, com posterior devolução para a cova. A área não recebeu preparo do solo como aração e gradagem. Cerca de 90 dias após a calagem, foi feito o transplântio das mudas.

Uma nova calagem foi realizada aos 360 dias após o transplântio das mudas, utilizando uma dose equivalente a $1580 \text{ g planta}^{-1}$ de calcário dolomítico com as mesmas características químicas da primeira aplicação (visando elevar o pH a 5,5). Nesta etapa o calcário foi distribuído na superfície do solo sem incorporação, procurando cobrir um diâmetro de 2,5 metros ao redor da planta, de modo a não sobrepor a área da cova, corrigida antes do transplântio.

Obtenção das mudas: as mudas de laranjeira Pera Rio [*Citrus sinenses* (L.) Osbeck], enxertada em limoeiro 'Cravo' [*Citrus limonia* (L.) Osbeck], com aproximadamente 12 meses de idade, foram obtidas do viveiro comercial Protecitrus, localizada no Km 25 da rodovia AM 010, Manaus-AM.

Adubação básica e tratamentos: 12 meses após o transplântio das mudas, foi feita uma adubação básica com 90, 20 e 6,0 kg ha⁻¹ de N, K₂O e S, respectivamente. Nesta adubação foi utilizado a ureia (46% de N) e sulfato de potássio (51% de K₂O). Os micronutrientes foram fornecidos na dose de 112 g cova⁻¹ de FTE (Fritted Trace Elements) BR 12. A definição das quantidades de nutrientes foi feita, tomando-se como referência as recomendações de adubação de Minas Gerais, para expectativas de produtividade esperada de 25.000 kg ha⁻¹ (SOUZA et al., 1999). A aplicação dos tratamentos foi feita concomitantemente ao fornecimento da adubação básica.

Em relação ao fornecimento da adubação, exceto o N que foi aplicado em microssulcos de 10 cm de profundidade e coberto com solo, os demais fertilizantes foram fornecidos na superfície do solo e ao redor da planta, aproximadamente 5 a 10 cm distante do tronco. O P e os micronutrientes (FTE-BR12) foram aplicados em dose única, enquanto as doses de N e K foram igualmente divididas em três aplicações (aos 30, 60 e 90 dias após o início da adubação básica e aplicação dos tratamentos). A aplicação dos fertilizantes foi feita dentro do período chuvoso (março a junho).

Cultivo das plantas: as plantas foram cultivadas em covas de aproximadamente 98 dm^3 (50 cm de diâmetro e profundidade), abertas com o uso de perfurador de solo tratorizado. As plantas foram dispostas linearmente, obedecendo um espaçamento de 5 m entre fileiras x 4 m entre si na linha e foi utilizada apenas uma bordadura externa ao experimento. O controle de plantas invasoras em pós-transplântio foi realizado com roçadora mecânica tratorizada nas entre linhas, enquanto nas covas feito um coroamento ($\approx 1 \text{ m}$ de diâmetro), com o uso de enxada. O controle de insetos como cochonilhas e pulgões foram realizados com o uso de inseticidas Connect, na dosagem de 750 ml ha^{-1} e Provado 200 SC, na dosagem de 500 ml ha^{-1} . Para o controle de formiga foi utilizado o formicida Mirex®.

Condições climáticas: não se observou inconstância do regime pluviométrico, temperatura e umidade relativa do ar, tanto no primeiro ano de cultivo quanto no segundo ano de cultivo, comparado com a série histórica do local do estudo (Figura 2).

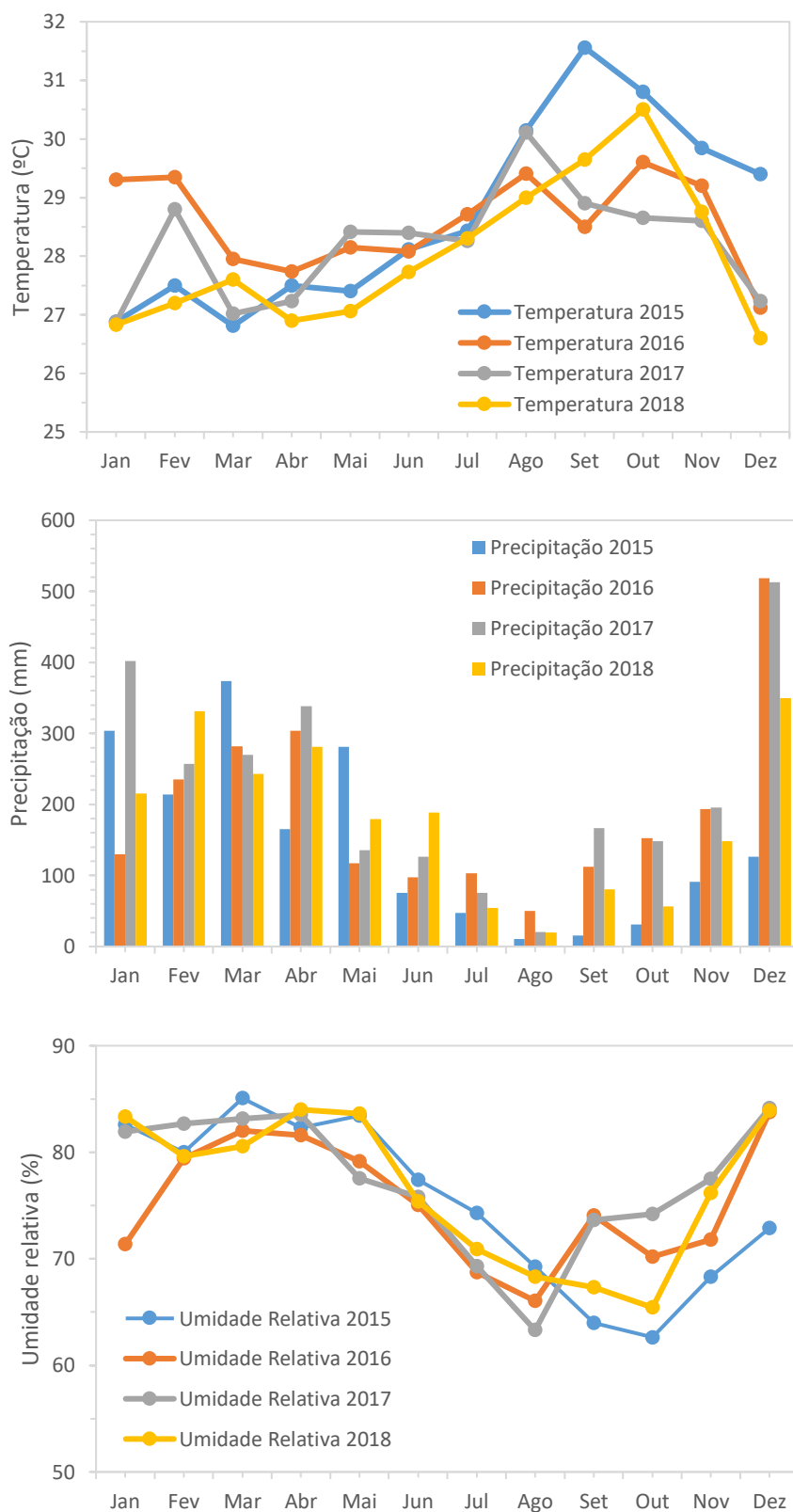


Figura 2. Valores médios mensais da temperatura, precipitação e umidade relativa durante o período experimental (jan/2015 a dez/2018) (Fonte: INMET, 2019).

De modo geral, o ano mais quente foi 2015 seguido por 2016, apresentando temperaturas médias de 28,70 °C e 28,59 °C, respectivamente, e por últimos, e com as mesmas médias de temperaturas, os anos de 2017 e 2018, com 28 °C. Por outro lado, as maiores precipitações foram observadas nos anos de 2017, 2016, 2018 e 2015 com médias de 221 mm, 191,25 mm, 179 mm e 144,64 mm, respectivamente. Os anos mais úmidos foram 2017 e 2018, com médias exatamente iguais de 77%, seguido do ano 2016, com média de 75,27% e 2015, com média de 75,19%.

3.4.4 Avaliação do experimento

A análise das variáveis ocorreu aos 12 e 24 meses após a aplicação dos tratamentos, épocas em que foram avaliadas a disponibilidade de fósforo no solo, estado nutricional das plantas e mensuradas as medidas relacionadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas.

Disponibilidade de fósforo no solo: aos 12 e 24 meses após aplicação dos tratamentos, foram retiradas as amostras de solo para avaliar a disponibilidade de P (P-resina), obedecendo ao delineamento do experimento. Nas amostras coletadas após os 24 meses foram avaliadas também a fertilidade completa do solo. A amostragem foi feita na região de aplicação dos tratamentos, retirando-se três amostras simples por unidade experimental na profundidade de 0-10 cm. Com as três amostras simples, fez-se uma amostra composta. Dessa maneira, os 11 tratamentos, em quatro repetições, totalizaram 44 amostras. Todas as amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha e armazenadas até serem analisadas.

A disponibilidade de P foi avaliada pelo extrator resina de troca iônica (RTI), conforme metodologia de Raij et al., (1986). A fertilidade do solo nas amostras coletadas aos 24 meses foi avaliada de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa, (1997).

Avaliação do estado nutricional das plantas: para avaliação feita aos 12 meses após a aplicação dos tratamentos, foram coletadas quatro folhas por pontos cardeais, sempre na altura mediana da planta, conforme Ribeiro et al., (1999), perfazendo 16 folhas por planta e 48 no total por unidade experimental. Enquanto aos 24 meses foi coletada a quarta folha recém-amadurecida de cada ramo, em bom estado fitossanitário, de acordo com Malavolta, (1997). Posteriormente a coleta, as folhas foram lavadas em água deionizada e colocadas para secar em estufa de

circulação forçada de ar (70 °C) até massa seca constante, em seguida foram moídas em moinho tipo Willey e determinados os teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S), cloro (Cl), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu) no tecido vegetal, de acordo com a metodologia descrita por Malavolta et al., (1997).

Crescimento das plantas: aos 12 e 24 meses após aplicação dos tratamentos as plantas foram avaliadas quanto as medidas de altura (H)), utilizando-se régua hipsométrica graduada em centímetros desde a superfície do solo até o ápice da parte aérea; diâmetros do tronco, obtido cinco cm acima (DAC) e cinco cm abaixo do ponto de enxertia (DAB), além disso foi obtido também o diâmetro da copa na linha (DL) e na entrelinha/rua (DR). Essas medidas foram obtidas utilizando-se um paquímetro digital, marca Mitutoyo, modelo Absolute 150 mm, no primeiro ano e uma suta, marca Haglof, modelo Mantax 100 cm, no segundo ano. A partir dos dados de dl e espaçamento entre plantas (E), por meio da equação: $TCCL = (DL/E) \times 100$ e expressa em porcentagem, obteve-se a taxa de cobertura da copa na linha do plantio. A taxa de cobertura na entrelinha/rua, foi obtida a partir do DR e pelo espaçamento utilizado na entrelinha/rua do plantio (E), por meio da equação: $TCCR = (DR/E) \times 100$ e expressa em porcentagem. O volume médio da copa (VC), calculado a partir de H, DL e DR, utilizando-se a fórmula: $VC = (\pi/6) \times H \times DL \times DR$ e expressa em m³ (TURREL, 1946).

3.4.5 Análise dos dados

Os dados obtidos foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($P \geq 0,05$) e homocedasticidade pelo teste de Fligner-Killeen. Os dados que apresentaram distribuição normal e/ou homogeneidade de variância foram submetidos à análise de variância, quando o F foi significativo ($P < 0,05$), as médias das variáveis dependentes P-resina, estado nutricional da planta, taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), o diâmetro do porta-enxerto acima (DAC) e abaixo (DAB) da enxertia, a taxa de cobertura da copa na entrelinha/rua de plantio (TCCR), o volume médio da copa (VC) foram comparadas pelo teste de Tuckey ($P < 0,05$).

Quando os dados não obedeceram aos pressupostos da análise de variância, ou seja, normalidade e homocedasticidade, os dados foram transformados de acordo com o log da verossimilhança. Estes procedimentos foram realizados com o pacote ExpDes.pt (FERREIRA et. al., 2014) do software R (R CORE TEAM, 2019).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação a caracterização do solo antes da implantação do experimento, como foi discutido no capítulo 2, a área apresentava-se com baixa disponibilidade de P no solo, e, em função do seu teor de argila e mineralogia, apresentava-se com potencial médio a alto a resposta a adição de fertilizantes fosfatados.

Quanto à análise dos dados, as variáveis disponibilidade de P no solo no segundo ano e teores foliares de Zn, Cu e Fe no primeiro ano, Ca, K, Zn e Cu no segundo ano não apresentaram distribuição normal, por consequência os dados foram transformados.

3.5.1 Disponibilidade de fósforo no solo

Houve interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores modos de aplicação e proporções de mistura de fontes sobre a disponibilidade de P no solo, tanto no primeiro como no segundo ano de cultivo.

Em relação ao desdobramento do comportamento do modo de aplicação dentro de cada proporção da mistura das fontes no primeiro ano de cultivo (Figura 3), observa-se que o modo de aplicação total proporcionou os maiores valores de P disponível em comparação a aplicação parcelada, exceto na mistura composta por 100% de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) e zero % de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}), onde não houve diferença significativa entre os modos de aplicação (Figura 3). Observa-se que o efeito dos tratamentos foi mais expressivo nas proporções com maior percentual de TSP_{LL} (0:100 e 25:75) (Figura 3).

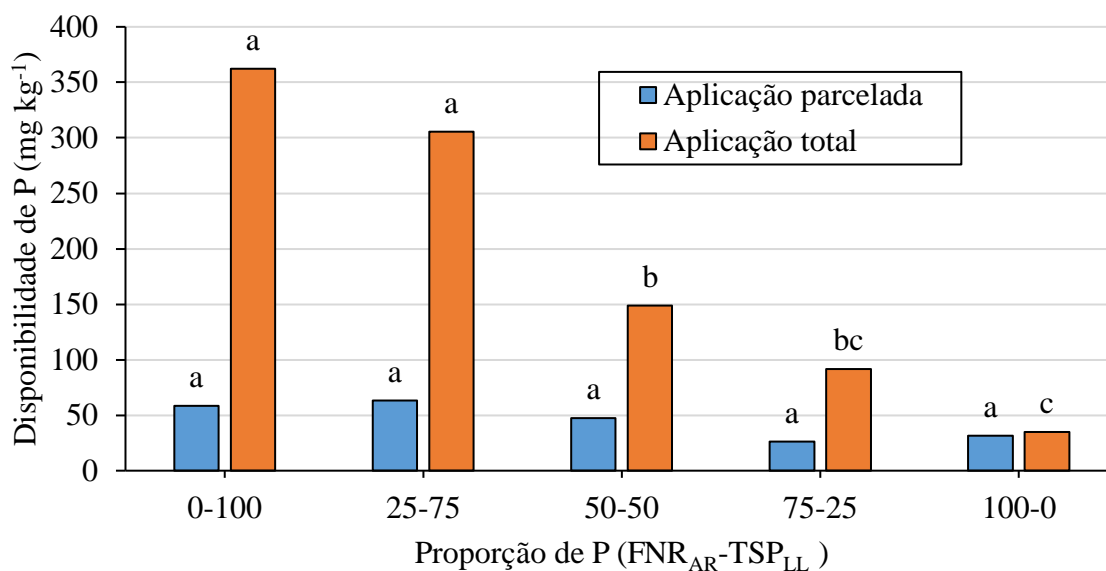


Figura 3. Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}). Desdobramento dos modos de aplicação dentro de cada proporção. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Apesar do modo de aplicação parcelada de P contribuir com os menores valores médios em relação ao modo de aplicação total, os valores médios de P na aplicação parcelada situaram em torno de 45,32 mg kg⁻¹, valores estes considerados altos (RAIJ, 2011). No entanto, foram quatro vezes menores em relação aos valores do modo de aplicação total, que foi de 188,63 mg kg, principalmente nas proporções 0:100 e 25:75. Isto significa que os polímeros constituintes do (TSP_{LL}), cujos revestimentos serviu como uma barreira de difusão, atenuou os efeitos da adsorção do P no solo, permitindo a liberação dos seus conteúdos de forma gradual, reduzindo suas taxas de dissolução (WU e LIU, 2008). Lana et al., (2010) argumentam que a degradação lenta do polímero e as fissuras e microporos em sua constituição permite a liberação gradual do P pela redução do contato com o solo.

Quanto ao desdobramento das proporções de mistura das fontes dentro de cada modo de aplicação, nota-se que o comportamento das proporções de mistura foi dependente do modo de aplicação (Figura 4). No modo de aplicação total os maiores valores de P disponível no solo foram observados nas proporções com percentagem de TSP_{LL} (0:100 e 25:75). Por outro lado, nota-se que no modo de aplicação parcelada não houve diferença significativa na comparação entre as médias pelo teste Tukey entre as proporções de mistura das fontes (Figura 4). Estes resultados sugerem que no modo de aplicação parcelada a dissolução gradual do TSP_{LL} não atenuou os efeitos da adsorção do P, resposta que pode ser considerada efeito de dose, haja vista

a maior quantidade de P aplicada no modo de aplicação total em comparação ao modo de aplicação parcelada. Destaca-se ainda que a promoção do aproveitamento do P proveniente do FNR_{AR} não foi observada em razão da dissolução gradual do TSP_{LL} .

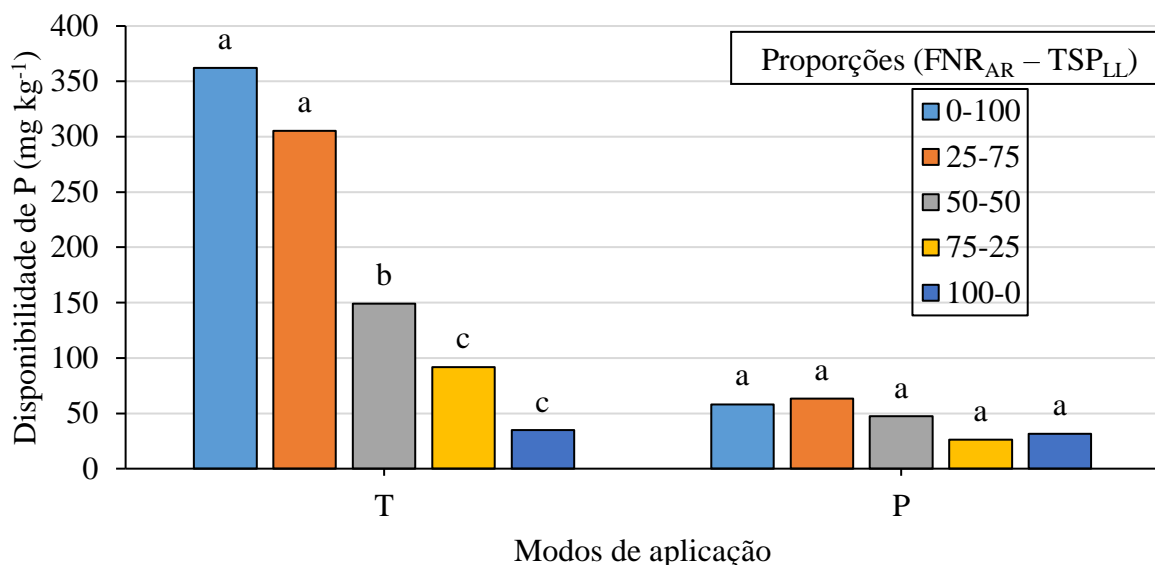


Figura 4. Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}). Desdobramento das proporções dentro dos modos de aplicação total (T) e parcelada (P). Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 12 meses após a aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação ao desdobramento do comportamento do modo de aplicação dentro de cada proporção da mistura das fontes no segundo ano (Figura 5), observa-se que apenas a proporção 100:0 no modo de aplicação total diferiu estatisticamente das demais proporções. Esses resultados indicam que a disponibilidade de P do fosfato natural foi afetada pela proporção das misturas com a fonte de liberação lenta de P. A ausência da fonte de liberação lenta proporcionou uma menor liberação da fonte natural no modo de aplicação total, evidenciando que houve acidificação no solo necessária à solubilização do fosfato natural, como observado nas outras misturas, tanto no modo de aplicação total como parcelada. Estes resultados mostram que o aumento do teor de P no solo foi devido a dissolução do FNR_{AR} pela presença da fonte de liberação lenta e não pelas combinações das misturas. Resultado semelhante foi encontrado por Owiti et al., (2014), estudando efeito de combinações de rocha fosfatada e superfosfato na dissolução de rocha fosfática em água deionizada.

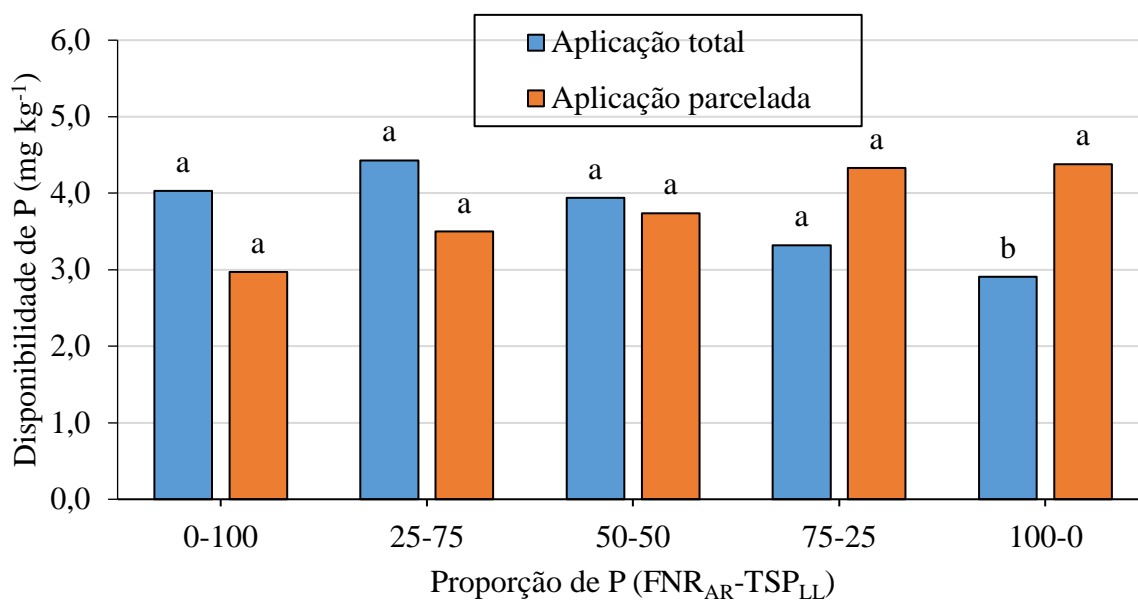


Figura 5. Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}). Desdobramento dos modos de aplicação dentro de cada proporção. Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 24 meses após a aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Quanto ao desdobramento das proporções de mistura das fontes dentro de cada modo de aplicação, observa-se que o comportamento das proporções de mistura não foi dependente do modo de aplicação, com exceção da proporção 100:0, em que o modo de aplicação total apresentou a menor disponibilidade de P no solo em relação as demais proporções e em relação ao modo de aplicação parcelada (Figura 6). Estes resultados sugerem que a dissolução gradual do TSP_{LL} atenuou os efeitos da adsorção do P, destacando-se que a promoção do aproveitamento do P proveniente do FNR_{AR} foi observada em razão da dissolução gradual do TSP_{LL}.

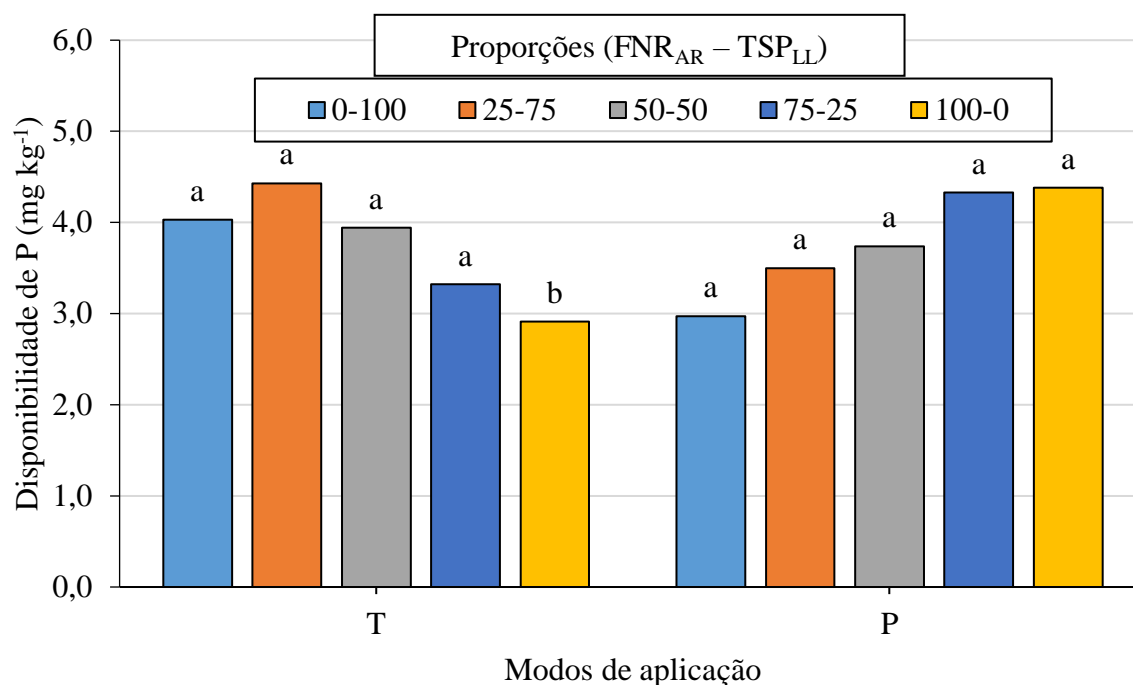


Figura 6. Disponibilidade de fósforo no solo em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}). Desdobramento das proporções dentro dos modos de aplicação total (T) e parcelada (P). Amostras obtidas na profundidade de 0-10 cm, 24 meses após a aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

A Tabela 3 apresenta os principais atributos químicos, (0-10 cm de profundidade) da área experimental, após a aplicação dos tratamentos.

Tabela 3. Valores médios dos principais atributos químicos (0-10 cm de profundidade) da área experimental, 24 meses após a aplicação dos tratamentos*.

Proporção	modo	pH	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	Prem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
			mg/kg	cmolc dm ⁻³						%	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹							
0-100	T	5,48	28,68	2,05	1,40	0,25	4,45	3,53	3,78	7,98	44,50	7,60	2,53	30,63	6,23	197,93	5,38	1,13	0,10	34,20
0-100	P	5,80	34,55	2,98	1,35	0,13	3,38	4,40	4,53	7,83	56,23	2,93	2,20	31,55	7,20	206,75	7,15	1,25	0,13	28,23
25-75	T	5,64	31,61	2,51	1,38	0,19	3,91	3,96	4,15	7,90	50,36	5,26	2,36	31,09	6,71	202,34	6,26	1,19	0,11	31,21
25-75	P	5,64	31,61	2,51	1,38	0,19	3,91	3,96	4,15	7,90	50,36	5,26	2,36	31,09	6,71	202,34	6,26	1,19	0,11	31,21
50-50	T	5,63	25,18	2,30	1,33	0,18	3,58	3,68	3,83	7,23	50,85	4,65	2,13	29,80	4,23	221,15	3,78	0,98	0,08	16,95
50-50	P	5,65	30,95	2,53	1,53	0,15	4,55	4,10	4,25	8,65	49,38	3,75	2,40	26,43	3,18	203,50	9,43	0,78	0,10	21,10
75-25	T	5,53	36,15	2,20	1,35	0,23	3,93	3,65	3,88	7,55	50,18	6,63	2,25	27,63	3,80	238,98	3,95	0,85	0,13	28,30
75-25	P	5,50	34,43	2,10	1,38	0,18	4,65	3,55	3,75	8,20	43,55	5,15	2,40	28,40	3,45	190,55	4,03	0,55	0,08	20,73
100-0	T	5,70	49,78	2,95	1,75	0,10	4,23	4,83	4,93	9,03	53,13	2,00	3,00	27,53	5,15	187,50	4,60	0,93	0,10	15,95
100-0	P	6,03	63,80	2,80	1,53	0,08	2,83	4,48	4,55	7,28	61,80	1,90	1,93	28,70	4,48	185,80	4,13	0,83	0,10	18,73

*Análises químicas realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

A disponibilidade de P do solo foi alterada pelos tratamentos no primeiro e no segundo ano, sendo essa disponibilidade interpretada como alta, de acordo com Rajj, (2011). Com o tempo, houve uma tendência de nivelamento da disponibilidade de P entre os tratamentos, isso pode ser atribuído à ação conjunta de fatores como a extração pela laranjeira, a interação com o solo (adsorção) e dinâmica de liberação do P das fontes, fatores estes com graus de interferência variáveis em função dos tratamentos e do tempo decorrido da aplicação dos fosfatos.

3.5.2 Teores foliares de nutrientes

Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) nos teores foliares tanto de macro quanto de micronutrientes nas plantas da laranjeira pera em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação, tanto no primeiro quanto no segundo ano (Tabela 4, 5, 6 e 7). Exceto, para o teor foliar do elemento P que foi influenciado significativamente ($P < 0,05$) pela interação significativa entre o fator modo de aplicação e proporção (Tabela 6).

É provável que a ausência de efeitos dos tratamentos nos teores foliares de macro e micronutrientes das plantas de laranjeira Pera Rio tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo seja em função de que as mudas utilizadas no presente estudo já apresentavam sua demanda metabólica satisfeita. Tal premissa é comprovada pelo fato de que até as plantas cultivadas sem o fornecimento de P, apresentaram teores médios dos nutrientes considerados adequados para o bom desenvolvimento de plantas de laranjeira Pera Rio (MALAVOLTA et al., 1997). Evidenciando que as mudas de laranjeira Pera Rio já vieram com uma reserva de P na biomassa e no substrato.

De acordo com o produtor das mudas, as mudas de laranjeiras são produzidas utilizando como substrato a fibra de coco com vermiculita, irrigadas regularmente com solução nutritiva, via fertirrigação. A solução nutritiva é constituída de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ e MgSO_4 , ambos na dosagem de 600 g/1000 litros de água; fosfato monoamônico (MAP) hidrossolúvel, na dosagem de 400 g/1000 litros de água; 25 g/1000 litros de água de EDTA(6%), como quelante, e BD KSC MIX para suprimento de micronutrientes.

Tabela 4. Resumo das análises de variância dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Proporções	4	7,05 ns	0,19 ns	21,06 ns	174113,95 ns	0,12 ns	0,05 ns
Modos de aplicação	1	1,70 ns	0,70 ns	14,64 ns	38501,44 ns	0,65 ns	0,02 ns
Proporções x modos	4	1,02 ns	0,40 ns	14,62 ns	148207,73 ns	0,12 ns	0,03 ns
Adicional x fatorial	1	0,35 ns	0,002 ns	4,60 ns	561696,94 ns	0,13 ns	0,01 ns
Tratamentos	10	3,43 ns	0,31 ns	16,20 ns	188948,51 ns	0,18 ns	0,035 ns
Blocos	3	20,35**	1,34 ns	77,15**	330217,66 ns	0,16 ns	0,08 ns
Resíduo	30	2,93	0,34	14,52	526714,60	0,40	0,07
Total corrigido	43						
CV(%)		6,58	18,58	22,12	58,13	18,03	10,95

** e ns = significativo a 1% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Tabela 5. Resumo das análises de variância dos teores de Mn, Zn, B, Cu, Fe na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM				
		Mn	Zn	B	Cu	Fe
Proporções	4	0,97 ns	2,87 ns	117,54 ns	0,37 ns	3,73 ns
Modos de aplicação	1	0,65 ns	4,97 ns	602,20 ns	2,00 ns	0,09 ns
Proporções x modos	4	6,51 ns	3,11 ns	161,07 ns	2,80 ns	0,95 ns
Adicional x fatorial	1	0,008 ns	0,44 ns	18,33 ns	4,70 ns	0,15 ns
Tratamentos	10	3,06 ns	2,93 ns	173,50 ns	1,94 ns	1,90 ns
Blocos	3	8,73 ns	16,51 ns	270,42 ns	0,40 ns	0,9 ns
Resíduo	30	10,30	3,92	171,22	2,07	1,36
Total corrigido	43					
CV(%)		17,30	13,01	17,23	35,42	9,6

ns = não significativo pelo teste F.

Tabela 6. Resumo das análises de variância dos teores de N, P, K, Ca, Mg e S na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Proporções	4	2,96 ns	0,47 ns	2,77 ns	3,88 ns	0,76 ns	0,76 ns
Modos de aplicação	1	6,64 ns	1,33*	2,50 ns	3,84 ns	0,40 ns	0,11 ns
Proporções x modos	4	10,57 ns	0,66*	6,38 ns	8,11 ns	0,24 ns	0,13 ns
Adicional x fatorial	1	15,09 ns	0,06 ns	0,05 ns	8,96 ns	0,03 ns	1,92 ns
Tratamentos	10	7,59 ns	0,59*	3,91 ns	6,08 ns	0,44 ns	0,56 ns
Blocos	3	20,75 ns	0,15 ns	7,12 ns	16,53 ns	0,24 ns	0,22 ns
Resíduo	30	9,64	0,24	4,40	20,42	0,57	0,31
Total corrigido	43						
CV(%)		9,94	23,92	11,13	15,26	20,96	14,66

* e ns = significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Tabela 7. Resumo das análises de variância dos teores de Mn, Zn, B, Cu, Fe na folha da laranjeira Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) e modos de aplicação. Amostras de folhas obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM				
		Mn	Zn	B	Cu	Fe
Proporções	4	4,06 ns	0,03 ns	7,60 ns	0,05 ns	66,54 ns
Modos de aplicação	1	0,96 ns	0,11 ns	16,00 ns	0,012 ns	919,70 ns
Proporções x modos	4	4,61 ns	0,15 ns	76,88 ns	0,084 ns	349,98 ns
Adicional x fatorial	1	2,75 ns	0,002 ns	181,89 ns	0,004 ns	630,72 ns
Tratamentos	10	3,84 ns	0,08 ns	53,58 ns	0,05 ns	321,65 ns
Blocos	3	1,62 ns	0,064 ns	211,64 ns	0,012 ns	150,70 ns
Resíduo	30	4,09	0,06	112,84	0,09	237,67
Total corrigido	43					
CV(%)		9,34	2,16	12,00	4,00	13,80

ns = não significativo pelo teste F.

Quanto ao efeito significativo do teor foliar de P no segundo ano, a principal observação a respeito desse resultado é a de que a absorção de P pelas laranjeiras foi proporcional ao fornecimento de P pelos fertilizantes, conforme ficou evidenciado pelos efeitos significativos das proporções e dos modos de aplicação no teor de P no solo. No desdobramento dos modos de aplicação dentro de cada proporção, não houve diferença significativa entre as proporções no modo de aplicação total. No modo de aplicação parcelada, todas as proporções apresentaram

o mesmo comportamento, com exceção da proporção (25-75) na qual apresentou o menor teor de P nas folhas da laranjeira (Figura 7).

Do mesmo modo, no desdobramento das proporções dentro dos modos de aplicação, o comportamento das proporções no teor de P nas folhas das laranjeiras, foram similares, com exceção da proporção (25-75) no modo de aplicação parcelada (Figura 8). Apesar do menor teor de P apresentado na proporção (25-75) no modo de aplicação parcelada, que foi de 1,6 g kg⁻¹, assim mesmo esse teor encontra-se dentro dos limites aceitáveis as necessidades do citros que, segundo Malavolta, (1997), está entre 1,2 a 1,6 g kg⁻¹. Tal comportamento reflete o equilíbrio do efeito dos tratamentos atribuída à ação conjunta dos fatores, principalmente da interação solo (fixação) e dinâmica de liberação do P das fontes (RESENDE, 2004).

Segundo Resende, (2004), é preciso cautela na interpretação dos valores obtidos nas análises foliares, uma vez que nem sempre os teores de nutrientes encontrados nas folhas têm relação direta com as produtividades alcançadas. (JARREL & BEVERLY, 1981), consideram que os efeitos de diluição ou concentração dos nutrientes contidos nas folhas, em virtude de um maior ou menor crescimento vegetativo, são causas frequentes de conclusões equivocadas acerca do estado nutricional de plantas submetidas a tratamentos que conferem diferenças em produção de biomassa, como é o caso do fornecimento de P. Além disso, os teores foliares de nutrientes podem não correlacionar-se com a disponibilidade dos mesmos no solo, uma vez que a absorção é afetada por diversos outros fatores, tais como: as condições climáticas; a umidade do solo; antagonismos e sinergismos entre nutrientes, entre outros (MARTINEZ et al., 1999; OLIVEIRA, 2002).

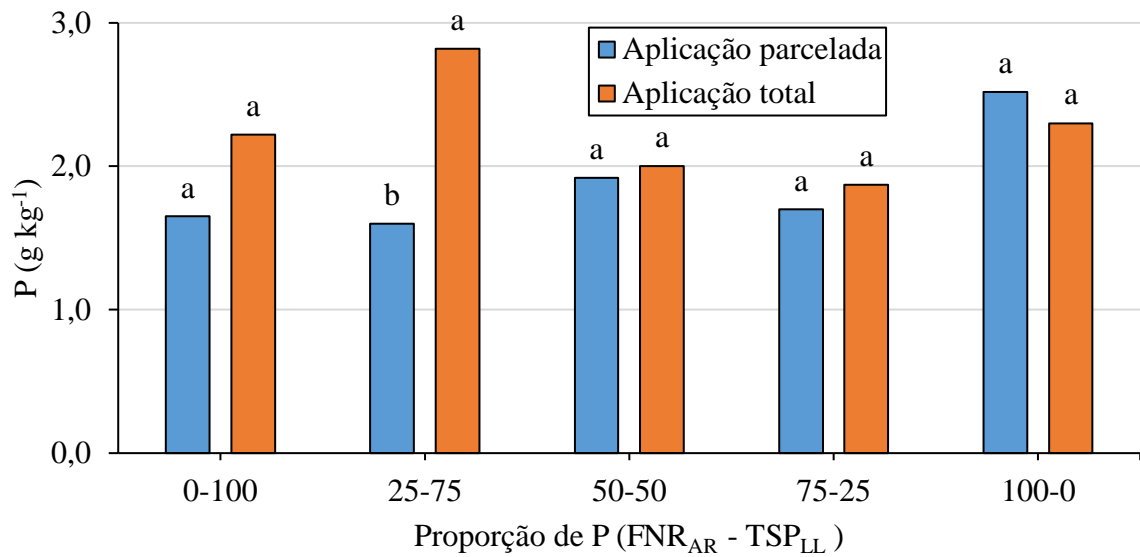


Figura 7. Teor de P na folha da laranja Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) e modo de aplicação. Desdobramento dos modos de aplicação dentro de cada proporção. Amostras de folhas coletadas 24 meses após a aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

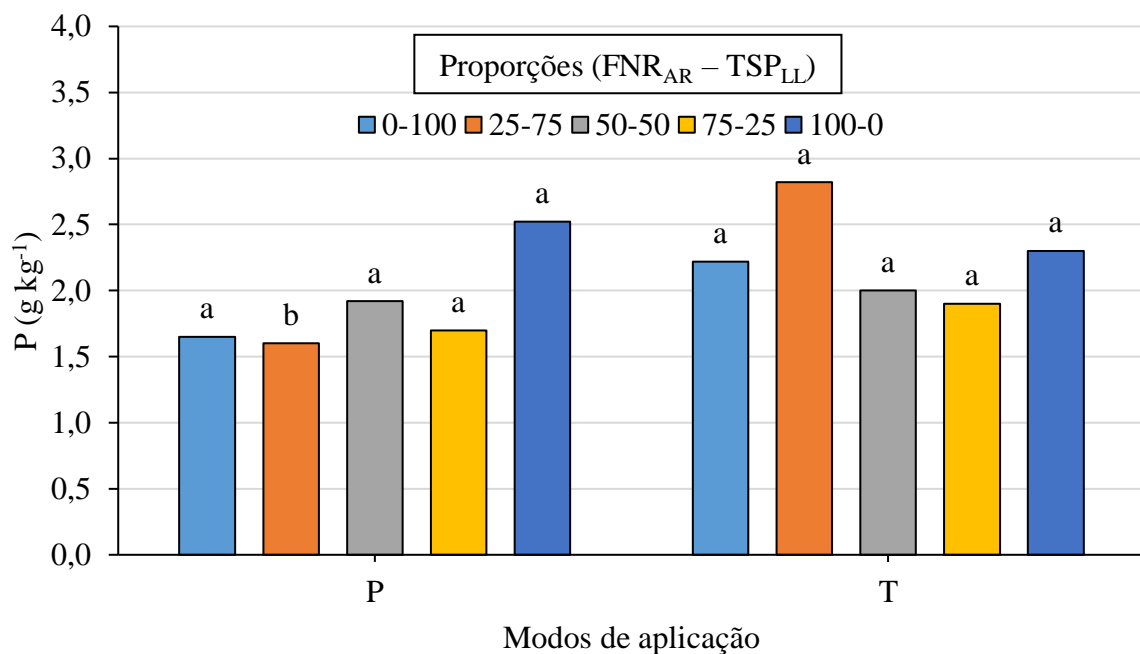


Figura 8. Teor de P na folha da laranja Pera Rio em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) por fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) e modo de aplicação parcelada (P) e total (T). Desdobramento das proporções dentro dos modos de aplicação. Amostras de folhas coletadas 24 meses após a aplicação dos tratamentos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

3.5.3 Crescimento das plantas

Não houve efeito da interação significativa ($P < 0,05$) entre os fatores modos de aplicação e proporções de mistura de fontes sobre a disponibilidade de P no solo, bem como efeito isolado desses fatores no crescimento das plantas de laranjeira Pera Rio, tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo (Tabelas 9 e 10), exceto para a variável TCCR que foi influenciada pelo modo de aplicação da fonte, no segundo ano (Tabela 10).

Tabela 8. Resumo das análises de variância da taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), diâmetro do tronco 5 cm acima da enxertia (DAC), diâmetro do tronco 5 cm abaixo da enxertia (DAB); taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR), volume médio da copa (VC), em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Avaliações obtidas 12 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM				
		TCCL	DAC	DAB	TCCR	VC
Proporções	4	78,02 ns	0,60 ns	0,56 ns	32,60 ns	7,60 ns
Modos de aplicação	1	2,55 ns	0,13 ns	0,05 ns	84,85 ns	1,03 ns
Proporções x modos	4	41,40 ns	0,46 ns	0,65 ns	17,63 ns	2,92 ns
Adicional x fatorial	1	2,02 ns	0,24 ns	0,56 ns	3,93 ns	0,60 ns
Tratamentos	10	48,21 ns	0,46 ns	0,55 ns	28,97 ns	4,37 ns
Blocos	3	159,16*	0,72 ns	1,14 ns	84,61*	10,86 ns
Resíduo	30	53,54	0,37	0,27	27,71	3,87
Total corrigido	43					
CV(%)		12,28	10,93	8,6	11,73	27,82

* e ns = significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Tabela 9. Resumo das análises de variâncias da taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL), diâmetro do tronco 5 cm acima da enxertia (DAC), diâmetro do tronco 5 cm abaixo da enxertia (DAB); taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR), volume médio da copa (VC), em função da substituição parcial de superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad e modos de aplicação. Avaliações obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos.

Fontes de variação	G.L	QM				
		TCCL	DAC	DAB	TCCR	VC
Proporções	4	68,60 ns	1,20 ns	1,35 ns	29,36 ns	16,21 ns
Modos de aplicação	1	3,30 ns	0,21 ns	0,02 ns	133,77*	7,34 ns
Proporções x modos	4	31,00 ns	0,50 ns	1,50 ns	16,61 ns	6,70 ns
Adicional x fatorial	1	12,75 ns	1,00 ns	1,00 ns	14,95 ns	7,76 ns
Tratamentos	10	41,44 ns	0,8 ns	1,23 ns	33,27 ns	10,36 ns
Blocos	3	184,85*	1,66 ns	2,04 ns	107,5*	33,00*
Resíduo	30	45,01	0,7	0,73	24,94	7,91
Total corrigido	43					
CV(%)		8,71	9,31	9,11	8,61	18,61

* e ns = significativo a 5% e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Pode-se inferir que o modo de aplicação total das fontes deve ter proporcionado maior efeito residual, favorecendo o crescimento vegetativo da planta (Figura 9). A ausência de efeitos dos tratamentos no crescimento das plantas de laranja Pera Rio, tanto no primeiro quanto no segundo ano de cultivo, seja em função de que as mudas utilizadas no presente estudo já apresentavam sua demanda metabólica satisfeita. Tal premissa é comprovada pelo fato de que até as plantas cultivadas sem o fornecimento de P, apresentaram teores médios dos nutrientes considerados adequados para o bom desenvolvimento de plantas de laranja Pera Rio (MALAVOLTA et al., 1997). Evidenciando que as mudas de laranja Pera Rio já vieram com uma reserva de P na biomassa e no substrato, o que pode ter mascarado o efeito dos tratamentos.

Em relação ao efeito do modo de aplicação do fertilizante fosfatado no segundo ano, observa-se que a aplicação total do fertilizante promoveu um maior valor de TCCR comparativamente a aplicação parcelada (Figura 8), sendo que o valor na aplicação total foi 3,6 % maior em relação a aplicação parcelada. O fato de somente a taxa de cobertura da copa na rua de plantio ter apresentado efeito significativo, pode ser um indicativo de que o menor espaçamento entre as plantas tenha influenciado a expansão da copa na linha de plantio. No estudo de desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifoliateiro ‘Flying Dragon’ e limoeiro ‘Cravo’, a limeira ácida ‘Tahiti’ sobre o limoeiro ‘Cravo’, foi a cultivar com maior taxa de cobertura na entrelinha, em um espaçamento de 7 m na rua de plantio (PORTELLA et al., 2016). As plantas de laranja ‘Folha Murcha’ enxertada sobre o limoeiro ‘Cravo’,

apresentaram menor volume de copa ($11,9 \text{ m}^3$) no tratamento mais adensado, 6,5 m na rua x 2,0 m entre plantas, comparado ao menos adensado, 6,5 x 6,0 m (AZEVEDO et al., 2015). Isto, possivelmente, ocorreu devido à maior concorrência por luz, água e nutrientes, em detrimento da competição por espaço entre as plantas. Segundo Nahl et al., (2007), deve-se ter cuidado no ajuste do espaçamento, o qual não pode ser pequeno demais, a ponto de promover o estiolamento da planta e dificultar a circulação de ar. Dessa forma, o uso correto do adensamento, determinado pelo espaçamento entre plantas e entre ruas de plantio, levando-se em consideração copa, porta-enxerto, condições de solo e fitossanitárias, bem como outros tratamentos culturais, é essencial, visto que esta prática cultural, dentre outros fatores, é determinante do nível de produção e da qualidade dos frutos do citros (AZEVEDO et al., 2015).

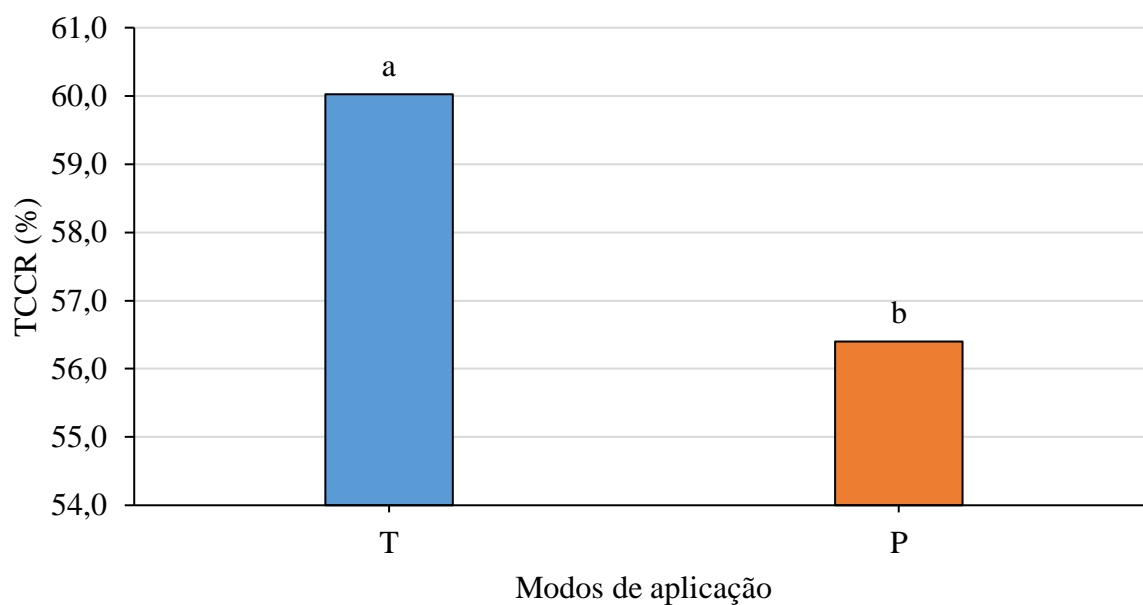


Figura 9. Taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR) da laranjeira Pera Rio, em função do modo de aplicação total (T) e parcelada (P) do fertilizante fosfatado, Avaliações obtidas 24 meses após a aplicação dos tratamentos. Letras distintas indicam diferença significativa das médias pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

3.6 CONCLUSÕES

O modo de aplicação e a substituição parcial do superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad interferiu na disponibilidade de P no solo nas plantas jovens de laranjeira Pera Rio.

No modo de aplicação total os maiores valores de P disponível no solo foram observados nas proporções 0:100 e 25:75 (% de fosfato natural reativo de Arad e % de superfosfato triplo de liberação lenta).

Os modos de aplicação e a substituição parcial do superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad não interferiu no estado nutricional, exceto quanto ao nutriente P.

Os modos de aplicação e a substituição parcial do superfosfato triplo de liberação lenta por fosfato natural reativo de Arad não interferiu no crescimento das plantas, com exceção da taxa de cobertura da copa na rua de plantio (TCCR).

O comportamento do estado nutricional e do crescimento das plantas é mais dependente do estado nutricional das mudas quando comparado aos tratamentos que foram fornecidos.

Na escolha da fonte é interessante que misture essas fontes na proporção 0:100 (0% de fosfato natural reativo de Arad e 100% de superfosfato triplo de liberação lenta) ou 25:75 no modo de aplicação total, isso pode trazer ganhos na disponibilidade de P no solo na fase inicial da implantação dos pomares de citros.

3.7 REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- ARAÚJO, A. C.; NOBRE, A. D.; KRUIJT, B.; ELBERS, J. A.; DALLAROSA, R.; STEFANI, P.; von RANDO, C.; MANZI, A. O.; CULF, A. D.; GASH, J. H. C.; VALENTINI, R.; KABAT, P. Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: The Manaus LBA site. *Journal of geophysical research*, v. 107 (D20), p. LBA – 58: 1-20, 2002.
- AZEVEDO, F. A.; PACHECO, C. D. A.; SCHINOR, E. H.; CARVALHO, S. A. D.; CONCEIÇÃO, P. M. D. Produtividade de laranja Folha Murcha enxertada em limoeiro Cravo sob adensamento de plantio. *Bragantia*, Campinas 74, 184-188. 2015.
- BATISTA, I. M. P. Recomendação de calagem para alguns solos do Estado do Amazonas. 37 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrária, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 2014.
- BOHLMAN, S. A.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G.; NASCIMENTO, H. E. M.; FEARNside, P. M.; ANDRADE, A. Importance of soils, topography and geographic distance in structuring central Amazonian tree communities. *Journal of Vegetation Science*. Vol. 19, No. 6, pp. 863-874, 2008.
- BOUYOUCOS, G. J. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soil. *Soil Science*. 23:343-349. 1927.
- CARVALHO, M. A. de. Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizontes B latossólico e B textural. Lavras: ESAL, 1985. 79p. Tese de Mestrado.
- CHAGAS, W. F. T.; GUELFY, D. R.; CAPUTO, A. L. de C.; DOMINGHETTI, A. W.; FAQUIN, V.; LOPES, R. M.; CHAGAS, R. M. R. Eficiência agrônômica do superfosfato triplo revestido por polímeros no crescimento inicial do cafeeiro. *Coffee Science*, Lavras, v. 11 n. 3, p. 426-434, 2016b.
- CHAGAS, W. F. T.; GUELFY, D. R.; EMRICH, E. B.; SILVA, A. L.; FAQUIN, V. Agronomic efficiency of polymer-coated triple superphosphate in onion cultivated in contrasting texture soils. *Revista Ciência Agrônômica*, v. 47, n. 3, p. 439-446, 2016a.
- CHIEN, S. H.; PROCHNOW, L. I.; CANTARELLA, H. Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Advances in Agronomy*. 2009. v 102, p. 267-313.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. ver. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013.

EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 221p.

FALCÃO, N. P. de S.; SILVA, J. R. A. da. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. *Acta Amazonica*. Vol. 34(3):337-342, 2004.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. *Applied Mathematics*, 5, 2952-2958, (2014). doi: [10.4236/am.2014.519280](https://doi.org/10.4236/am.2014.519280).

GILL, M. A.; RAHMATULLAH, M.; SALIM, M. Growth responses of twelve wheat cultivars and their phosphorus utilization from rock phosphate. *J Agron Crop Sci* 173:204 –209, 1994.

GIRARDI, E. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A. Emprego de fertilizantes de liberação lenta na formação de pomares de citros. *Revista Laranja, Cordeirópolis*, v.24, n.2, p.507-518, 2003.

GOOGLE EARTH-MAPAS. Disponível em: <http://mapas.google.com>. Consulta realizada em abril de 2019.

HOLFORD, I. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. *Aust J Soil Res* 35:227–240, 1997.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 29/04/2019.

JARREL, W. M.; BEVERLY, R. B. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy*, New York, v. 34, p. 197-224, 1981.

LANA, R. M. Q.; JUNIOR, A. C. S.; SILVA, A. A.; LANA, A. M. Q. Teores de fósforo remanescente após aplicação de doses crescentes de MAP revestido com polímero de liberação gradual. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18., 2010, Teresina. *Trabalhos.Teresina: Embrapa meio-norte*, 2010. CD-ROM.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. D. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARQUES FILHO, A. O.; RIBEIRO, M. N. G.; DOS SANTOS, H. M.; DOS SANTOS, J. M. Estudos climatológicos da Reserva Floresta Ducke-Manaus-AM, 4: Precipitação. *Acta Amazonica* 11, 759-768, 1981.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, p. 143-168. 1999.

MCLAUGHLIN, M. J.; MCBEATH, T. M.; SMERNIK, R.; STACEY, S. P.; AJIBOYE, B.; GUPPY, C. The chemical nature of P accumulation in agricultural soils – implications for fertiliser management and design: an Australian perspective. *Plant Soil*. 349, 69–87, 2011.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. In: *CLAYS & CLAY MINERAL CONFERENCE*, 7., London, 1960. Proceedings. London, v.7, 1960. p.317-327.

NAHL, V.; DAS, B.; RAI, M. Standardization of high-density planting in mango (*Mangifera indica*) under sub-humid Alfisols of Eastern India. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 77, 3-7. 2007.

NORRISH, K.; TAYLOR, R. M. The isomorphous replacement of iron by aluminum in soil goethites. *J. Soil Sci.*, 12:294- 306, 1961.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. V. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA, S. A. Análise foliar. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 245-256, 2002.

OWITI, J. O., CHEPKWONY, C. K.; KINYANJUI, T. K. Effect of Combinations of Phosphate Rock and Superphosphate on Dissolution of Phosphate Rock in Water. *International Journal of Life Sciences Research*. vol. 2, Issue 4, pp:205-212, 2014.

PEREIRA, B. F. F.; TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; SILVA, T. A. F. Phosphorus sources: Effect on the tropical cedar nutrition and growth. *Journal of Tropical Forest Science* 25(4): 513-521, 2014.

POTELLA, C. R.; MARINHO, C. S.; AMARAL, B. D.; CARVALHO, W. S. G.; CAMPOS, G. S.; DA SILVA, M. P. S.; SOUSA, M. C. Desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifoliato 'Flying Dragon' e limoeiro 'Cravo' em fase de formação do pomar. *Bragantia*, Campinas v. 75, n. 1, p.70-75, 2016.

RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes*. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 420 p. 2011.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. da. Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soil by a ion-exchange resin procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 17, n. 5, p. 544-566, 1986.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R version 3.5.3 (2019-03-11) -- "Great Truth" Copyright

(C) 2019 The R Foundation for Statistical Computing Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit). URL <https://www.R-project.org/>. (2019).

RESENDE, A. V. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. Lavras: UFLA, Tese (Doutorado). 169 p, 2004.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 180 p.

SHEN, J. B.; YUAN, L. X.; ZHANG, J. L.; LI, H. G.; BAI, Z. H.; CHEN, X. P.; ZHANG, W. F.; ZANG, F. S. Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiol.* 156, 997–1005, 2011.

SOUZA, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; CARVALHO, J. G. & FRAGOAS, J. C. Banana prata anã. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V. H., eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.217- 218.

TEIXEIRA, R. S.; SILVA, I. R.; SOUSA, R. N.; MATTIELLO, E. M.; SOARES, E. M. B. Organic acid coated-slow-release phosphorus fertilizers improve P availability and maize growth in a tropical soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 16, n. 4, p.1097-1112. 2016.

TROLOVE, S.; HEDLEY, M. J.; KIRK, G.; BOLAN, N. S.; LOGANATHAN, P. Progress in selected areas of rhizosphere research on P acquisition. *Soil Res* 41:471– 499, 2003.

TOMASZEWSKA, M.; JARPSOEWICZ, A.; KARAKKULSKI, K. Physical and chemical characteristics of polymer coatings in CRF formulation. *Desalination*, v. 146, n. 03, p. 319-323, 2002.

TURREL, F. M. 1946. *Tables of Surfaces and Volumes of Spheres and of Prolate and Oblate Spheroids and Spheroidal Coefficients*. University of California Press, Berkeley, CA, USA.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytol* 157:423–447, 2003.

WU, L.; LIU, M. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. *Carbohydrate Polymers*, 72, 240–247, 2008.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características de solo e planta, de certa forma peculiares a este estudo, conduziram a padrões de resposta satisfatórias do que seria normalmente esperado num experimento de adubação em solos amazônicos pobre em fósforo. A obtenção de eficiência similar para tratamentos bastante diferentes é uma perspectiva concreta nas áreas de produção de citros submetidas ao cultivo e adubadas há mais tempo, situações de manejos sem critérios científicos definidos para sustentar a viabilidade produtiva e econômica do citros.

Os resultados confirmam a premissa de que o tempo de contato do fertilizante fosfatado com o solo é um forte condicionante da eficiência agrônômica do fosfato natural. Por outro lado, além do tempo de contato, a distribuição em um volume de solo mais restrito parece ser um ponto chave para a eficiência do fosfato natural. Já no caso da fonte de maior solubilidade (superfosfato triplo convencional), os modos de aplicação passam a ser um detalhe menos importante para a eficiência agrônômica no contexto dos fatores analisados no presente estudo.

Dada a eficiência agrônômica satisfatória proporcionada pelas fontes de fósforo de liberação lenta no presente estudo, os mecanismos que envolvem a liberação do nutriente dos grânulos dos fertilizantes necessitam de maiores estudos, uma vez que são essenciais para seleção de fertilizantes apropriados para um dado conjunto de condições ou para o desenvolvimento de novas tecnologias e de formulações adequadas no sentido de baratear os custos de aquisição, que, comparativamente ao fertilizantes solúveis, chegam a ser de 5 a 8 vezes mais caros.

A conservação de recursos não renováveis, como os minerais de rocha fosfática, usados na produção de fertilizantes fosfatados, é de grande preocupação quando a projeção da necessidade mundial é considerada. Essas preocupações fornecem um forte incentivo para melhorar as práticas de gestão de oferta de nutrientes, dentre as quais a utilização dos fertilizantes de liberação lenta (FLL) deve ser considerada um meio potencial para reduzir os riscos ambientais e manter alta eficiência de uso de nutrientes. A conscientização dos benefícios potenciais usando o FLL para esses fins está aumentando. No entanto, o uso na agricultura ainda é muito limitado principalmente devido ao seu custo relativamente alto. Existem várias outras questões relacionadas ao uso eficiente de FLL que merecem muito mais atenção e uma visão mais profunda. Se tratados adequadamente, essas questões devem levar a uma contribuição mais significativa do FLL para a agricultura e para o meio ambiente.

Resguardada a importância das avaliações agrônômicas, é preciso sempre levar em conta o retorno econômico das diferentes misturas das proporções e os modos de aplicação de fósforo,

principalmente quando a eficiência dos fatores de produtividade tende à equidade, como no presente estudo. No caso em questão, ficou claro que os tratamentos agronomicamente mais promissores não necessariamente correspondem aos mais convenientes quanto ao aspecto econômico.

Considerando o exposto nas discussões dos capítulos anteriores e, mais especificamente, os resultados da avaliação de disponibilidade de P, estado nutricional e crescimento das plantas jovens de laranjeira Pera Rio, pode-se sugerir que alguns tratamentos devem ser mais apropriados ao manejo da adubação fosfatada. A aplicação total dos fertilizantes e, em especial, a opção pelo fosfato de liberação lenta e o fosfato natural reativo, permitiriam associar boas produtividades, menor fixação de P e melhor efeito residual (manutenção da fertilidade do solo). Mantidas as tendências de respostas observadas para a laranjeira, tal estratégia de manejo aproximaria da condição ideal, na qual a maximização da eficiência de uso do P nos sistemas agrícolas é obtida minimizando-se as quantidades de P requeridas para manter um nível economicamente ótimo de fertilidade do solo. De acordo com essa diretriz, a eficiência definitiva é alcançada em sistemas em que a quantidade de P na adubação de manutenção é igual à quantidade exportada com as colheitas.

5 APÊNDICE

5.1 APÊNDICE A	Página
Tabela 5.1.1A	Dados não transformados das frações de P-resina a 10 cm de profundidade do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP _{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp11). 89
Tabela 5.1.2A	Dados não transformados das frações de P-resina a 10 cm de profundidade do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP _{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12). 90
Tabela 5.1.3A	Dados dos teores de macro e micronutrientes (não transformados) das folhas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP _{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp11). 91
Tabela 5.1.4A	Dados não transformados dos teores de macro e micronutrientes das folhas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP _{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12). 92
Tabela 5.1.5A	Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP _{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp11). 93
Tabela 5.1.6A	Dados não transformados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP _{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12). 94
Tabela 5.1.7A	Dados das frações de P-resina a 10 cm de profundidade do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp21). 95
Tabela 5.1.8A	Dados das frações de P-resina a 10 cm de profundidade do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com

	superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).....	96
Tabela 5.1.9A	Dados não transformados dos teores de macro e micronutrientes das folhas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp21).	97
Tabela 5.1.10A	Dados não transformados dos teores de macro e micronutrientes das folhas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).....	98
Tabela 5.1.11A	Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp21).....	99
Tabela 5.1.12A	Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio do em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).	100
Tabela 5.1.13A	Dados não transformados dos principais atributos químicos do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP _{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12).....	101
Tabela 5.1.14A	Dados não transformados dos principais atributos químicos do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).....	102
Tabela 5.1.15A	Dados não transformados das medidas biométricas e dos teores de macro e micronutrientes nas folhas da laranjeira Pera Rio dos tratamentos adicionais do Experimento 1 e 2, ano 1 e 2.....	103
Tabela 5.1.16A	Dados não transformados dos atributos químicos do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio dos tratamentos adicionais do Experimento 1 e 2, ano 2.	104
Tabela 5.1.17A	Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP _{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp11).....	105

Tabela 5.1.18A	Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP _{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12).	106
Tabela 5.1.19A	Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP _{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp21).	107
Tabela 5.1.20A	Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio do em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR _{AR}) com superfosfato triplo de liberação leita (TSP _{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).	108

5.2 APÊNDICE B

	Página
Foto 1B	109
Foto 2B	109
Foto 3B	110
Foto 4B	110
Foto 5B	111
Foto 6B	111
Foto 7B	112
Foto 8B	112
Foto 9B	113
Foto 10B	113
Foto 11B	114
Foto 12B	114
Foto 13B	115
Foto 14B	115

5.1 APÊNDICE A

Tabela 5.1.1A. Dados não transformados das frações de P-resina a 10 cm de profundidade do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp11).

bloco	proporção	modo	P-resina (mg kg ⁻¹)
1	100-0	T	16,93
1	100-0	P	16,13
1	75-25	T	20,27
1	75-25	P	12,25
1	50-50	T	119,41
1	50-50	P	24,71
1	25-75	T	52,08
1	25-75	P	20,27
1	0-100	T	104,15
1	0-100	P	46,59
2	100-0	T	21,13
2	100-0	P	11,50
2	75-25	T	42,77
2	75-25	P	11,61
2	50-50	T	35,78
2	50-50	P	23,12
2	25-75	T	107,06
2	25-75	P	31,82
2	0-100	T	68,41
2	0-100	P	26,84
3	100-0	T	31,82
3	100-0	P	13,13
3	75-25	T	57,08
3	75-25	P	12,36
3	50-50	T	72,96
3	50-50	P	12,36
3	25-75	T	99,49
3	25-75	P	12,36
3	0-100	T	156,85
3	0-100	P	179,22
4	100-0	T	13,90
4	100-0	P	35,02
4	75-25	T	69,07
4	75-25	P	22,22
4	50-50	T	91,56
4	50-50	P	24,03
4	25-75	T	150,07
4	25-75	P	555,45
4	0-100	T	106,83
4	0-100	P	77,12

Tabela 5.1.2A. Dados não transformados das frações de P-resina a 10 cm de profundidade do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12).

bloco	proporção	modo	P-resina (mg kg ⁻¹)
1	0-100	T	30,06
1	0-100	P	83,67
1	25-75	T	10,96
1	25-75	P	34,45
1	50-50	T	23,74
1	50-50	P	126,08
1	75-25	T	12,68
1	75-25	P	24,69
1	100-0	T	18,15
1	100-0	P	27,12
2	0-100	T	7,34
2	0-100	P	101,61
2	25-75	T	26,04
2	25-75	P	84,42
2	50-50	T	15,52
2	50-50	P	12,13
2	75-25	T	63,04
2	75-25	P	44,75
2	100-0	T	13,08
2	100-0	P	42,96
3	0-100	T	14,29
3	0-100	P	92,39
3	25-75	T	23,18
3	25-75	P	203,47
3	50-50	T	35,12
3	50-50	P	15,61
3	75-25	T	17,89
3	75-25	P	11,03
3	100-0	T	47,67
3	100-0	P	27,62
4	0-100	T	37,28
4	0-100	P	5,60
4	25-75	T	19,02
4	25-75	P	11,50
4	50-50	T	12,76
4	50-50	P	13,40
4	75-25	T	18,24
4	75-25	P	8,90
4	100-0	T	19,28
4	100-0	P	13,08

Tabela 5.1.3A. Dados dos teores de macro e micronutrientes (não transformados) das folhas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp11).

bloco	proporção	modo	N P K Ca Mg S						Mn Zn B Cu Fe				
			------(g/kg)-----						------(mg/kg)-----				
1	100-0	T	24,5	1,6	14,9	10,7	1,7	1,5	13,4	22,9	84,1	16,9	47,1
1	100-0	P	18,2	1,6	32,3	19,7	2,2	2,0	23,5	36,3	70,2	8,7	132,1
1	75-25	T	20,6	1,9	22,2	22,5	1,7	2,4	26,9	14,6	70,5	5,6	82,6
1	75-25	P	24,9	2,3	18,4	12,2	3,0	1,5	12,4	14,6	39,9	3,9	43,5
1	50-50	T	22,3	2,0	16,4	16,9	3,0	1,8	15,0	14,5	58,6	2,5	61,7
1	50-50	P	23,3	2,4	13,9	17,5	2,6	2,0	16,2	18,9	56,2	3,4	57,3
1	25-75	T	25,5	1,9	23,1	21,0	2,0	2,4	24,5	15,1	65,1	5,3	60,5
1	25-75	P	25,3	1,7	27,1	19,2	1,8	2,0	23,3	18,5	69,8	11,4	64,4
1	0-100	T	22,7	1,8	19,4	18,2	2,2	1,9	23,5	17,6	86,8	4,5	51,0
1	0-100	P	24,4	1,9	20,5	3,6	3,6	1,9	23,9	20,2	74,9	4,9	51,1
2	100-0	T	25,1	2,3	16,4	15,1	2,4	1,9	19,5	17,7	53,2	8,6	45,1
2	100-0	P	25,0	2,9	25,7	13,8	2,8	1,6	16,7	18,4	56,1	4,9	40,1
2	75-25	T	26,8	2,3	21,0	20,1	2,9	2,1	21,2	15,2	61,3	6,6	46,9
2	75-25	P	27,8	2,2	28,7	12,0	2,4	1,6	16,4	13,2	52,8	5,0	38,1
2	50-50	T	26,0	2,5	17,5	16,7	3,7	1,9	17,4	12,2	55,2	4,5	44,1
2	50-50	P	25,0	2,4	18,4	14,8	3,3	1,8	20,7	21,6	85,1	7,1	46,1
2	25-75	T	24,6	2,7	7,6	21,3	2,9	1,8	15,8	43,8	57,4	49,7	53,1
2	25-75	P	22,7	2,5	13,4	2,8	2,8	1,6	12,1	16,4	48,1	8,5	46,6
2	0-100	T	21,7	2,3	23,4	25,4	3,0	2,1	20,4	13,1	66,4	3,7	68,2
2	0-100	P	23,5	1,8	18,3	16,4	2,8	1,9	15,3	16,8	60,5	3,1	41,4
3	100-0	T	21,9	1,8	14,2	22,9	3,3	2,4	18,1	13,7	80,0	4,9	47,1
3	100-0	P	25,1	2,3	31,4	11,6	2,7	1,8	14,8	14,5	56,4	6,0	39,7
3	75-25	T	24,8	2,0	12,9	23,3	3,7	2,2	18,9	13,7	85,6	3,3	68,7
3	75-25	P	26,2	2,7	14,2	23,2	3,9	2,5	16,2	18,4	62,9	4,6	29,8
3	50-50	T	26,3	3,0	22,7	19,6	3,2	2,2	16,8	14,4	55,8	3,9	63,2
3	50-50	P	28,8	1,9	21,1	2,8	2,8	2,3	21,4	16,8	87,0	9,0	36,4
3	25-75	T	27,5	2,0	20,3	20,5	2,8	2,2	24,0	15,5	62,7	5,6	41,8
3	25-75	P	25,8	2,2	30,6	12,3	2,5	1,7	17,9	11,9	56,0	2,9	58,4
3	0-100	T	25,7	2,8	15,5	20,3	3,1	2,2	16,7	14,8	50,6	3,6	38,3
3	0-100	P	25,1	3,2	22,4	20,9	3,2	1,8	18,8	13,3	52,4	3,0	54,8
4	100-0	T	22,5	3,1	23,3	15,4	2,5	2,0	13,6	15,3	51,2	3,3	55,3
4	100-0	P	26,2	2,7	29,0	23,5	2,4	2,2	16,3	13,1	87,0	2,0	64,8
4	75-25	T	23,1	2,7	17,5	13,3	2,8	1,5	11,9	13,6	50,3	3,5	46,4
4	75-25	P	26,1	2,7	17,4	3,4	3,4	2,1	14,0	13,8	61,8	4,8	63,7
4	50-50	T	24,3	2,5	15,0	26,5	2,3	2,4	15,8	12,3	61,4	2,3	67,7
4	50-50	P	24,7	2,4	8,9	20,4	3,3	2,0	13,5	13,6	65,2	3,5	56,4
4	25-75	T	24,7	2,3	22,8	19,7	2,5	2,0	28,8	22,7	61,4	2,9	57,0
4	25-75	P	23,1	3,2	13,7	25,0	2,5	2,0	17,0	14,2	77,8	2,8	77,4
4	0-100	T	20,0	2,4	10,2	20,4	2,7	1,8	15,1	11,1	46,3	2,6	52,2
4	0-100	P	25,1	2,4	8,3	27,4	3,5	2,4	19,1	14,3	87,0	2,6	72,5

Tabela 5.1.4A. Dados não transformados dos teores de macro e micronutrientes das folhas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12).

bloco	proporção	modo	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	B	Cu	Fe
			------(g/kg)-----						------(mg/kg)-----				
1	100-0	T	30,6	1,5	27,3	21,1	1,5	3,7	25,5	12,8	82,9	15,5	132,8
1	100-0	P	27,2	1,9	25,9	27,1	2,0	3,7	23,9	16,9	73,2	7,5	147,4
1	75-25	T	27,3	1,7	22,8	27,4	2,3	4,1	25,4	20,2	78,8	17,0	157,1
1	75-25	P	32,9	1,4	12,0	20,9	3,1	3,0	20,6	12,3	125,4	10,4	112,9
1	50-50	T	31,1	1,8	16,7	26,3	3,7	3,7	24,7	16,0	86,7	9,3	162,3
1	50-50	P	28,9	1,6	16,4	33,2	3,3	4,9	25,0	17,7	85,4	12,1	169,6
1	25-75	T	32,9	1,5	19,1	24,0	3,1	3,3	27,6	12,6	114,7	10,5	142,7
1	25-75	P	27,5	1,8	29,3	19,1	1,7	3,1	26,0	21,8	73,2	21,6	185,3
1	0-100	T	30,5	1,6	19,3	22,1	3,6	3,1	24,6	12,9	85,3	10,7	111,1
1	0-100	P	33,0	1,5	19,8	18,9	3,2	2,9	19,1	14,9	77,1	8,2	105,0
2	100-0	T	33,7	1,5	24,3	24,0	2,3	4,0	25,8	14,3	100,2	13,8	139,1
2	100-0	P	30,4	1,4	22,3	27,1	3,0	3,4	34,0	15,1	103,9	14,8	133,1
2	75-25	T	32,1	1,5	21,4	24,6	3,0	3,9	31,7	13,7	107,6	13,9	154,1
2	75-25	P	29,7	1,5	38,0	15,8	2,2	3,0	22,8	11,7	76,4	12,3	97,3
2	50-50	T	32,5	1,6	17,5	24,0	3,2	3,3	22,4	43,9	119,5	44,2	109,0
2	50-50	P	33,7	1,8	16,4	27,0	4,6	3,9	22,7	17,8	95,4	12,5	137,6
2	25-75	T	30,6	1,6	7,1	32,8	3,9	4,1	26,5	15,2	92,1	7,5	138,6
2	25-75	P	30,8	1,8	13,6	30,9	3,9	4,4	23,7	17,2	102,7	10,4	170,4
2	0-100	T	29,4	1,5	24,3	27,6	2,0	3,8	25,5	13,6	108,8	10,9	183,0
2	0-100	P	36,1	1,8	17,0	27,6	3,6	4,8	18,6	19,2	95,6	9,8	120,3
3	100-0	T	33,4	1,7	11,8	23,4	3,3	3,9	20,6	11,8	72,7	6,5	129,6
3	100-0	P	28,8	1,5	30,3	25,2	3,1	3,8	28,2	18,3	69,4	13,9	128,8
3	75-25	T	32,2	1,7	7,3	28,7	4,5	3,7	21,0	17,0	88,0	5,6	116,3
3	75-25	P	32,6	1,8	8,1	29,2	3,8	3,4	21,2	18,8	69,2	10,3	209,1
3	50-50	T	34,0	1,5	15,6	25,4	3,2	4,2	20,3	12,3	88,0	7,0	110,2
3	50-50	P	30,2	1,6	17,4	26,2	3,6	3,4	24,4	16,4	92,8	10,9	114,1
3	25-75	T	29,8	2,0	12,3	24,2	3,0	2,5	23,0	21,9	77,3	16,2	122,3
3	25-75	P	31,2	2,0	38,4	17,5	2,5	3,7	25,1	17,0	74,4	6,9	114,3
3	0-100	T	34,9	2,0	14,1	19,5	3,2	3,8	16,6	13,5	106,7	6,8	127,9
3	0-100	P	32,4	2,4	24,7	28,5	3,2	4,3	30,2	13,8	78,0	7,6	156,4
4	100-0	T	31,4	1,9	19,1	30,5	3,1	5,7	26,7	16,5	80,7	12,7	152,2
4	100-0	P	33,3	3,3	29,4	30,8	2,3	5,5	30,0	18,8	90,6	8,2	165,3
4	75-25	T	31,7	2,0	14,2	30,5	4,4	3,9	23,9	13,9	80,7	7,8	180,0
4	75-25	P	30,9	1,4	10,4	32,7	3,8	3,4	24,5	19,6	84,0	15,0	145,6
4	50-50	T	29,1	2,2	20,9	31,5	2,5	5,2	25,6	17,2	78,0	7,6	154,9
4	50-50	P	28,9	1,6	6,0	30,7	4,2	3,4	20,3	19,0	76,2	9,8	98,8
4	25-75	T	35,1	2,1	17,4	24,7	2,8	3,9	23,7	18,4	121,2	28,1	100,1
4	25-75	P	30,4	2,6	6,2	39,4	3,1	4,5	23,3	35,6	87,9	7,7	133,8
4	0-100	T	33,5	2,2	8,3	33,6	3,4	4,5	23,1	34,7	84,3	27,5	150,7
4	0-100	P	36,5	2,1	4,9	32,9	5,0	3,5	22,2	21,6	79,1	5,2	111,1

Tabela 5.1.5A. Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp11).

bloco	proporção	modo	tcll (%)	tccr (%)	vc (m ³)
1	100-0	T	70,42	48,19	9,52
1	100-0	P	67,19	41,48	5,39
1	75-25	T	45,35	36,11	4,48
1	75-25	P	62,53	44,32	7,27
1	50-50	T	60,55	47,27	7,71
1	50-50	P	54,02	43,59	6,39
1	25-75	T	76,86	61,22	13,92
1	25-75	P	43,39	31,12	3,39
1	0-100	T	50,16	39,74	5,41
1	0-100	P	44,89	38,97	4,29
2	100-0	T	53,63	44,50	6,74
2	100-0	P	41,70	34,19	3,52
2	75-25	T	63,84	53,35	10,44
2	75-25	P	62,57	45,93	8,26
2	50-50	T	69,16	46,81	9,02
2	50-50	P	59,52	45,79	7,53
2	25-75	T	65,69	49,22	8,56
2	25-75	P	56,91	43,25	6,66
2	0-100	T	61,36	48,73	8,50
2	0-100	P	38,45	30,99	2,31
3	100-0	T	63,66	44,77	8,53
3	100-0	P	54,75	41,43	6,92
3	75-25	T	62,90	46,23	7,23
3	75-25	P	50,10	39,44	4,54
3	50-50	T	55,14	47,02	6,96
3	50-50	P	51,53	38,11	4,76
3	25-75	T	48,72	38,01	4,90
3	25-75	P	77,92	61,66	15,49
3	0-100	T	53,16	41,66	5,40
3	0-100	P	60,80	57,74	9,82
4	100-0	T	49,84	39,59	4,99
4	100-0	P	69,60	55,52	11,31
4	75-25	T	54,74	43,49	6,56
4	75-25	P	65,04	49,74	9,42
4	50-50	T	64,23	50,47	8,78
4	50-50	P	55,30	46,87	6,60
4	25-75	T	38,84	33,99	2,84
4	25-75	P	60,52	44,96	6,72
4	0-100	T	55,81	41,74	5,49
4	0-100	P	64,03	51,28	9,14

Tabela 5.1.6A. Dados não transformados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12).

bloco	proporção	modo	tcll (%)	tccr (%)	vc (m ³)
1	100-0	T	78,92	54	13,4
1	100-0	P	74,83	46,2	7,44
1	75-25	T	53,75	42,8	7,47
1	75-25	P	75,25	53,33	12,67
1	50-50	T	72,08	56,27	13
1	50-50	P	67,42	54,4	12,42
1	25-75	T	96,67	77	27,7
1	25-75	P	51,58	37	5,7
1	0-100	T	59,83	47,4	9,18
1	0-100	P	56,83	49,33	8,71
2	100-0	T	67,33	55,87	13,35
2	100-0	P	56,83	46,6	8,92
2	75-25	T	74,58	62,33	16,66
2	75-25	P	71,83	52,73	12,5
2	50-50	T	87,08	58,93	18,01
2	50-50	P	71,92	55,33	13,29
2	25-75	T	76,17	57,07	13,34
2	25-75	P	71,58	54,4	13,26
2	0-100	T	68,67	54,53	11,91
2	0-100	P	55,67	44,87	7,01
3	100-0	T	78,5	55,2	15,99
3	100-0	P	70,67	53,47	14,87
3	75-25	T	73,75	54,2	11,66
3	75-25	P	67,67	53,27	11,19
3	50-50	T	74,5	63,53	17,16
3	50-50	P	72,67	53,73	13,35
3	25-75	T	67,33	52,53	12,95
3	25-75	P	92,08	72,87	25,56
3	0-100	T	77,5	60,73	16,73
3	0-100	P	80,67	76,6	22,94
4	100-0	T	71,83	57,07	14,95
4	100-0	P	90,25	72	24,67
4	75-25	T	71,58	56,87	14,67
4	75-25	P	81,17	62,07	18,31
4	50-50	T	85	66,8	20,34
4	50-50	P	65,83	55,8	11,14
4	25-75	T	48,92	42,8	5,68
4	25-75	P	82,92	61,6	17,29
4	0-100	T	79,42	59,4	15,83
4	0-100	P	84,33	67,53	20,88

Tabela 5.1.7A. Dados das frações de P-resina a 10 cm de profundidade do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp21).

bloco	proporção	modo	P-resina (mg kg ⁻¹)
1	100-0	T	24,95
1	100-0	P	36,12
1	75-25	T	139,02
1	75-25	P	48,38
1	50-50	T	196,06
1	50-50	P	39,55
1	25-75	T	361,22
1	25-75	P	110,39
1	0-100	T	339,36
1	0-100	P	81,57
2	100-0	T	40,74
2	100-0	P	24,95
2	75-25	T	70,99
2	75-25	P	30,79
2	50-50	T	100,27
2	50-50	P	23,12
2	25-75	T	249,49
2	25-75	P	58,66
2	0-100	T	444,41
2	0-100	P	57,08
3	100-0	T	48,37
3	100-0	P	51,15
3	75-25	T	86,29
3	75-25	P	10,41
3	50-50	T	94,15
3	50-50	P	108,13
3	25-75	T	376,15
3	25-75	P	63,69
3	0-100	T	444,58
3	0-100	P	51,15
4	100-0	T	24,71
4	100-0	P	13,5
4	75-25	T	71,02
4	75-25	P	15,92
4	50-50	T	205,24
4	50-50	P	18,43
4	25-75	T	234,79
4	25-75	P	20,16
4	0-100	T	220,77
4	0-100	P	43,14

Tabela 5.1.8A. Dados das frações de P-resina a 10 cm de profundidade do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).

bloco	proporção	modo	P-resina (mg kg ⁻¹)
1	0-100	T	23,65
1	0-100	P	46,33
1	25-75	T	74,23
1	25-75	P	13,88
1	50-50	T	22,99
1	50-50	P	56,52
1	75-25	T	53,19
1	75-25	P	28,83
1	100-0	T	25,36
1	100-0	P	213,93
2	0-100	T	45,14
2	0-100	P	5,89
2	25-75	T	122,74
2	25-75	P	51,73
2	50-50	T	26,33
2	50-50	P	73,19
2	75-25	T	18,32
2	75-25	P	43,85
2	100-0	T	18,32
2	100-0	P	63,90
3	0-100	T	97,53
3	0-100	P	13,32
3	25-75	T	96,43
3	25-75	P	63,38
3	50-50	T	83,92
3	50-50	P	21,07
3	75-25	T	13,40
3	75-25	P	262,66
3	100-0	T	7,27
3	100-0	P	40,00
4	0-100	T	69,52
4	0-100	P	33,24
4	25-75	T	38,81
4	25-75	P	21,16
4	50-50	T	100,60
4	50-50	P	27,62
4	75-25	T	35,57
4	75-25	P	68,40
4	100-0	T	28,52
4	100-0	P	50,30

Tabela 5.1.9A. Dados não transformados dos teores de macro e micronutrientes das folhas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp21).

bloco	proporção	modo	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	B	Cu	Fe
			------(g/kg)-----						------(mg/kg)-----				
1	100-0	T	22,3	2,8	28,6	21,4	3,2	2,3	17,0	12,2	66,8	3,4	75,7
1	100-0	P	25,3	3,3	20,9	3,9	3,9	2,2	14,9	13,5	74,3	2,3	75,1
1	75-25	T	21,5	2,5	17,4	23,9	3,2	1,9	14,9	10,6	66,8	2,3	106,8
1	75-25	P	23,1	2,7	20,5	24,6	4,5	2,4	18,6	17,8	77,0	3,7	71,7
1	50-50	T	24,7	3,0	16,6	26,2	3,1	2,3	15,9	14,6	78,0	3,4	66,0
1	50-50	P	26,8	2,3	23,4	20,7	3,9	2,2	20,5	17,5	70,7	5,4	62,6
1	25-75	T	22,7	3,1	17,7	31,7	2,7	2,5	18,2	14,9	84,1	3,5	71,5
1	25-75	P	23,7	3,0	21,2	26,4	3,2	2,5	20,5	16,9	67,4	4,1	73,2
1	0-100	T	24,4	2,8	12,8	27,9	3,3	2,3	15,8	14,0	57,2	3,6	78,3
1	0-100	P	27,3	3,4	23,4	18,5	4,1	2,3	15,7	15,3	59,9	4,9	86,7
2	100-0	T	23,7	2,4	14,3	29,3	3,1	2,2	17,4	12,4	64,4	2,5	71,7
2	100-0	P	25,9	3,7	18,3	30,8	3,0	2,6	19,3	16,4	79,7	4,6	86,9
2	75-25	T	25,6	2,9	12,2	28,3	3,8	2,6	20,4	14,7	86,0	3,4	73,1
2	75-25	P	26,5	2,9	23,1	2,4	2,9	2,3	16,3	13,5	86,0	5,4	84,3
2	50-50	T	26,1	3,4	13,8	21,8	3,6	2,1	14,3	13,8	47,3	4,0	63,3
2	50-50	P	24,4	2,4	24,8	20,4	4,2	2,4	23,4	15,4	115,7	4,1	77,4
2	25-75	T	22,0	2,1	13,9	19,3	4,2	1,9	16,6	13,7	59,9	5,1	67,6
2	25-75	P	25,6	3,5	14,3	27,5	4,7	2,5	20,3	16,2	66,5	4,7	73,3
2	0-100	T	26,8	3,3	15,5	2,9	2,9	2,4	17,8	15,7	63,5	1,9	78,5
2	0-100	P	28,3	2,9	17,3	25,1	4,1	2,4	19,6	14,9	74,3	5,6	71,3
3	100-0	T	28,5	3,0	23,9	24,4	4,2	2,5	20,0	13,6	65,3	8,0	73,7
3	100-0	P	25,3	2,5	19,8	24,2	2,5	2,1	19,8	13,1	95,9	2,2	71,8
3	75-25	T	28,7	2,6	16,9	27,7	3,9	2,7	21,0	17,6	83,3	3,5	104,1
3	75-25	P	27,9	3,6	19,2	20,9	3,3	2,5	18,2	16,1	65,3	4,3	70,0
3	50-50	T	29,0	4,2	20,1	27,1	3,7	2,8	23,4	15,5	76,4	6,2	77,4
3	50-50	P	24,1	3,5	16,4	28,1	2,8	2,0	16,1	12,1	83,3	1,6	67,4
3	25-75	T	27,3	3,2	21,2	2,5	2,5	2,1	15,2	14,2	63,8	1,9	63,7
3	25-75	P	24,0	2,3	14,5	23,2	3,5	2,1	17,7	10,6	73,8	3,2	64,4
3	0-100	T	26,8	3,5	22,2	26,0	3,8	2,4	29,4	17,1	83,3	3,1	79,8
3	0-100	P	25,4	3,0	10,4	31,0	3,5	2,6	18,9	12,8	87,1	4,0	71,0
4	100-0	T	26,2	4,5	13,8	29,2	3,3	2,6	16,1	17,5	68,1	4,7	64,0
4	100-0	P	27,7	2,5	17,5	32,0	3,7	3,1	21,0	17,0	97,6	5,0	89,8
4	75-25	T	28,9	3,1	15,1	21,0	3,1	2,1	17,5	15,0	75,7	5,3	74,2
4	75-25	P	27,6	3,1	18,2	24,7	4,3	2,8	23,6	19,0	88,6	4,8	207,6
4	50-50	T	26,8	4,1	14,7	2,5	2,5	2,7	18,8	15,8	94,7	3,2	95,1
4	50-50	P	30,3	2,7	11,8	27,0	3,6	2,7	16,6	20,7	81,4	4,3	73,8
4	25-75	T	26,3	4,4	14,7	29,6	3,9	2,3	20,4	16,3	73,2	2,0	81,8
4	25-75	P	24,6	3,0	10,7	23,1	3,5	2,1	17,2	13,9	80,8	4,1	62,0
4	0-100	T	26,9	4,2	9,5	30,6	3,8	2,5	18,9	17,3	89,0	3,3	74,8
4	0-100	P	29,6	3,6	13,4	21,8	3,7	2,3	15,9	17,9	76,7	4,9	70,7

Tabela 5.1.10A. Dados não transformados dos teores de macro e micronutrientes das folhas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).

bloco	proporção	modo	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	B	Cu	Fe
			------(g/kg)-----						------(mg/kg)-----				
1	100-0	T	27,2	2,0	31,5	22,4	2,5	5,4	21,5	11,8	78,0	8,0	124,1
1	100-0	P	26,7	3,0	16,7	31,7	3,0	5,0	20,2	15,8	105,9	7,4	125,9
1	75-25	T	25,9	2,1	15,1	33,1	3,1	4,1	20,1	11,7	95,1	7,0	122,2
1	75-25	P	32,0	1,6	8,3	27,0	4,4	3,4	20,8	17,9	81,6	7,3	100,4
1	50-50	T	28,4	1,5	9,4	28,5	3,3	3,1	19,4	15,0	82,0	6,1	102,2
1	50-50	P	30,9	1,5	15,0	28,4	5,1	3,2	27,2	14,9	96,6	9,5	100,8
1	25-75	T	27,1	2,7	13,5	30,9	2,4	4,5	22,1	14,2	78,9	8,4	131,4
1	25-75	P	29,6	1,8	11,4	33,6	3,5	4,4	21,2	18,4	80,2	7,9	118,5
1	0-100	T	26,5	1,7	8,2	31,1	3,5	3,6	19,9	14,9	71,7	5,4	111,0
1	0-100	P	31,8	1,6	10,6	27,7	4,8	3,4	21,7	14,3	73,0	5,9	99,5
2	100-0	T	31,4	2,3	12,0	29,4	2,5	4,7	19,8	12,8	90,6	6,2	123,4
2	100-0	P	31,3	2,3	7,6	35,5	3,0	4,1	24,1	16,5	83,3	5,2	120,4
2	75-25	T	28,2	1,8	6,4	31,2	4,2	4,1	22,9	23,6	88,3	14,0	107,7
2	75-25	P	34,8	2,0	14,5	31,7	2,8	4,5	22,7	16,0	94,9	8,8	122,7
2	50-50	T	32,8	1,8	10,6	31,1	4,3	3,7	21,4	14,0	87,0	6,8	117,9
2	50-50	P	33,1	1,6	12,6	24,9	4,2	3,8	20,3	14,4	94,4	6,7	119,5
2	25-75	T	27,6	1,7	8,6	25,2	4,9	3,0	21,5	11,7	81,6	5,4	94,3
2	25-75	P	38,3	1,6	6,5	29,4	4,1	3,2	22,3	14,3	87,5	7,2	98,2
2	0-100	T	29,6	3,2	12,3	40,3	3,1	4,6	24,4	27,5	94,6	9,9	166,3
2	0-100	P	31,4	1,7	9,9	26,8	4,1	3,1	21,7	13,7	92,5	8,2	92,4
3	100-0	T	35,0	1,8	8,7	26,5	3,7	3,1	22,9	10,3	92,1	8,3	100,2
3	100-0	P	33,2	2,8	13,7	28,4	2,8	4,3	22,8	17,4	79,2	6,2	117,3
3	75-25	T	36,0	1,8	8,2	28,4	4,4	3,7	22,5	17,0	103,2	5,1	102,2
3	75-25	P	32,1	1,8	13,9	25,1	3,3	3,8	20,0	12,9	83,8	6,3	95,9
3	50-50	T	36,3	2,0	10,7	29,4	4,3	3,5	24,4	18,3	95,8	11,3	108,5
3	50-50	P	26,6	2,8	13,0	36,2	3,2	3,7	26,0	16,8	98,6	8,8	133,4
3	25-75	T	25,6	3,3	17,4	34,5	2,2	4,2	23,1	19,9	101,9	7,4	133,5
3	25-75	P	32,1	1,4	7,6	20,1	3,0	3,1	17,6	8,9	83,8	4,2	84,3
3	0-100	T	35,6	2,1	18,7	21,0	3,4	3,3	17,1	18,7	69,9	7,3	88,0
3	0-100	P	29,7	1,6	6,1	32,9	3,7	3,9	22,0	13,6	90,3	6,1	108,0
4	100-0	T	34,1	3,0	6,7	36,7	4,3	4,6	22,3	19,9	92,1	7,3	119,7
4	100-0	P	32,4	2,0	9,0	29,5	3,7	4,3	20,5	16,6	92,1	5,7	101,5
4	75-25	T	30,8	1,8	12,7	28,2	3,9	3,4	20,7	14,3	81,0	7,9	113,2
4	75-25	P	29,9	1,4	12,0	25,8	4,2	3,9	21,8	13,0	79,2	9,1	114,9
4	50-50	T	30,5	2,7	13,0	31,8	2,8	4,2	20,7	16,8	79,2	5,4	129,0
4	50-50	P	31,8	1,8	11,3	30,9	3,7	4,5	22,7	17,0	87,5	23,5	116,8
4	25-75	T	31,0	3,6	17,8	29,2	2,7	4,4	23,9	34,6	105,1	23,6	134,8
4	25-75	P	28,0	1,5	8,0	32,3	3,4	3,8	23,0	12,7	105,5	9,4	100,2
4	0-100	T	31,5	1,9	5,9	33,2	3,7	3,9	20,7	23,5	106,2	6,3	131,7
4	0-100	P	31,7	1,7	8,4	31,8	3,2	3,6	18,9	15,0	109,7	5,8	98,9

Tabela 5.1.11A. Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp21).

bloco	proporção	modo	tccl (%)	tccr (%)	vc (m ³)
1	100-0	T	60,27	49,26	8,63
1	100-0	P	78,09	51,16	11,27
1	75-25	T	60,64	47,94	7,67
1	75-25	P	58,31	42,37	6,65
1	50-50	T	68,63	51,88	10,03
1	50-50	P	64,90	46,62	8,25
1	25-75	T	56,38	45,20	5,98
1	25-75	P	39,38	32,51	2,59
1	0-100	T	60,23	54,34	8,95
1	0-100	P	54,90	38,90	5,34
2	100-0	T	63,10	51,57	9,04
2	100-0	P	58,94	44,17	6,46
2	75-25	T	62,42	47,86	7,36
2	75-25	P	52,56	38,78	5,73
2	50-50	T	55,48	41,45	5,69
2	50-50	P	47,81	37,82	4,21
2	25-75	T	59,96	47,67	7,34
2	25-75	P	66,17	44,17	7,84
2	0-100	T	48,41	35,42	3,54
2	0-100	P	66,83	48,77	9,32
3	100-0	T	66,23	48,91	9,22
3	100-0	P	58,61	42,11	6,31
3	75-25	T	60,80	50,52	8,46
3	75-25	P	52,14	35,08	4,52
3	50-50	T	61,33	44,07	7,42
3	50-50	P	55,72	43,89	6,39
3	25-75	T	48,68	38,95	4,07
3	25-75	P	54,93	39,22	5,07
3	0-100	T	45,25	34,72	3,17
3	0-100	P	53,54	39,52	5,22
4	100-0	T	65,65	51,22	9,07
4	100-0	P	60,01	42,95	6,67
4	75-25	T	66,12	43,14	7,76
4	75-25	P	64,22	50,99	9,60
4	50-50	T	58,46	46,93	7,13
4	50-50	P	71,22	52,04	10,85
4	25-75	T	60,50	44,82	6,53
4	25-75	P	54,95	43,96	5,87
4	0-100	T	70,12	51,95	8,65
4	0-100	P	75,32	54,53	11,13

Tabela 5.1.12A. Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio do em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).

bloco	proporção	modo	tccl (%)	tccr (%)	vc (m ³)
1	100-0	T	76,92	62,87	17,93
1	100-0	P	91,08	59,67	17,88
1	75-25	T	77,08	60,93	15,75
1	75-25	P	74,50	54,13	13,86
1	50-50	T	78,67	59,47	15,10
1	50-50	P	80,83	58,07	15,95
1	25-75	T	79,42	63,67	16,72
1	25-75	P	60,08	49,60	9,20
1	0-100	T	79,58	71,80	20,65
1	0-100	P	73,58	52,13	12,86
2	100-0	T	84,50	69,07	21,71
2	100-0	P	80,42	60,27	16,40
2	75-25	T	78,25	60,00	14,50
2	75-25	P	69,58	51,33	13,30
2	50-50	T	74,42	55,60	13,73
2	50-50	P	66,92	52,93	11,55
2	25-75	T	80,33	63,87	17,65
2	25-75	P	84,58	56,47	16,38
2	0-100	T	74,17	54,27	12,74
2	0-100	P	85,33	62,27	19,41
3	100-0	T	81,25	60,00	17,03
3	100-0	P	75,17	54,00	13,31
3	75-25	T	75,42	62,67	16,16
3	75-25	P	73,42	49,40	12,62
3	50-50	T	79,33	57,00	16,06
3	50-50	P	70,08	55,20	12,71
3	25-75	T	61,67	49,33	8,27
3	25-75	P	73,75	52,67	12,26
3	0-100	T	59,17	45,40	7,09
3	0-100	P	72,25	53,33	12,83
4	100-0	T	84,25	65,73	19,17
4	100-0	P	82,25	58,87	17,18
4	75-25	T	83,58	54,53	15,68
4	75-25	P	76,83	61,00	16,43
4	50-50	T	72,50	58,20	13,60
4	50-50	P	86,67	63,33	19,55
4	25-75	T	82,33	61,00	16,45
4	25-75	P	71,67	57,33	13,03
4	0-100	T	87,83	65,07	17,01
4	0-100	P	90,25	65,33	19,15

Tabela 5.1.13A. Dados não transformados dos principais atributos químicos do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12).

bloco	proporção	modo	pH	K mg/kg	Ca	Mg	Al	Hal cmolc/dm ³	SB	t	T	V %	m	MO dag/kg	Prem mg/L	Zn	Fe	Mn mg/kg	Cu	B	S
1	100-0	T	5,8	84,4	2,99	1,8	0,14	4,83	5,01	5,15	9,84	50,88	2,72	3,08	29,1	2,18	187,37	3,69	0,48	0,09	10,17
1	100-0	P	6,0	19,89	2,07	1,26	0,05	2,4	3,38	3,43	5,78	58,49	1,46	1,47	28,95	2,3	154,76	1,04	0,41	0,12	31,84
1	75-25	T	5,7	43,14	2,86	1,79	0,03	2,03	4,76	4,79	6,79	70,11	0,63	1,92	26,38	2,91	222,88	1,86	0,56	0,19	32,68
1	75-25	P	5,8	23,2	2,26	1,46	0,1	3,0	3,78	3,88	6,78	55,74	2,58	1,84	33,15	2,75	166,88	2,32	0,6	0,13	13,88
1	50-50	T	6,5	24,85	2,79	1,85	0,05	2,24	4,7	4,75	6,94	67,78	1,05	1,91	30,58	4,82	234,02	2,98	0,51	0,13	9,05
1	50-50	P	6,6	28,84	3,2	1,85	0,02	1,98	5,12	5,14	7,1	72,17	0,39	1,83	29,77	6,2	191,15	4,54	0,92	0,13	25,06
1	25-75	T	5,0	33,12	2,37	1,41	0,6	7,87	3,86	4,46	11,73	32,95	13,45	3,29	28,06	2,68	206,38	5,0	0,52	0,14	12,0
1	25-75	P	6,1	55,7	4,05	2,82	0,04	5,96	7,01	7,05	12,97	54,07	0,57	3,17	27,68	9,04	158,08	6,65	0,82	0,14	37,43
1	0-100	T	5,9	35,94	3,04	2,1	0,17	6,38	5,23	5,4	11,61	45,07	3,15	3,85	43,67	5,19	156,19	7,5	0,86	0,13	55,9
1	0-100	P	5,4	41,2	2,38	1,25	0,18	4,42	3,74	3,92	8,16	45,78	4,59	1,79	40,89	3,29	156,35	3,48	0,49	0,13	74,34
2	100-0	T	5,8	57,45	3,65	2,07	0,08	4,72	5,87	5,95	10,59	55,4	1,34	4,29	31,64	2,17	163,24	3,94	0,6	0,14	7,45
2	100-0	P	6,4	28,64	3,12	1,93	0,03	2,27	5,12	5,15	7,39	69,33	0,58	1,92	32,26	2,79	99,01	3,8	0,57	0,11	23,65
2	75-25	T	5,1	56,28	2,24	1,28	0,43	7,05	3,66	4,09	10,71	34,21	10,51	3,08	32,52	4,77	244,61	6,29	1,18	0,13	32,15
2	75-25	P	5,5	66,69	2,71	1,66	0,23	5,77	4,54	4,77	10,31	44,04	4,82	3,46	28,23	4,73	162,81	6,86	0,87	0,09	19,62
2	50-50	T	5,1	27,38	1,57	1,12	0,27	4,67	2,76	3,03	7,43	37,15	8,91	2,07	30,27	3,6	157,75	2,36	0,91	0,1	22,92
2	50-50	P	5,7	28,06	1,86	1,35	0,11	4,18	3,28	3,39	7,46	43,99	3,24	1,9	27,92	4,39	215,44	2,97	1,59	0,15	27,17
2	25-75	T	5,7	29,03	2,65	0,84	0,06	3,13	3,56	3,62	6,69	53,28	1,66	1,87	34,07	10,93	183,54	4,57	1,34	0,12	14,68
2	25-75	P	6,0	31,66	2,7	1,44	0,04	2,12	4,22	4,26	6,34	66,58	0,94	1,42	30,61	2,78	135,36	2,35	0,88	0,12	42,07
2	0-100	T	4,9	34,19	1,14	0,8	0,55	5,05	2,03	2,58	7,08	28,64	21,32	2,13	23,82	1,38	146,04	2,19	0,53	0,09	41,33
2	0-100	P	6,1	31,18	3,13	1,69	0,04	2,56	4,9	4,94	7,46	65,68	0,81	1,6	35,2	12,44	187,6	9,02	0,89	0,18	25,25
3	100-0	T	5,6	26,8	2,69	1,71	0,07	3,46	4,47	4,54	7,93	56,35	1,54	1,96	30,02	11,72	128,47	5,08	1,76	0,09	37,32
3	100-0	P	5,4	98,7	2,15	1,37	0,19	4,67	3,77	3,96	8,44	44,7	4,8	2,36	32,34	5,12	268,48	5,36	0,45	0,1	11,69
3	75-25	T	5,8	21,06	2,27	1,37	0,06	2,56	3,69	3,75	6,25	59,1	1,6	1,32	31,21	2,95	222,3	2,68	1,09	0,12	38,71
3	75-25	P	5,6	18,14	1,74	1,27	0,09	4,83	3,06	3,15	7,89	38,74	2,86	1,36	29,69	1,85	227,2	2,96	0,3	0,12	39,41
3	50-50	T	5,3	22,42	1,97	1,15	0,21	4,18	3,18	3,39	7,36	43,17	6,19	1,87	30,87	5,29	225,23	2,29	1,48	0,08	32,68
3	50-50	P	5,1	37,11	3,32	1,68	0,28	8,05	5,1	5,38	13,15	38,75	5,2	3,54	23,82	0,89	112,4	26,98	0,19	0,09	22,82
3	25-75	T	4,8	31,47	1,13	0,61	1,46	10,87	1,82	3,28	12,69	14,35	44,51	3,46	26,6	12,96	168,22	7,58	1,67	0,09	26,69
3	25-75	P	6,2	188,51	3,82	2,1	0,03	2,93	6,4	6,43	9,33	68,63	0,47	2,96	31,64	3,52	216,97	10,96	0,9	0,14	13,09
3	0-100	T	5,5	19,11	1,99	1,42	0,09	3,2	3,46	3,55	6,66	51,94	2,54	1,55	28,79	8,14	193,32	5,77	1,32	0,2	30,28
3	0-100	P	6,2	40,42	4,71	1,13	0,05	2,71	5,94	5,99	8,65	68,71	0,83	2,69	23,07	7,44	193,56	10,29	2,45	0,03	3,62
4	100-0	T	5,6	30,41	2,42	1,38	0,1	3,91	3,88	3,98	7,79	49,78	2,51	2,55	19,41	4,5	270,87	5,71	0,8	0,09	8,8
4	100-0	P	6,3	107,95	3,77	1,52	0,04	1,88	5,57	5,61	7,45	74,72	0,71	1,91	21,24	7,72	220,94	6,26	1,84	0,08	7,67
4	75-25	T	5,5	24,09	1,42	0,9	0,38	4,0	2,38	2,76	6,38	37,33	13,77	2,74	20,44	4,5	266,13	4,94	0,53	0,06	9,57
4	75-25	P	5,1	29,73	1,7	1,01	0,32	4,99	2,79	3,11	7,78	35,81	10,29	2,88	22,5	4,42	205,26	3,9	0,38	0,03	10,03
4	50-50	T	5,6	26,04	2,83	1,1	0,1	3,24	4,0	4,1	7,24	55,2	2,44	2,55	27,44	3,18	267,55	7,41	1,03	0,04	3,14
4	50-50	P	5,2	29,83	1,73	1,08	0,19	3,91	2,89	3,08	6,8	42,45	6,17	2,36	24,19	1,19	294,99	3,24	0,41	0,04	9,34
4	25-75	T	4,7	37,7	1,9	1,32	1,32	13,57	3,32	4,64	16,89	19,64	28,45	5,29	23,33	1,3	226,96	1,58	0,1	0,06	4,4
4	25-75	P	5,5	21,18	2,12	1,02	0,14	3,74	3,19	3,33	6,93	46,09	4,2	2,5	22,88	2,59	295,67	6,3	1,01	0,02	11,36
4	0-100	T	5,6	25,45	2,09	1,26	0,12	3,1	3,42	3,54	6,52	52,38	3,39	2,45	26,2	10,23	296,2	6,01	1,77	0,04	9,26
4	0-100	P	5,5	25,36	1,74	1,26	0,18	3,78	3,07	3,25	6,85	44,74	5,54	2,7	26,96	5,67	289,42	5,79	1,14	0,16	9,72

Tabela 5.1.14A. Dados não transformados dos principais atributos químicos do solo na área de plantio da laranja Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).

bloco	proporção	modo	pH	K mg/kg	Ca	Mg	Al	HA1 cmolc/dm ³	SB	t	T	V %-----	m	MO dag/kg	Prem mg/L	Zn	Fe	Mn mg/kg-----	Cu	B	S
1	100-0	T	6,2	40,13	2,42	1,36	0,05	2,19	3,88	3,93	6,07	63,97	1,27	1,94	24,33	1,72	240,26	3,97	1,84	0,07	10,8
1	100-0	P	5,6	15,15	2,27	1,04	0,08	2,74	3,35	3,43	6,09	54,99	2,33	1,54	29,48	2,6	283,01	4,16	1,9	0,05	12,31
1	75-25	T	6,8	18,07	3,11	1,7	0,05	1,38	4,86	4,91	6,24	77,83	1,02	1,58	24,68	2,04	261,46	4,51	0,72	0,05	13,44
1	75-25	P	5,9	19,72	2,71	1,58	0,04	2,4	4,34	4,38	6,74	64,4	0,91	1,95	29,04	2,66	239,4	4,03	0,4	0,06	21,21
1	50-50	T	6,0	31,48	3,06	1,65	0,05	2,65	4,79	4,84	7,44	64,39	1,03	2,33	26,12	6,66	191,54	7,46	2,68	0,09	34,34
1	50-50	P	5,6	20,4	2,77	1,66	0,06	3,7	4,48	4,54	8,18	54,8	1,32	2,77	13,34	2,56	192,3	5,83	0,34	0,07	58,52
1	25-75	T	6,0	22,54	2,79	1,36	0,06	2,22	4,21	4,27	6,43	65,44	1,41	1,64	34,0	4,02	262,68	7,56	3,01	0,05	16,86
1	25-75	P	5,9	19,82	3,02	1,41	0,03	2,93	4,48	4,51	7,41	60,47	0,67	2,25	13,38	4,38	187,58	5,94	2,12	0,05	10,03
1	0-100	T	5,9	18,65	3,49	1,14	0,07	2,54	4,68	4,75	7,22	64,79	1,47	1,95	27,52	4,95	250,84	6,91	2,94	0,11	23,54
1	0-100	P	6,1	32,84	3,11	1,92	0,05	2,24	5,11	5,16	7,35	69,58	0,97	2,11	23,59	1,89	343,53	4,29	1,18	0,07	24,78
2	100-0	T	6,5	21,28	3,21	1,7	0,04	1,72	4,96	5,0	6,68	74,32	0,8	1,91	25,24	4,94	259,3	4,75	2,0	0,1	12,47
2	100-0	P	5,6	30,9	2,73	1,48	0,05	3,2	4,29	4,34	7,49	57,27	1,15	2,27	32,26	5,3	283,35	5,66	0,75	0,05	23,63
2	75-25	T	5,9	15,74	2,62	1,37	0,04	2,42	4,03	4,07	6,45	62,49	0,98	1,87	28,86	2,8	303,74	9,6	1,3	0,07	13,6
2	75-25	P	6,7	21,66	3,59	1,68	0,05	1,64	5,33	5,38	6,97	76,41	0,93	1,95	23,2	11,81	175,97	6,46	0,92	0,07	14,26
2	50-50	T	5,8	21,96	2,28	1,42	0,04	2,86	3,76	3,8	6,62	56,74	1,05	2,1	26,96	2,96	302,84	3,0	1,08	0,06	19,04
2	50-50	P	6,5	22,64	2,85	1,79	0,04	2,08	4,7	4,74	6,78	69,29	0,84	2,0	27,12	5,19	109,01	2,09	0,59	0,11	11,83
2	25-75	T	5,9	33,62	2,2	1,5	0,04	2,45	3,79	3,83	6,24	60,68	1,04	1,92	24,88	2,95	302,66	3,81	0,45	0,07	27,35
2	25-75	P	6,1	24,29	2,46	1,52	0,05	2,96	4,04	4,09	7,0	57,75	1,22	2,13	26,65	2,96	231,97	5,6	0,81	0,07	15,42
2	0-100	T	6,4	16,32	3,51	1,65	0,04	1,76	5,2	5,24	6,96	74,74	0,76	1,72	29,12	5,42	171,81	4,34	2,0	0,08	14,84
2	0-100	P	6,0	16,61	1,9	1,11	0,17	3,42	3,05	3,22	6,47	47,18	5,28	2,28	25,6	1,06	231,93	4,19	0,44	0,1	26,25
3	100-0	T	5,7	15,83	2,16	1,27	0,05	2,93	3,47	3,52	6,4	54,23	1,42	2,03	24,96	4,3	245,21	3,0	0,42	0,09	53,85
3	100-0	P	6,2	23,32	2,93	1,46	0,05	2,17	4,45	4,5	6,62	67,22	1,11	1,83	29,3	3,77	216,6	3,41	0,93	0,01	14,92
3	75-25	T	5,8	17,49	2,06	1,4	0,05	2,42	3,5	3,55	5,92	59,2	1,41	1,68	23,66	0,66	255,24	1,85	1,38	0,14	68,06
3	75-25	P	6,4	18,07	2,7	1,49	0,04	1,94	4,24	4,28	6,18	68,55	0,93	1,94	26,35	2,77	202,42	2,82	0,66	0,11	43,31
3	50-50	T	5,7	21,18	2,57	1,76	0,06	2,9	4,38	4,44	7,28	60,22	1,35	2,29	24,19	1,93	339,05	6,08	0,78	0,04	36,16
3	50-50	P	6,2	30,99	4,06	1,34	0,02	2,29	5,48	5,5	7,77	70,52	0,36	1,76	37,2	9,92	238,0	10,31	3,64	0,11	17,29
3	25-75	T	6,5	16,42	4,06	1,61	0,04	1,68	5,71	5,75	7,39	77,3	0,7	2,01	27,6	8,01	239,52	6,68	1,71	0,05	10,26
3	25-75	P	6,1	27,1	2,67	1,74	0,06	2,08	4,48	4,54	6,56	68,28	1,32	2,13	28,52	3,61	316,15	5,06	1,88	0,06	27,05
3	0-100	T	5,3	39,64	2,21	1,27	0,09	2,9	3,58	3,67	6,48	55,27	2,45	1,49	34,92	1,0	181,58	2,33	0,6	0,06	67,5
3	0-100	P	6,3	24,87	3,17	1,64	0,05	2,1	4,87	4,92	6,97	69,92	1,02	2,33	29,57	5,94	148,68	5,33	1,63	0,07	17,99
4	100-0	T	6,4	22,34	3,76	1,74	0,04	1,92	5,56	5,6	7,48	74,3	0,71	2,09	28,6	6,86	266,48	7,33	1,38	0,08	13,11
4	100-0	P	6,9	29,44	3,7	2,07	0,01	1,59	5,85	5,86	7,44	78,57	0,17	2,37	30,3	6,42	137,74	5,17	1,92	0,04	16,01
4	75-25	T	5,1	25,26	1,98	1,17	0,18	4,13	3,21	3,39	7,34	43,8	5,31	2,31	25,38	3,18	254,49	5,76	2,14	0,07	52,36
4	75-25	P	6,2	22,64	2,33	1,6	0,04	2,37	3,99	4,03	6,36	62,71	0,99	2,0	25,9	4,66	262,36	6,09	0,78	0,06	27,15
4	50-50	T	5,6	21,76	3,06	0,77	0,08	2,74	3,89	3,97	6,63	58,61	2,02	1,82	29,39	3,96	171,0	3,37	1,26	0,1	30,44
4	50-50	P	5,7	25,84	2,32	1,23	0,08	2,29	3,62	3,7	5,91	61,19	2,16	1,94	26,89	3,97	254,33	3,44	0,73	0,07	37,67
4	25-75	T	6,4	26,62	3,33	1,51	0,05	1,82	4,91	4,96	6,73	72,93	1,01	1,52	30,49	3,82	228,25	6,04	1,35	0,05	10,1
4	25-75	P	5,5	25,26	2,39	1,42	0,06	3,0	3,87	3,93	6,87	56,4	1,53	2,17	26,42	5,54	198,44	4,8	2,24	0,1	28,56
4	0-100	T	5,8	18,46	3,0	1,62	0,05	2,74	4,67	4,72	7,41	62,99	1,06	1,98	28,35	6,04	141,53	2,89	0,76	0,08	38,38
4	0-100	P	6,1	17,97	2,54	1,54	0,05	2,15	4,13	4,18	6,28	65,7	1,2	1,48	21,95	30,1	217,43	8,08	3,54	0,09	76,19

Tabela 5.1.15A. Dados não transformados das medidas biométricas e dos teores de macro e micronutrientes nas folhas da laranjeira Pera Rio dos tratamentos adicionais do Experimento 1 e 2, ano 1 e 2.

Experimento 1																				
Tratamento adicional																				
ano	bloco	Medidas biométricas								Macro e micronutrientes nas folhas										
		h (cm)	dac (cm)	dab (cm)	dl (cm)	dr (cm)	tccl (%)	tccr (%)	vc (m ³)	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)
1	1	268,3	6,3	6,6	266,4	253,5	66,6	50,7	9,5	20,5	2,3	18,5	16,4	3,3	1,7	14,3	14,3	46,5	4,1	50,1
1	2	223,7	5,2	5,4	225,2	207,4	56,3	41,5	5,5	25,2	2,1	15,3	20,2	3,6	2,2	15,6	18,0	104,5	7,0	60,5
1	3	255,3	6,1	6,9	235,1	239,9	58,8	48,0	7,5	25,8	2,7	20,8	23,6	3,5	2,2	16,6	13,0	59,3	4,1	76,3
1	4	259,7	5,5	6,1	235,2	217,3	58,8	43,5	6,9	25,2	2,3	21,9	21,5	4,0	2,4	17,8	20,9	66,8	9,8	69,1
2	1	325,0	10,0	10,4	322,7	307,0	80,7	61,4	16,9	31,7	1,4	13,4	23,8	3,1	3,5	20,0	16,0	92,1	9,8	116,6
2	2	298,7	8,8	8,7	300,7	277,0	75,2	55,4	13,0	27,5	1,4	11,4	28,1	3,9	3,3	22,6	16,3	80,6	12,3	162,6
2	3	341,0	9,2	9,6	314,0	320,3	78,5	64,1	18,0	29,5	2,5	13,6	32,1	4,3	4,3	26,0	16,2	84,3	8,6	148,4
2	4	332,7	8,7	9,4	301,3	278,3	75,3	55,7	14,6	27,9	1,7	21,9	25,4	4,3	3,5	26,3	15,4	112,2	12,4	113,4
Experimento 2																				
Tratamento adicional																				
ano	bloco	Medidas biométricas								Macro e micronutrientes nas folhas										
		h (cm)	dac (cm)	dab (cm)	dl (cm)	dr (cm)	tccl (%)	tccr (%)	vc (m ³)	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	B (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)
1	1	243,7	5,7	5,8	255,7	235,9	63,9	47,2	7,7	25,6	2,5	19,0	28,6	4,0	2,5	22,1	16,3	90,5	6,5	75,1
1	2	266,7	6,0	6,4	241,4	238,3	60,4	47,7	8,0	26,0	2,7	21,2	20,6	3,5	2,2	15,8	13,9	46,4	6,1	74,9
1	3	232,3	4,9	5,3	202,4	188,5	50,6	37,7	4,6	27,1	2,5	12,8	25,5	3,3	2,3	17,8	15,1	83,3	5,0	68,4
1	4	237,7	4,8	5,3	243,4	215,2	60,9	43,0	6,5	26,4	4,7	11,9	33,3	2,5	2,3	18,8	16,8	75,7	2,7	87,7
2	1	304,0	8,3	9,0	319,0	294,3	79,8	58,9	14,9	36,4	1,9	13,8	25,0	3,9	3,2	20,1	15,1	69,4	10,3	95,3
2	2	348,3	9,8	9,7	315,3	311,3	78,8	62,3	17,9	30,5	1,5	10,2	26,5	4,0	2,8	22,7	13,1	82,9	7,4	103,9
2	3	300,3	8,0	8,0	261,7	243,7	65,4	4,7	10,0	35,8	1,7	10,5	28,9	3,7	3,7	20,1	15,7	84,7	9,9	104,7
2	4	302,7	8,1	8,7	310,0	274,0	77,5	54,8	13,5	29,3	2,6	8,4	32,5	2,3	3,0	20,5	16,5	92,1	4,2	96,5

Tabela 5.1.16A. Dados não transformados dos atributos químicos do solo na área de plantio da laranjeira Pera Rio dos tratamentos adicionais do Experimento 1 e 2, ano 2.

Experimento 1															
Tratamento adicional															
Atributos do solo															
ano	bloco	pH	K (mg/kg)	P (mg/kg)	Ca (cmolc/dm ³)	Mg (cmolc/dm ³)	Al (cmolc/dm ³)	MO (dag/kg)	Prem (mg/L)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)	S (mg/kg)
2	1	5,7	27,8	6,54	2,6	1,6	0,04	2,1	29,9	10,5	196,5	4,4	1,8	0,2	27,2
2	2	5,9	28,1	5,25	2,2	1,7	0,05	1,6	30,1	2,2	211,9	3,2	0,7	0,1	14,8
2	3	6,3	26,1	19,02	4,0	1,4	0,03	2,3	19,2	9,0	205,7	9,1	2,7	0,1	23,3
2	4	6,7	26,4	16,19	4,3	1,6	0,02	2,6	27,0	1,3	411,3	6,8	0,5	0,1	25,3
Experimento 2															
Tratamento adicional															
Atributos do solo															
ano	bloco	pH	K (mg/kg)	P (mg/kg)	Ca (cmolc/dm ³)	Mg (cmolc/dm ³)	Al (cmolc/dm ³)	MO (dag/kg)	Prem (mg/L)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)	S (mg/kg)
2	1	5,4	21,4	21,43	2,3	1,4	0,15	2,8	20,4	8,0	249,9	4,6	1,2	0,2	27,5
2	2	5,7	17,4	16,28	1,9	1,4	0,07	2,0	22,3	1,1	311,9	2,9	0,2	0,06	44,9
2	3	7,1	22,3	24,31	3,4	2,1	0,03	2,2	25,0	7,0	225,1	6,2	1,6	0,08	18,2
2	4	6,0	22,7	131,02	4,1	1,2	0,04	1,9	30,6	13,6	232,2	10,1	3,0	0,09	30,4

Tabela 5.1.17A. Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp11).

bloco	proporção	modo	h (cm)	dac (cm)	dab (cm)	dl (cm)	dr (cm)
1	100-0	T	268	5,65	6,61	281,68	240,93
1	100-0	P	184,67	3,32	3,83	268,77	207,41
1	75-25	T	261,67	6,15	6,47	181,38	180,54
1	75-25	P	250,67	5,51	5,55	250,11	221,58
1	50-50	T	257,33	5,68	6,4	242,21	236,33
1	50-50	P	259,33	5,4	5,69	216,07	217,94
1	25-75	T	282,67	6,34	6,66	307,45	306,12
1	25-75	P	240	5,03	5,96	173,55	155,61
1	0-100	T	259,33	5,62	6,48	200,65	198,69
1	0-100	P	234,33	4,97	5,09	179,57	194,84
2	100-0	T	270	5,69	5,98	214,51	222,48
2	100-0	P	236	5,11	4,98	166,79	170,95
2	75-25	T	293	7,01	7,26	255,34	266,75
2	75-25	P	274,67	5,5	6,14	250,28	229,66
2	50-50	T	266,33	6,46	7,33	276,66	234,03
2	50-50	P	264	5,69	6,39	238,07	228,97
2	25-75	T	253	6,37	6,6	262,78	246,1
2	25-75	P	258,67	5,5	6,37	227,66	216,26
2	0-100	T	271,67	6,04	6,61	245,45	243,67
2	0-100	P	185,33	3,7	4,29	153,79	154,94
3	100-0	T	286	6,53	6,85	254,64	223,83
3	100-0	P	291,33	6,14	6,73	219,02	207,14
3	75-25	T	237,67	5,74	6,34	251,6	231,13
3	75-25	P	219,67	4,63	5,5	200,41	197,21
3	50-50	T	256,33	5,7	6,09	220,56	235,12
3	50-50	P	231,67	5,58	6,2	206,14	190,53
3	25-75	T	253	5,28	5,71	194,88	190,05
3	25-75	P	308	7,46	8,2	311,67	308,28
3	0-100	T	233	6,32	6,29	212,65	208,31
3	0-100	P	267,33	7,62	8,03	243,21	288,69
4	100-0	T	241,67	5,19	5,59	199,35	197,96
4	100-0	P	279,67	6,84	7,68	278,38	277,61
4	75-25	T	263,33	5,34	6,08	218,98	217,45
4	75-25	P	278,33	6,29	6,72	260,17	248,68
4	50-50	T	258,67	6,3	6,58	256,9	252,37
4	50-50	P	243,33	5,44	5,87	221,21	234,37
4	25-75	T	205,67	4,66	5,69	155,37	169,93
4	25-75	P	236	5,48	5,89	242,08	224,81
4	0-100	T	225,33	5,8	6,6	223,23	208,7
4	0-100	P	266	5,41	6,54	256,13	256,38

Tabela 5.1.18A. Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo convencional (TSP_{CO}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp12).

bloco	proporção	modo	h (cm)	dac (cm)	dab (cm)	dl (cm)	dr (cm)
1	100-0	T	300,33	8,8	9,4	315,67	270
1	100-0	P	205,67	5,33	5,93	299,33	231
1	75-25	T	310,17	9,1	9,57	215	214
1	75-25	P	301,67	8,93	9,83	301	266,67
1	50-50	T	306,33	8,63	9,3	288,33	281,33
1	50-50	P	323,67	8,83	8,57	269,67	272
1	25-75	T	355,5	9,8	10,77	386,67	385
1	25-75	P	285,33	8	8,17	206,33	185
1	0-100	T	309,33	8,67	9,67	239,33	237
1	0-100	P	296,67	8,17	9,4	227,33	246,67
2	100-0	T	339	9,67	9,93	269,33	279,33
2	100-0	P	321,67	7,8	8,17	227,33	233
2	75-25	T	342,33	11	11,57	298,33	311,67
2	75-25	P	315,33	8,83	9	287,33	263,67
2	50-50	T	335,33	10,43	10,53	348,33	294,67
2	50-50	P	319	8,6	8,8	287,67	276,67
2	25-75	T	293,33	9,07	9,4	304,67	285,33
2	25-75	P	325,33	8,53	9,33	286,33	272
2	0-100	T	304	9	9,4	274,67	272,67
2	0-100	P	268,33	7,17	6,9	222,67	224,33
3	100-0	T	352,67	10,03	11,03	314	276
3	100-0	P	376	9,33	9,7	282,67	267,33
3	75-25	T	278,67	8,73	9,47	295	271
3	75-25	P	296,67	7,93	8,8	270,67	266,33
3	50-50	T	346,33	8,77	9,97	298	317,67
3	50-50	P	326,67	9,9	10,5	290,67	268,67
3	25-75	T	349,67	8,77	8,7	269,33	262,67
3	25-75	P	364	11,17	11,87	368,33	364,33
3	0-100	T	339,67	9,43	9,7	310	303,67
3	0-100	P	354,67	10,77	11,37	322,67	383
4	100-0	T	348,33	8,73	9,67	287,33	285,33
4	100-0	P	362,67	10,2	11,5	361	360
4	75-25	T	344,33	9,2	9,67	286,33	284,33
4	75-25	P	347,33	9,67	10,57	324,67	310,33
4	50-50	T	342,33	9,77	10,63	340	334
4	50-50	P	289,67	8,93	9,53	263,33	279
4	25-75	T	259	7,07	7,27	195,67	214
4	25-75	P	323,33	10,07	10,97	331,67	308
4	0-100	T	320,67	9,8	10,03	317,67	297
4	0-100	P	350,33	11	11,53	337,33	337,67

Tabela 5.1.19A. Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo de liberação lenta (TSP_{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, primeiro ano (Exp21).

bloco	proporção	modo	h (cm)	dac (cm)	dab (cm)	dl (cm)	dr (cm)
1	100-0	T	277,67	6,26	6,52	241,1	246,32
1	100-0	P	269,5	6,69	6,58	312,37	255,78
1	75-25	T	252	6,34	6,69	242,56	239,68
1	75-25	P	257	5,31	5,83	233,26	211,86
1	50-50	T	269	5,68	6,36	274,53	259,4
1	50-50	P	260,67	5,36	5,96	259,6	233,1
1	25-75	T	224,33	5,63	5,88	225,52	225,99
1	25-75	P	193,33	4,6	5,24	157,51	162,53
1	0-100	T	261,33	6,25	5,82	240,9	271,68
1	0-100	P	239	5,28	5,82	219,6	194,48
2	100-0	T	265,33	6,02	7	252,39	257,87
2	100-0	P	237	5,75	6,84	235,78	220,87
2	75-25	T	235,33	5,93	5,95	249,69	239,32
2	75-25	P	268,67	5,41	5,46	210,25	193,88
2	50-50	T	236,33	5,93	6,37	221,92	207,26
2	50-50	P	222,67	4,96	5,75	191,23	189,09
2	25-75	T	245,33	6,04	6,42	239,86	238,37
2	25-75	P	256,33	5,73	6,37	264,68	220,87
2	0-100	T	197,33	4,37	5,68	193,63	177,1
2	0-100	P	273,33	6,43	6,91	267,33	243,83
3	100-0	T	272	6,84	7,18	264,94	244,56
3	100-0	P	244,33	5,41	5,79	234,46	210,54
3	75-25	T	263,33	5,51	5,86	243,18	252,59
3	75-25	P	236	4,52	4,74	208,54	175,4
3	50-50	T	262,33	5,35	6,01	245,33	220,33
3	50-50	P	249,67	5,45	5,6	222,9	219,45
3	25-75	T	205	4,44	5,15	194,74	194,74
3	25-75	P	224,67	5,87	6,18	219,7	196,12
3	0-100	T	193	3,68	4	181,02	173,62
3	0-100	P	235,67	5,25	5,83	214,18	197,62
4	100-0	T	257,67	5,74	6,42	262,6	256,11
4	100-0	P	247,33	5,43	6,05	240,04	214,74
4	75-25	T	260	6,21	6,7	264,48	215,7
4	75-25	P	280	6,39	6,72	256,88	254,93
4	50-50	T	248,33	5,9	6	233,82	234,63
4	50-50	P	279,67	6,04	6,55	284,87	260,22
4	25-75	T	230	5,59	5,86	242	224,12
4	25-75	P	232,33	5,59	6,11	219,81	219,81
4	0-100	T	227	5,63	6,62	280,49	259,73
4	0-100	P	259	5,54	6,8	301,29	272,63

Tabela 5.1.20A. Dados das medidas biométricas da laranjeira Pera Rio do em função das proporções da mistura de fosfato natural reativo de Arad (FNR_{AR}) com superfosfato triplo de liberação leita (TSP_{LL}) com os modos de aplicação total e parcelada, segundo ano (Exp22).

bloco	proporção	modo	h (cm)	dac (cm)	dab (cm)	dl (cm)	dr (cm)
1	100-0	T	354,33	10,53	11,33	307,67	314,33
1	100-0	P	314,33	9,73	9,6	364,33	298,33
1	75-25	T	320,33	9,3	9,5	308,33	304,67
1	75-25	P	328,33	8,67	9	298	270,67
1	50-50	T	308,33	8,87	9,47	314,67	297,33
1	50-50	P	324,67	9,1	9,33	323,33	290,33
1	25-75	T	316	8,8	8,5	317,67	318,33
1	25-75	P	295	7,17	8,67	240,33	248
1	0-100	T	345,33	11,53	10,8	318,33	359
1	0-100	P	320,33	9,03	9,73	294,33	260,67
2	100-0	T	355,33	10	10,7	338	345,33
2	100-0	P	323,33	9	10,37	321,67	301,33
2	75-25	T	295	9,17	9,47	313	300
2	75-25	P	355,67	9	8,67	278,33	256,67
2	50-50	T	317	8,47	8,77	297,67	278
2	50-50	P	311,67	8,9	8,17	267,67	264,67
2	25-75	T	328,67	9,4	9,67	321,33	319,33
2	25-75	P	327,67	10,3	10,8	338,33	282,33
2	0-100	T	302,33	9	8,4	296,67	271,33
2	0-100	P	349	10,4	11,67	341,33	311,33
3	100-0	T	333,67	9,27	9,9	325	300
3	100-0	P	313,33	8,3	8,63	300,67	270
3	75-25	T	326,67	10,13	9,47	301,67	313,33
3	75-25	P	332,33	8,43	8	293,67	247
3	50-50	T	339,33	9,17	10,13	317,33	285
3	50-50	P	314	8,43	8,77	280,33	276
3	25-75	T	259,67	7,1	7,63	246,67	246,67
3	25-75	P	301,67	8,47	9,27	295	263,33
3	0-100	T	252,33	7	7	236,67	227
3	0-100	P	318	9,1	9	289	266,67
4	100-0	T	330,67	9,53	9,97	337	328,67
4	100-0	P	339	9,2	9,7	329	294,33
4	75-25	T	328,67	9,1	9,23	334,33	272,67
4	75-25	P	335	9,6	10,2	307,33	305
4	50-50	T	308	9,2	9,57	290	291
4	50-50	P	340,33	9,27	10,43	346,67	316,67
4	25-75	T	313	8,5	8,43	329,33	305
4	25-75	P	303	8,13	8,37	286,67	286,67
4	0-100	T	284,33	8,97	9,4	351,33	325,33
4	0-100	P	310,33	9,9	9,83	361	326,67

5.2 APÊNDICE B

Foto 1B



Foto 2B



Foto 3B



Foto 4B



Foto 5B



Foto 6B



Foto 7B



Foto 8B



Foto 9B



Foto 10B



Foto 11B



Foto 12B



Foto 13B



Foto 14B

