

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**RECOMENDAÇÕES DE FERTILIZAÇÃO
FOSFATADA E POTÁSSICA PARA AS PRINCIPAIS
CULTURAS DE GRÃOS SOB SISTEMA PLANTIO
DIRETO NO PARAGUAI**

TESE DE DOUTORADO

Ursino Federico Barreto Riquelme

Santa Maria, RS, Brasil.

Março 2008

**RECOMENDAÇÕES DE FERTILIZAÇÃO FOSFATADA E
POTÁSSICA PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS DE GRÃOS
SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO NO PARAGUAI**

por

Ursino Federico Barreto Riquelme
Engenheiro Agrônomo MSc.

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Mecanização Agrícola
(Manejo e Conservação do Solo) da Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Agrícola.

Orientador: Dr. Telmo Jorge Carneiro Amado

Co-Orientadores: PhD. Flavio Luiz Foletto Eltz

PhD. João Mielniczuk

Santa Maria, RS, Brasil.

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

**RECOMENDAÇÕES DE FERTILIZAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA
PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS DE GRÃOS SOB SISTEMA
PLANTIO DIRETO NO PARAGUAI**

elaborada por
Ursino Federico Barreto Riquelme

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Agrícola

COMISSÃO EXAMINADORA:

Telmo Jorge Carneiro Amado, Dr.
(Presidente/Orientador)

Flávio Luiz Foletto Eltz, PhD. (UFMS)

João Mielniczuk, PhD. (UFRGS)

Thomé Lovato, Dr. (UFMS)

Oscar López Gorostiaga, Dr. (UNA Paraguai)

Santa Maria, 6 de março de 2008.

A meus pais: Ursino Ramon Barreto Ricardi e

Sabina Riquelme de Barreto.

A meus irmãos: Jennifer Sabina,

Alfredo David e Valeria,

Magno Aristides e Elena

Javier Gustavo e Cirila,

A meus sobrinhos: Matheus

Joelito

Helem

Lariza

Dalila

Pessoas as quais devo tudo, em especial pela compreensão, apoio, incentivo constante e principalmente por me proporcionarem o que um ser humano precisa para ser feliz e por me ensinarem que a palavra família tem um só significado “AMOR”.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Virgem Maria, por iluminar e abençoar o meu caminho.

Aos professores Telmo Jorge Carneiro Amado e Flavio Luiz Foletto Eltz, em especial, pela dedicação na orientação e ensinamentos, companheirismo, estímulo e mão amiga.

Ao Professores Thomé Lovato, pelo companheirismo e auxílio prestimoso, e em especial ao Professor João Mielniczuk, pelo auxílio e co-orientação para a realização deste trabalho.

Aos professores da Universidad Nacional de Asunción, Faculdade de Ciências Agrárias de Pedro Juan Caballero Paraguai (UNA FCA PJC), Miguel Angel Ruiz Dias, Jose Quinto Paredes, Ramon Martinez, Maria Célia Benitez Nara, Edelmiro Ruiz Diaz, ao Decano Lorenzo Mesa e ao Reitor Pedro Gerardo González pelo apoio e incentivo constante.

A todas aquelas pessoas que colaboraram de distintas formas para o meu desenvolvimento integral, pessoal e profissional, permitindo obter os critérios necessários para assim avançar na execução deste projeto, reitero meu mais sincero agradecimento.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Centro de Ciências Rurais e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela possibilidade da realização do Doutorado.

Ao Programa PEC-PG (Programa Convênio Paraguai - Brasil) da Coordenação de Aperfeiçoamento ao Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de Bolsa de Estudos.

Aos amigos e colegas Martin Cubilla e Ademir Wendling pelas longas horas de trabalho incansável, pelo exemplo de perseverança e pelas forças dedicadas para realização deste importante trabalho no Paraguai.

Aos colegas e amigos, Luis Eduardo Suzuki, Marquel Jonas, Rodrigo Nicoloso, Mastrangelo Lanzanova, Alexandro Noal, Ricardo Dellamea, Ricardo Fulber, Luciano Pizutti, Gustavo Belle pela amizade, companheirismo e momentos de lazer.

Ao amigo Luiz Finamor, meu profundo agradecimento pela ajuda incondicional e exemplo de luta e companheirismo.

Ao compatriota paraguaio, amigo e colega Ramiro Samaniego pela amizade, companheirismo e ajuda incansável na realização deste trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica do setor de Manejo e Conservação do Solo, que voluntariamente auxiliaram na execução deste trabalho, que sem eles não teria sido possível.

Aos compatriotas paraguayos Enrique Hahn, Atahaulpa Ayala, Francisco Mendoza e Patrícia Elias, pela amizade e companheirismo.

A todos os Paraguaiois envolvidos neste trabalho, em especial a Ken Moriya, Enrique Gonzalez Erico, Rudi Dressler, Eugenio Mañko, Fabián Pereira, César Ken Hoshiba, Cachito Orquiola, Wilfrido Morel, Maura Genez, Alodia Gonzalez de Altamirano, Jose Quinto Paredes, Rigoberto Ruiz Díaz, Ramón Martinez, Nilson Österlein, Erni Schlindwein, Eloi Walter, Gilberto Coronel, Miguel Miranda, Sindulfo Gimenez, Diego Fatecha, à Direção do Centro Regional de Investigação Agrícola (CRIA), à direção do Centro Tecnológico Agropecuário em Paraguai (CETAPAR), a Universidade Nacional de Asunción, a Rede Nacional de Laboratórios de Solos (RENALAS) a Cooperativa de Produção Agrícola de Naranjal (COPRONAR) e a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Meu muito obrigado a todos.

Um agradecimento muito especial a Câmara Paraguaia de Exportadores de Cereais e Oleaginosas (CAPECO), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

E um muito obrigado a todos de que alguma ou outra maneira contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

Meus maiores agradecimentos também vão para muitos outros, pois se (eu) encerrasse com ponto final, certamente estaria cometendo injustiças.

“A paciência é amarga, mas seus frutos são doces”

J.J. ROSSEAU.

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

RECOMENDAÇÕES DE FERTILIZAÇÃO FOSFATADA E POTÁSSICA PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS DE GRÃOS SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO NO PARAGUAI

AUTOR: URSINO FEDERICO BARRETO RIQUELME
ORIENTADOR: TELMO JORGE CARNEIRO AMADO
Local e data da Defesa: Santa Maria, 6 de março de 2008.

As recomendações de fertilização têm como principal finalidade facilitar e auxiliar na tomada de decisão de aplicação de fertilizantes, que se necessita para obtenção de rendimentos de máxima eficiência econômica. Salientando a importância das indicações numéricas das tabelas, devemos também dar importância ao histórico de cultivo e da área, o histórico de adubação e calagem, as produtividades obtidas e a esperadas, as condições sócio-econômicas do produtor rural, o sistema de manejo e tipo de solo, o clima da região e o impacto ambiental da tecnologia a ser utilizada. No Paraguai surgiram questionamentos com a adoção do SPD quando se referia a utilização das recomendações técnicas de fertilizantes, especialmente de fósforo (P) e potássio (K), considerando que as mesmas haviam sido elaboradas tendo como base pesquisas realizadas com experimentos conduzidos no sistema convencional (SC) de preparo do solo. O objetivo deste trabalho foi a obtenção de tabelas próprias para a recomendação fosfatada e potássica das principais culturas sob sistema de plantio direto no Paraguai. Os experimentos foram conduzidos desde 2003 a 2006, em solos com diferentes texturas e níveis iniciais de fertilidade, em regiões representativas de produção de grãos e em locais com histórico de adoção do SPD do país. No Departamento de Misiones conduziu-se experimentos em dois locais (um de média e outro de baixa fertilidade inicial com a mesma textura); no Departamento de Itapúa em dois locais (um de alta e o outro de baixa fertilidade inicial com diferente textura); no Departamento de Alto Paraná (dois locais de baixa fertilidade, porém com diferente textura) e um no Departamento de Amambay de baixa fertilidade. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com três repetições. Para o fósforo as parcelas principais foram adubadas com cinco doses de P (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅) visando a criação de níveis de fertilidade e semeadas posteriormente com trigo. Nas subparcelas foram aplicadas quatro doses

de P (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no momento da implantação do milho e da soja visando a obtenção de curva de resposta. E para o potássio os tratamentos consistiram de cinco doses de K₂O (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹) e as aplicações foram efetuadas em superfície antes da semeadura das culturas. As doses foram aplicadas em todas as safras, respeitando as mesmas quantidades e nas mesmas parcelas, o que variou na segunda etapa da condução dos experimentos, para as safras de inverno de 2005, e de verão de 2005/2006. Para se obter mais pontos nas curvas de resposta na segunda fase do projeto, foi realizada uma aplicação de 120 kg de fósforo nas parcelas com nível 200 kg de P₂O₅, e nas parcelas de K₂O foram aplicadas 25 kg de K₂O. Foram coletadas dez amostras de solo por parcela na profundidade de 0-10 cm antes da semeadura e após a colheita de cada cultura. A construção do nível de P foi mais influenciada pelo teor inicial de P e histórico de adubação das áreas do que pela textura do solo. Em solos com baixo teor de P e sem histórico de adubação foi necessário aplicar 35,4 kg P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P no solo. Por outro lado, para solos com teor médio a alto com histórico de adubação foi necessário aplicar 20,3 kg P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P no solo. E foram necessários adicionar em média geral 27,85 Kg P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P no solo, quando não se faz a distinção entre áreas com e sem histórico de adubação. Para atingir o teor crítico de P no solo é recomendada a adição de 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para a classe “muito baixo”, 105 kg ha⁻¹ para a classe “baixo” e 30 kg ha⁻¹ para a classe “médio”. O teor crítico de P foi superior ao estabelecido pela ROLAS, também a influência da textura foi inferior em relação à prevista pela ROLAS. O teor crítico para solos de 410-600 g kg⁻¹ de argila (Classe 1) foi de 12 mg dm⁻³ e para solos de 210 a 400 g kg⁻¹ de argila (Classe 2) foi de 15 mg dm⁻³. O teor crítico determinado para as culturas de soja, milho e trigo, foram de 15, 10 e 12 mg dm⁻³, respectivamente. O teor crítico de K no solo determinado por Mehlich⁻¹ para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai é de 75 mg dm⁻³. Para atingir o teor crítico de K no solo é recomendada a adição de 250 kg ha⁻¹ de K₂O, quando se encontra na classe “muito baixo”, 125 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “baixo” e 40 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “médio”. São necessários 5 kg ha⁻¹ de K₂O para elevar em um mg dm⁻³ o teor de potássio no solo. Em teores no solo acima de 150 mg dm⁻³, as plantas apresentam baixa probabilidade de resposta à aplicação de fertilizantes potássicos. Maiores rendimentos relativos e absolutos foram atingidos com o trigo após a soja do que após o milho.

Palavras-chaves: Manejo do solo; fertilidade do solo; fósforo; potássio, teor crítico, curvas de resposta.

ABSTRACT

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Universidade Federal de Santa Maria

RECOMMENDATION OF PHOSPHATE AND POTASSIUM FERTILIZATION TO THE MAIN GRAIN CROPS UNDER NO- TILLAGE IN PARAGUAY

AUTHOR: URSINO FEDERICO BARRETO RIQUELME
ADVISER: PROF. TELMO JORGE CARNEIRO AMADO
Defense local and date: Santa Maria, march 6, 2008.

The recommendations of fertilization have as main purpose to facilitate and aid the decisions about application of fertilizers necessary to obtain yields of maximum economic efficiency. Pointing out the importance of the numerical tables indications, should be also important the crops and area history, the history of fertilizations and calcareous use, the yields obtained and expected, the farmer social-economic conditions, the management system and soil type, the area climatic conditions and the environmental impact of the technology used. With the no-till (SPD) adoption in Paraguay, questions appeared about the use of fertilizers technical recommendations, especially of phosphorus (P) and potassium (K), considering that this tables had been elaborated having as base researches accomplished with experiments carried out in soil conventional tillage system (SC). This research aimed to generate recommendations of phosphate and potassium fertilization through experiments of calibration in seven places in the “Região Oriental” of Paraguay. The experiments, in no-till, were carried out since 2003 to 2006, in soils with different texture and initial levels of fertility, in representative areas of grains crops production and in areas with known history of no-tillage adoption in the country. In the Misiones Department experiments were carried in two areas (one of medium and another of low fertility, both with the same texture); in the Itapúa Department in two areas (one of high and another of low fertility, with different texture); in the Alto Paraná Department (two areas of low fertility, but with the same texture) and one of low fertility in the Amambay Department. The experimental design used was randomized blocks, with subdivided plots and three replicates. For phosphorus, the main plots were fertilized with five doses of P (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ of P₂O₅) with the purpose to create levels of fertility and seeded with wheat later. In the sub plots were applied four doses of P (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ of P₂O₅) during corn and soybean seeding, aiming to obtain the

response curve. For potassium, the treatments were five doses of K_2O (0, 25, 50, 75 and 100 $kg\ ha^{-1}$), with applications in soil surface before the crops seeding. The doses were applied every planting, respecting the same amounts and in the same plots, which varied in the second phase of the experiments, for the winter of 2005 and summer of 2005-2006. To obtain more points in the response curves in the project second phase, an application of 120 kg of phosphorus was done in the plots with level 200 $kg\ P_2O_5$, and in the plots of K_2O were applied 25 kg of K_2O . Were sampled ten soil samples by plot in the depth of 0 to 10 cm before seeding and after crop harvest. The P build level was more influenced by P start level and by areas fertilization history than soil texture. In the soils with low P level and with no fertilization history was necessary to apply 35,4 $kg\ P_2O_5\ ha^{-1}$ to increase 1 $mg\ dm^{-3}$ of P in the soil. On the other hand, to soils with intermediate to high level and history of previous fertilizer application was necessary to apply 20,3 $kg\ P_2O_5\ ha^{-1}$ to increase 1 $mg\ dm^{-3}$ of P in the soil. Was necessary to add 27,85 $kg\ P_2O_5\ ha^{-1}$ to increase 1 $mg\ dm^{-3}$ of P in the soil, when the distinction between soils with or without history of fertilization was not done. To reach the P critical level in the soil, the addition of 210 $kg\ ha^{-1}$ of P_2O_5 is recommended for class "very low", 105 $kg\ ha^{-1}$ for class "low" and 30 $kg\ ha^{-1}$ for class "medium". The critical level of P was higher than that established by the ROLAS, and the influence of the soil texture was smaller than that previewed by the ROLAS. The critical level for soils with 410-600 $g\ kg^{-1}$ of clay (Class 1) was 12 $mg\ dm^{-3}$ and for soils of 210 a 400 $g\ kg^{-1}$ of clay (Class 2) was 15 $mg\ dm^{-3}$. The critical level determined for soybean, corn and wheat crops were of 15, 10 and 12 $mg\ dm^{-3}$, respectively. The K critical level determined by Mehlich⁻¹ for wheat, corn and soybean under no-tillage in the Paraguay is 75 $mg\ dm^{-3}$. To reach the K critical level in the soil, the addition of 250 $kg\ ha^{-1}$ of K_2O is recommended for class "very low", 125 $kg\ ha^{-1}$ for class "low" and 40 $kg\ ha^{-1}$ for class "medium". It is necessary 5 $kg\ ha^{-1}$ of K_2O to increase one $mg\ dm^{-3}$ of its level in the soil. In K_2O soil levels upper 150 $mg\ dm^{-3}$, the plants presents low probability of answer to potassium fertilizers application. Smaller relative and absolute yields were obtained with wheat after soybean than after corn.

Keywords: Soil management, soil fertility, phosphorus, potassium, sufficient level, response curve to phosphorus.

LISTA DE TABELAS

Página

TABELA 1. Departamentos da Região Oriental do Paraguai, local, responsável e solos onde foram conduzidos os experimentos de calibração.	48
TABELA 2. Característica de fertilidade do solo antes da instalação dos experimentos de cada local na camada 0 – 10 cm de profundidade dos experimentos com doses de P2O5 e K2O.	52
TABELA 3. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do trigo nos experimentos M1e I1, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	61
TABELA 4. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2003/2004 nos experimentos M1 e M2, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.	64
TABELA 5. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2003/2004 no experimento I1 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.	65
TABELA 6. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2003/2004 nos experimentos I2, AP2 e PJC, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	66
TABELA 7. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica da soja, na safra 2003/2004 nos experimentos M1 e M2, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	69
TABELA 8. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima da soja, na safra 2003/2004 no experimento I1 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	70
TABELA 9. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima da soja, na safra 2003/2004 no experimento I2, AP1, AP2 e PJC, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	71
TABELA 10. Equação de regressão polinomial, coeficiente de correlação e rendimento relativo de trigo após milho e soja, na safra 2004 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	73
TABELA 11. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica da soja, na safra 2004/2005 nos experimentos AP1, I2 e PJC, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	79
TABELA 12. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2004/2005 nos experimentos I2 e PJC, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	82

TABELA 13. Equação de regressão polinomial, coeficiente de correlação e rendimento relativo do trigo, na safra 2005 após milho e soja em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.	84
TABELA 14. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica da soja, na safra 2005/2006 nos experimentos I2, PJC e AP2, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	88
TABELA 15. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2005/2006 nos experimentos I2, PJC e AP2, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	92
TABELA 16. Local de condução do experimento, fósforo no solo, rendimento relativo do trigo, na safra 2004 após milho e soja em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.	94
TABELA 17. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do trigo após soja e milho, na safra 2003 e 2004 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.....	95
TABELA 18. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do milho, na safra 2003/2004 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.	96
TABELA 19. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo da soja, na safra 2003/2004 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto.	97
TABELA 20. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo da soja, na safra 2004/2005 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto, segunda etapa do projeto.	98
TABELA 21. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do milho, na safra 2004/2005 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto, segunda etapa do projeto.	99
TABELA 22. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do trigo, na safra 2005 após milho e soja, em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto, segunda etapa do projeto. ...	100
TABELA 23. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo da soja, na safra 2005/2006 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto, segunda etapa do projeto.	101
TABELA 24. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do milho, na safra 2005/2006 em função das doses de P2O5 aplicadas sob sistema plantio direto segunda etapa do projeto.	102
TABELA 25. Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich-1, segundo o teor de argila.....	126

- TABELA 26. Classes de disponibilidade de P para as culturas, teor de P extraível por Mehlich-1 em cada faixa, rendimento relativo esperado e probabilidade de resposta das culturas à aplicação de fertilizantes fosfatados..... 126
- TABELA 27. Classes de disponibilidade de P para as culturas, teor de P extraível por Mehlich-1 em cada faixa, rendimento relativo esperado e probabilidade de resposta das culturas à aplicação de fertilizantes fosfatados..... 126
- TABELA 28. Quantidade necessária de P₂O₅ em kg ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P em solos com histórico de adubação fosfatada sob SPD. 131
- TABELA 29. Quantidade adicionada de P₂O₅ em kg ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P em solos sem histórico de adubação fosfatada sob SPD. 131
- TABELA 30. Quantidade necessária de P₂O₅ em kg ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P em solos com histórico de adubação fosfatada sob SPD. 139
- TABELA 31. Quantidade adicionada de P₂O₅ em kg ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P em solos sem histórico de adubação fosfatada sob SPD. 140
- TABELA 32. Proposta preliminar de recomendação de fósforo para soja, milho, e trigo sob sistema plantio direto no Paraguai..... 172
- TABELA 33. Proposta preliminar de recomendação de adubação fosfatada corretiva em kg de P₂O₅ ha⁻¹, de acordo com o teor de argila..... 173
- TABELA 34. Proposta preliminar de recomendação de adubação fosfatada corretiva em kg de P₂O₅ ha⁻¹, de acordo com o histórico de adubação..... 173
- TABELA 35. Experimento, safra de condução, dose de máxima eficiência técnica, produtividade máxima, K extraível por Mehlich-1 e rendimento relativo do trigo, milho e soja em função das doses de K₂O aplicadas sob sistema plantio direto..... 190
- TABELA 36. Experimento, safra de condução, dose de máxima eficiência técnica, produtividade máxima, K extraível por Mehlich-1 e rendimento relativo do trigo, milho e soja em função das doses de K₂O aplicadas sob sistema plantio direto na segunda etapa do projeto..... 192
- 193
- TABELA 37. Classes de disponibilidade de K para as culturas, teor de K extraível por Mehlich-1 em cada classe, rendimento relativo esperado e probabilidade de resposta das culturas a aplicação de fertilizantes potássicos nas duas etapas do projeto. 197
- TABELA 38. Proposta preliminar de recomendação de potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai..... 204

LISTA DE FIGURAS

Página

FIGURA 1. Mapa do Paraguai, Departamentos onde foram conduzidos os experimentos nos Departamentos de Misiones, Itapúa, Alto Paraná e Amambay.	47
FIGURA 2. Esquema experimental com os tratamentos de fósforo e potássio.	55
FIGURA 3. Produtividade de grãos de trigo, na safra 2003 dos experimentos M1 e I1 em função das doses de fósforo adicionadas ao solo.....	62
FIGURA 4. Produtividade de grãos de milho, na safra 2003/2004 nos experimentos I2, AP2 e PJC1.	67
FIGURA 5. Produtividade de grãos de soja, na safra 2003/2004 em função das doses de fósforo adicionadas nos experimentos I2, AP1, AP2 e PJC.....	72
FIGURA 6. Produtividade de grãos de soja, na safra 2004/2005 no experimento AP1 em função das doses de fósforo.	77
FIGURA 7. Produtividade de grãos de soja, na safra 2004/2005 no experimento I2 em função das doses de fósforo.....	78
FIGURA 8. Produtividade de grãos de soja, na safra 2004/2005 no experimento PJC em função das doses de fósforo.....	78
FIGURA 9. Produtividade de grãos de Milho, na safra 2004/2005 no experimento I2 em função das doses de fósforo.....	80
FIGURA 10. Produtividade de grãos de Milho, na safra 2004/2005 no experimento PJC em função das doses de fósforo.....	81
FIGURA 11. Produtividade de grãos de soja, na safra 2005/2006 no experimento I2 em função das doses de fósforo.....	86
FIGURA 12. Produtividade de grãos de soja, na safra 2005/2006 no experimento PJC em função das doses de fósforo.....	86
FIGURA 13. Produtividade de grãos de soja, na safra 2005/2006 no experimento AP2 em função das doses de fósforo.....	87
FIGURA 14. Produtividade de grãos de milho, na safra 2005/2006 no experimento I2 em função das doses de fósforo.....	90
FIGURA 15. Produtividade de grãos de milho, na safra 2005/2006 no experimento PJC em função das doses de fósforo.....	90
FIGURA 16. Produtividade de grãos de milho, na safra 2005/2006 no experimento AP2 em função das doses de fósforo.....	91

- FIGURA 17. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em M1. ** Significativo ($P < 0,01$). 103
- FIGURA 18. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em M2. ** Significativo ($P < 0,01$). 104
- FIGURA 19. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em I1..... 104
- FIGURA 20. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em I2. ** Significativo ($P < 0,01$). 105
- FIGURA 21. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em AP1.**Significativo ($P < 0,01$). 105
- FIGURA 22. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em AP2.**Significativo ($P < 0,01$)..... 106
- FIGURA 23. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em PJC. ** Significativo ($P < 0,01$)..... 106
- FIGURA 24. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em M1. ** Significativo ($P < 0,01$). 107
- FIGURA 25. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em I2. ** Significativo ($P < 0,01$). 107
- FIGURA 26. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em AP2. ** Significativo ($P < 0,01$). 108
- FIGURA 27. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja e milho sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em PJC. 108
- FIGURA 28. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em AP1. ** Significativo ($P < 0,01$). 109

- FIGURA 29. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, solo Classe 1 (Experimentos I1, AP2 e PJC). ** Significativo ($P < 0,01$)..... 111
- FIGURA 30. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, solo Classe 2 (experimentos M1, M2 e AP1). ** Significativo ($P < 0,01$)..... 111
- FIGURA 31. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. Todos os experimentos (M1, M2, I1, I2, AP1, AP2 e PJC). ** Significativo ($P < 0,01$)..... 112
- FIGURA 32. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, solo Classe 1 (Experimentos AP2 e PJC). 113
- FIGURA 33. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, solo Classe 2 (Experimentos M1, I2 e AP1). ** Significativo ($P < 0,01$)..... 113
- FIGURA 34. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. Todos os experimentos (M1, I2, AP1, AP2 e PJC).** Significativo ($P < 0,01$). 114
- FIGURA 35. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em M1. ** Significativo ($P < 0,01$)..... 115
- FIGURA 36. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em I2. ** Significativo ($P < 0,01$). 115
- FIGURA 37. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em AP1. ** Significativo ($P < 0,01$). 116
- FIGURA 38. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em AP2. ** Significativo ($P < 0,01$). 116
- FIGURA 39. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema

plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em PJC. ** Significativo ($P < 0,01$). 117

FIGURA 40. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, Solos Classe 1 (AP2 e PJC). ** Significativo ($P < 0,01$). 118

FIGURA 41. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, Solos Classe 2 (AP1, I2 e M1). ** Significativo ($P < 0,01$). 119

FIGURA 42. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, Todos os experimentos (M1, I2, AP1, AP2 e PJC). ** Significativo ($P < 0,01$). 120

FIGURA 43. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10cm. ** Significativo ($P < 0,01$). 121

FIGURA 44. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de milho sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10cm. ** Significativo ($P < 0,01$). 121

FIGURA 45. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$). 122

FIGURA 46. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja sob sistema plantio direto na segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$). 122

FIGURA 47. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de milho sob sistema plantio direto na segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$). 123

FIGURA 48. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo sob sistema plantio direto na segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$). 123

FIGURA 49. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de soja sob sistema plantio direto na primeira e segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$). 124

FIGURA 50. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de milho sob sistema plantio direto na primeira e segunda

- etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm. ** Significativo (P < 0,01)..... 124
- FIGURA 51. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich-1, na média de rendimentos de trigo sob sistema plantio direto na primeira e segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo (P < 0,01)..... 125
- FIGURA 52. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ . Experimentos M1 e M2 possuem textura de 250 g kg⁻¹ de argila. 128
- FIGURA 53. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ Experimentos I1 possui 475 g kg⁻¹ de argila e I2 possui 360 g kg⁻¹ de argila..... 128
- FIGURA 54. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1, em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅ . No experimento AP1, possui 395 g kg⁻¹ de argila, AP2 possui 470 g kg⁻¹ de argila e PJC possui 560 g kg de argila-1. 128
- FIGURA 55. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função da aplicação de doses de P₂O₅ nos experimentos com histórico de adubação fosfatada, à esquerda, (M1, I1, AP1 e AP2) e sem histórico de adubação fosfatada, à direita, (M2, I2 e PJC1). 130
- FIGURA 56. Incremento do teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função de doses de P₂O₅ aplicado. Faixas de fertilidade do solo: Muito Baixo (MB), Baixo (B), Alto (A) e Muito Alto (MA)..... 133
- FIGURA 57. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento M1 com textura de 250 g kg⁻¹ de argila..... 135
- FIGURA 58. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento I2 com textura de 360 g kg⁻¹ de argila. 135
- FIGURA 59. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento AP1 com textura de 395 g kg⁻¹ de argila. 136
- FIGURA 60. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento AP2 com textura de 470 g kg⁻¹ de argila. 136
- FIGURA 61. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento PJC com textura de 560 g kg⁻¹ de argila. 137
- FIGURA 62. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função da aplicação de doses de P₂O₅ nos experimentos com histórico de adubação fosfatada,

acima, (M1, AP1 e AP2) e sem histórico de adubação fosfatada, abaixo, (I2 e PJC).	138
FIGURA 63. Incremento do teor de fósforo no solo extraído por Mehlich-1 em função de doses de P ₂ O ₅ aplicado.	141
FIGURA 64. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento M1.	143
FIGURA 65. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a reaplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento M1.	144
FIGURA 66. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento M2.	145
FIGURA 67. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a reaplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento M2.	146
FIGURA 68. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento I1.	147
FIGURA 69. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a reaplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento I1.	148
FIGURA 70. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2.	149
FIGURA 71. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP1.	151
FIGURA 72. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP2.	152
FIGURA 73. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento PJC.	154
FIGURA 74. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP1, na safra 2004/2005.....	155
FIGURA 75. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2, na safra 2004/2005.....	156
FIGURA 76. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento PJC, na safra 2004/2005.....	157
FIGURA 77. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P ₂ O ₅ nos diferentes níveis criados, experimento M1 trigo após soja, na safra 2005.....	159

- FIGURA 78. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo à aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento M1 trigo após milho, na safra 2005..... 160
- FIGURA 79. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP2 trigo após milho, na safra 2005..... 161
- FIGURA 80. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2 trigo após soja, na safra 2005. 162
- FIGURA 81. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2 trigo após milho, na safra 2005..... 163
- FIGURA 82. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP2 milho, na safra 2005/2006..... 165
- FIGURA 83. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP2 soja, na safra 2005/2006..... 166
- FIGURA 84. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2 milho, na safra 2005/2006..... 167
- FIGURA 85. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2 soja, na safra 2005/2006..... 167
- FIGURA 86. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento PJC soja, na safra 2005/2006..... 169
- FIGURA 87. Teor de P extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento PJC milho, na safra 2005/2006..... 170
- FIGURA 88. Produtividade de grãos de trigo, na safra 2003 em função das doses de potássio adicionadas ao solo..... 177
- FIGURA 89. Produtividade de grãos de trigo, após o milho, na safra 2004 em função das doses de potássio adicionadas..... 178
- FIGURA 90. Produtividade de grãos de trigo após a soja, na safra 2004 em função das doses de potássio adicionadas..... 179
- FIGURA 91. Produtividade de grãos de milho, na safra 2003/2004 em função das doses de potássio adicionadas..... 181

- FIGURA 92. Produtividade de grãos de soja, na safra 2003/2004 em função das doses de potássio adicionadas. 183
- FIGURA 93. Produtividade de grãos de soja, na safra 2004/2005 nos experimentos AP1, I2 e PJC em função das doses de Potássio, segunda etapa do projeto. 184
- FIGURA 94. Produtividade de grãos de milho, na safra 2004/2005 nos experimentos I2 e PJC em função das doses de Potássio, segunda etapa do projeto. 185
- FIGURA 95. Produtividade de grãos de trigo, na safra 2005, nos experimentos I2, M1 e AP2 em função das doses de Potássio..... 187
- FIGURA 96. Produtividade de grãos de soja, na safra 2005/2006, nos experimentos I2, PJC e AP2 em função das doses de Potássio..... 188
- FIGURA 97. Produtividade de grãos de milho, na safra 2005/2006, nos experimentos I2, PJC e AP2 em função das doses de Potássio..... 190
- FIGURA 98. Relação entre K extraído pela solução Mehlich-1 e o rendimento relativo obtido com trigo, milho e soja sob plantio direto, equação de produção, coeficiente de correlação, teor crítico e faixas de fertilidade para potássio sob plantio direto no Paraguai, Paraguai, 2005. **Significativo ($P < 0,01$). 194
- FIGURA 99. Relação entre K extraído pela solução Mehlich-1 e o rendimento relativo obtido com trigo, milho e soja sob plantio direto, equação de produção, coeficiente de correlação, teor crítico para potássio sob plantio direto na segunda etapa do projeto. **Significativo ($P < 0,01$)..... 195
- FIGURA 100. Relação entre K extraído pela solução Mehlich-1 e os rendimentos relativos obtido com trigo, milho e soja sob plantio direto, equação de produção, coeficiente de correlação, teor crítico para potássio sob plantio direto na primeira e segunda etapa do projeto. 196
- FIGURA 101. Teor de K extraído por Mehlich-1 em três épocas, teor inicial, equações de resposta do solo a aplicação de K na sucessão trigo/milho/trigo no experimento M1. 199
- FIGURA 102. Teor de K extraído por Mehlich-1 em três épocas, teor inicial, equações de resposta do solo à aplicação de K na sucessão trigo/soja/trigo no experimento M1..... 200
- FIGURA 103. Teor de K extraído por Mehlich-1 em três épocas, teor inicial e curva de crescimento médio de K na sucessão trigo/milho/trigo no experimento M2. 201
- FIGURA 104. Teor de K extraído por Mehlich-1 em três épocas, teor inicial e curva de crescimento médio de K na sucessão trigo/soja/trigo no experimento M2. 202

- FIGURA 105. Teor de K extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo à aplicação de K₂O nos diferentes doses aplicadas, experimento M1 safra 2004/2005. 203
- FIGURA 106. Teor de K extraído por Mehlich-1, equações de resposta do solo à aplicação de K₂O nos diferentes doses aplicadas, experimento M1 safra 2005 após milho e soja. 203

LISTA DE ANEXOS

Página

Anexo 1. Cultivares utilizadas nos respectivos locais e safras.....	217
Anexo 2. Análise de significância dos experimentos de fósforo e potássio em trigo, milho e soja.	217

SUMÁRIO

	PÁGINA
Thomé Lovato, Dr. (UFSM).....	3
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE FIGURAS.....	14
LISTA DE ANEXOS.....	23
SUMÁRIO.....	24
1. introdução.....	28
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	31
2.1 BREVE HISTÓRIA DO SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES NO PARAGUAI. 31	
A AGRICULTURA NO PARAGUAI TEM UMA HISTÓRIA MUITO RECENTE, ONDE O MESMO TEM UMA RECOMENDAÇÃO QUE FOI FEITA NA DÉCADA DE 90, QUE APONTA UMA ADUBAÇÃO DA CULTURA, ALÉM DE SER FEITA PARA O SISTEMA CONVENCIONAL DE PLANTIO (FATECHA, 1999). AS RECOMENDAÇÕES QUE O PARAGUAI VEM UTILIZANDO ATUALMENTE TAMBÉM SÃO AQUELAS RECOMENDAÇÕES UTILIZADAS EM DIFERENTES REGIÕES DO BRASIL, COMO NO CASO DOS ESTADOS DE PARANÁ, SÃO PAULO, MINAS GERAIS E TAMBÉM O RIO GRANDE DO SUL, E EM ALGUNS CASOS TAMBÉM UTILIZAM RECOMENDAÇÕES FEITAS NA ARGENTINA. O PRINCIPAL PROBLEMA DESTAS RECOMENDAÇÕES, É QUE AS MESMAS NÃO FORAM TESTADAS E MUITO MENOS CALIBRADAS PARA AS CONDIÇÕES DO PARAGUAI, DESTA MANEIRA CORRENDO O RISCO DE QUE ESSAS RECOMENDAÇÕES SEJAM EM ALGUMAS OCASIÕES EQUIVOCADAS OU DUVIDOSAS. CABE DESTACAR TAMBÉM QUE O PARAGUAI ATUALMENTE CONTA COM MAIS DE 60% DE TODA A SUA ÁREA CULTIVADA SOB O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, QUE TEM UMA DINÂMICA DOS NUTRIENTES DIFERENCIADA, SE COMPARADA COM O SISTEMA CONVENCIONAL DE CULTIVO. ... 31	
O PARAGUAI, VENDO ESSA NECESSIDADE COM RELAÇÃO A TER UMA RECOMENDAÇÃO PRÓPRIA E MAIS ADEQUADA PARA SUAS CONDIÇÕES ATUAIS, NO ANO DE 2003 FOI INICIADO A UM PROJETO PARA OBTENÇÃO DE INFORMAÇÕES PARA UMA RECOMENDAÇÃO INICIAL, ONDE QUE PARA O MESMO, FORAM CONDUZIDOS VÁRIOS EXPERIMENTOS EM DIFERENTES REGIÕES E POR VÁRIOS ANOS, DANDO DESTAQUE PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS DE GRÃOS DO PAÍS SOB SPD, SENDO ESTAS CULTURAS A SOJA, MILHO E TRIGO. TAL PROJETO FOI CONDUZIDO NUM CONVÊNIO FEITO COM A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (UFSM), CÂMARA PARAGUAIA DE EXPORTADORES DE CEREALIS E OLEAGINOSAS (CAPECO), INSTITUIÇÕES DE PESQUISA, COOPERATIVAS E PRODUTORES RURAIS DO PARAGUAI. A MESMA JÁ TEVE COMO RESULTADO DUAS DISSERTAÇÕES DE MESTRADO (RECOMENDAÇÃO DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO PARA TRIGO, MILHO E SOJA SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO NO PARAGUAI., CALIBRAÇÃO VISANDO RECOMENDAÇÕES DE FERTILIZAÇÃO FOSFATADA PARA AS PRINCIPAIS CULTURAS DE GRÃOS SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO NO PARAGUAI.) QUE TIVERAM RESULTADOS IMPORTANTES PARA A ELABORAÇÃO DA PRIMEIRA RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES PARA O PARAGUAI, ALÉM DE QUE TAMBÉM ESTA TESE DE DOUTORADO FOI ELABORADA COM OS DADOS OBTIDOS NESTE PROJETO. OS EXPERIMENTOS CONTINUAM SENDO CONDUZIDOS EM ALGUNS LOCAIS, E SE TEM PROJETOS DE QUE NOVOS EXPERIMENTOS SERÃO CONDUZIDOS VISANDO UMA MAIOR CONFIABILIDADE DOS DADOS OBTIDOS ATUALMENTE. 31	
2.2 BREVE HISTÓRICO DAS CALIBRAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE FERTILIZANTES NOS ESTADOS DE RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA.....	32
ATUALMENTE EXISTE UM SISTEMA DE CALIBRAÇÃO E RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES E CALAGEM NO RIO GRANDE DO SUL AONDE A MESMA VEM E ESTÁ SENDO CONSTANTEMENTE APERFEIÇOADA	

DESDE A SUA PRIMEIRA RECOMENDAÇÃO QUE FOI PROPOSTA POR MOHR (1950), E DESDE ENTÃO JÁ FORAM REALIZADOS VÁRIOS AVANÇOS NO APERFEIÇOAMENTO DESTES SISTEMAS. UNS DOS PASSOS MAIS IMPORTANTES NESTA ÉPOCA FOI A CRIAÇÃO DA ROLAS, ISTO É, DA REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISES DE SOLO E TECIDO VEGETAL DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA NO ANO DE 1968, SENDO A MESMA RESPONSÁVEL PELOS APERFEIÇOAMENTOS NAS RECOMENDAÇÕES ATÉ A VERSÃO DE 1981 (ROLAS, 1981). NA DÉCADA DE 70 A ADEÇÃO DO ESTADO DE SANTA CATARINA AO ROLAS EM 1972 (TEDESCO ET AL., 1994), FOI IMPORTANTE PORQUE DEU INÍCIO AO CONTROLE DE QUALIDADE DA ROLAS, ALEM DE SEREM ELABORADAS A QUARTA (UFRGS, 1973) E QUINTA (TABELAS, 1976) RECOMENDAÇÕES. LOGO APÓS, NA DÉCADA DE 80 FORAM REALIZADOS MAIS TRÊS APERFEIÇOAMENTOS, ISTO É, A SEXTA VERSÃO (ROLAS, 1981), NESTA FORAM INCORPORADOS APERFEIÇOAMENTOS SIGNIFICATIVOS QUE TINHAM VÁRIAS CULTURAS ALÉM DE SER ESTA A ÚLTIMA VERSÃO ELABORADA PELA ROLAS, ONDE QUE DEPOIS A SÉTIMA VERSÃO PASSOU PARA A COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (SIQUEIRA ET AL., 1987). NESTA VERSÃO PROPOSTA NO ANO DE 1987 UMA MUDANÇA SUBSTANCIAL NA FILOSOFIA DE RECOMENDAÇÕES FOI FEITA, ONDE A MESMA PASSA DE UM SISTEMA DE ADUBAÇÃO CORRETIVA E DE MANUTENÇÃO, PARA UMA CORREÇÃO GRADUAL AO LONGO DOS ANOS E REPOSIÇÃO CONSIDERADO COMO UM SISTEMA MISTO, ONDE TEM COMO PRINCIPAL OBJETIVO CHEGAR A ALCANÇAR OS NÍVEIS DE SUFICIÊNCIA DE P E K NO RECORRER DE TRÊS SAFRAS, CULTURAS OU MAIS VEM TRÊS ANOS, ALÉM DE SE FAZER ADUBAÇÕES DESTINADAS AO PROGRAMA DE ROTAÇÃO DAS CULTURAS ANTERIORMENTE PLANEJADAS, ONDE SE TINHA COMO BASE À RESPOSTA ECONÔMICA AO FERTILIZANTE (SIQUEIRA ET AL., 1987). NA COMISSÃO, (1989), FOI REALIZADA A OITAVA VERSÃO, ONDE A MESMA INTRODUZIU ALGUNS APERFEIÇOAMENTOS SEM MUITA ALTERAÇÃO DA VERSÃO DE 1987. NO ANO DE 2004 FOI DIFUNDA A VERSÃO QUE ATUALMENTE ESTÁ SENDO UTILIZADA (COMISSÃO, 2004), ONDE UMAS DAS PRINCIPAIS VARIAÇÕES COM AS VERSÕES ANTERIORES É, A MODIFICAÇÃO DO TEOR CRÍTICO DE K NO SOLO, A MESMA PASSANDO DE 80 MG DM-3 PARA 45, 60 E 90 PARA CTC NO SOLO DE ATÉ 5, DE 5 A 15 E MAIOR QUE 15 CMOLC DM-3 RESPECTIVAMENTE..... 32

2.3 FÓSFORO.....	32
2.4 POTÁSSIO.....	35
2.5 PROGRAMA DE ANÁLISE DE SOLO.....	38
2.6 AMOSTRAGEM DO SOLO.....	38
2.7 AMOSTRAGEM NO SISTEMA PLANTIO DIRETO.....	39
2.8 PROFUNDIDADE DE AMOSTRAGEM.....	39
2.9 LABORATÓRIOS COM METODOLOGIAS CALIBRADAS.....	40
2.10 DETERMINAÇÃO DO MÉTODO.....	40
2.11 CALIBRAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE MEHLICH-1.....	41
2.12 DETERMINAÇÃO DO TEOR CRÍTICO E FAIXAS DE FERTILIDADE.....	42
2.13 INTERPRETAÇÃO E RECOMENDAÇÃO.....	42
3. Objetivo geral	44
3.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	44
4. material e MÉTODOS.....	45
4.1 DESCRIÇÃO E FISIOGRAFIA.....	45
4.2 CLIMA.....	45
4.3 SOLO.....	46
4.4 DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	46
4.5 DELINEAMENTO, UNIDADES EXPERIMENTAIS E TRATAMENTOS.....	53
4.6 SEMEADURA.....	55

4.7 CONDUÇÃO E COLHEITA.....	55
4.8 COLETAS DE SOLO E ANÁLISES.....	56
4.9 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO RELATIVO (RR) DAS CULTURAS.....	57
4.10 CALIBRAÇÃO.....	57
4.11 RECOMENDAÇÃO DE FERTILIZANTES.....	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
5.1 PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO E POTÁSSIO.	60
5.2 PRODUTIVIDADE DO TRIGO, NA SAFRA 2003 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO.	61
Uma grande diferença nas produtividades de trigo foi verificada nos experimentos M1 e I1 (Figura 3), embora ambos apresentassem uma baixa resposta à aplicação de fósforo.	
.....	61
5.3 PRODUTIVIDADE DO MILHO, NA SAFRA 2003/2004 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO.....	62
5.4 PRODUTIVIDADE DA SOJA, NA SAFRA 2003/2004 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO.	67
5.5 PRODUTIVIDADE DE TRIGO APÓS MILHO E SOJA, NA SAFRA 2004 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO.	73
5.6 PRODUTIVIDADE DA SOJA, NA SAFRA 2004/2005 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	76
5.7 PRODUTIVIDADE DO MILHO, NA SAFRA 2004/2005 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	80
5.8 PRODUTIVIDADE DO TRIGO, NA SAFRA 2005 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	83
5.9 PRODUTIVIDADE DA SOJA, NA SAFRA 2005/2006 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	85
5.10 PRODUTIVIDADE DO MILHO, NA SAFRA 2005/2006 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE FÓSFORO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	89
5.11 CALIBRAÇÃO DE FÓSFORO DETERMINADO PELO MÉTODO MEHLICH-1 PARA CADA SOLO ESTUDADO.	93
5.12 DETERMINAÇÃO DO TEOR CRÍTICO DE FÓSFORO PARA O CONJUNTO DE SOLOS INVESTIGADOS NA PRIMEIRA E SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	110
5.13 DETERMINAÇÃO DO TEOR CRÍTICO DE FÓSFORO PARA CADA EXPERIMENTO NAS DUAS ETAPAS DO PROJETO.....	114
5.14 DETERMINAÇÃO DO TEOR CRÍTICO DE FÓSFORO PARA O CONJUNTO DE SOLOS INVESTIGADOS NAS DUAS ETAPAS DO PROJETO.	117
5.15 DETERMINAÇÃO DO TEOR CRÍTICO DE FÓSFORO PARA AS CULTURAS DE SOJA, MILHO E TRIGO NAS DUAS ETAPAS DO PROJETO.	120
121	
122	
SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	122
PRIMEIRA E SEGUNDA ETAPA DO PROJETO JUNTOS.....	124
5.16 DETERMINAÇÃO DE FAIXAS DE FERTILIDADE DO SOLO PARA O FÓSFORO AQUI CONSIDERANDO AS DUAS ETAPAS DO PROJETO.....	125
5.17 CONSTRUÇÃO DE NÍVEIS DE FÓSFORO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO NA PRIMEIRA E SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	127
5.18 APLICAÇÃO DE P ₂ O ₅ NOS DIFERENTES NÍVEIS DE FERTILIDADE CONSTRUÍDOS NA PRIMEIRA E SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	142
5.19 RECOMENDAÇÕES PRELIMINARES PARA FÓSFORO.....	172
5.20 POTÁSSIO NA PRIMEIRA E SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	176
5.21 PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO.	176
PRIMEIRA ETAPA DO PROJETO (WENDLING, 2005).....	176

5.22	PRODUTIVIDADE DO TRIGO, NA SAFRA 2003 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO.	176
5.23	PRODUTIVIDADE DO TRIGO, NA SAFRA 2004 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO.	177
5.24	PRODUTIVIDADE DO MILHO, NA SAFRA 2003/2004 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO. .	180
5.25	PRODUTIVIDADE DA SOJA, NA SAFRA 2003/2004 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO. ...	182
5.26	PRODUTIVIDADE DA SOJA SAFRA, NA 2004/2005 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	184
5.27	PRODUTIVIDADE DO MILHO, NA SAFRA 2004/2005 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	185
5.28	PRODUTIVIDADE DO TRIGO, NA SAFRA 2005 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	185
5.29	PRODUTIVIDADE DA SOJA, NA SAFRA 2005/2006 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	187
5.30	PRODUTIVIDADE DO MILHO, SAFRA 2005/2006 EM FUNÇÃO DAS DOSES DE POTÁSSIO NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	188
5.31	DOSES DE MÁXIMA EFICIÊNCIA TÉCNICA NAS DUAS ETAPAS DO PROJETO.....	190
5.32	DETERMINAÇÃO DO TEOR CRÍTICO, NA PRIMEIRA E SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	193
	TEOR CRÍTICO NA PRIMEIRA ETAPA DO PROJETO (WENDLING, 2005).	194
5.33	DETERMINAÇÃO DE FAIXAS DE FERTILIDADE DO SOLO PARA O POTÁSSIO AQUI CONSIDERANDO AS DUAS ETAPAS DO PROJETO.....	197
5.34	DETERMINAÇÃO DE DOSES NA PRIMEIRA E SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	198
	PRIMEIRA ETAPA DO PROJETO (WENDLING, 2005).....	198
5.35	DOSES PARA ADUBAÇÃO DE CORREÇÃO.....	198
5.36	ADUBAÇÃO DE MANUTENÇÃO.....	200
5.37	ADUBAÇÃO DE REPOSIÇÃO.....	201
	SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	202
5.38	DETERMINAÇÃO DE DOSES NA SEGUNDA ETAPA DO PROJETO.....	202
5.39	RECOMENDAÇÕES PRELIMINARES PARA POTÁSSIO.....	204
6.	CONCLUSÕES.....	207
	FÓSFORO.....	207
	POTÁSSIO.....	208
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	209
8.	ANEXOS.....	217

1. INTRODUÇÃO

As recomendações de fertilização têm como principal finalidade facilitar e auxiliar na tomada de decisão de aplicação de fertilizantes, que se necessita para obtenção de rendimentos de máxima eficiência econômica. Salientando a importância das indicações numéricas das tabelas, devemos também dar importância ao histórico de cultivo e da área, o histórico de adubação e calagem, as produtividades obtidas e as esperadas, as condições sócio-econômicas do produtor rural, o sistema de manejo e tipo de solo, o clima da região e o impacto ambiental da tecnologia a ser utilizada. Para se obter resultados positivos da utilização das tabelas de qualquer sistema de recomendação de fertilizantes, depende da análise do solo que deve ser calibrada para as condições locais, isto é, para cada região específica. Onde que, uma das etapas mais importantes é a determinação analítica para que, de tal forma todo o sistema possa ser corretamente utilizado e os objetivos propostos serem alcançados.

No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, Brasil, há uma rede oficial de laboratórios de análise de solo e tecido vegetal (ROLAS) fundada em 1968. Esta rede e a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (Núcleo Regional Sul, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo) tem como principal responsabilidade a constante tarefa de aperfeiçoar e padronizar as recomendações de adubação e calagem. Nos estados do RS e SC este programa de recomendações de fertilizantes é utilizado, para fósforo e potássio, na qual a base do mesmo são estudos realizados entre o final da década de 1960 e meados da década de 1980, no sistema convencional de cultivo, utilizando o método Mehlich-1 para a determinação de fósforo e potássio do solo, além dos conhecimentos e experiências que foram acumulando-se durante todo esse tempo. Contudo, as mesmas podem estar desatualizadas, considerando que ocorreram várias mudanças durante esse período de tempo, das quais podemos citar entre elas; a) a adoção e utilização do sistema plantio direto, que atualmente ocupa mais de 60% da área de cultivo, cuja dinâmica de disponibilidade de nutrientes difere daquela do sistema convencional; b) a amostragem do solo sob sistema de plantio direto é feita na camada 0-10 cm de profundidade com maior concentração de alguns nutrientes, podendo, conseqüentemente, subestimar a necessidade de fertilizantes; c) o rendimento de grãos de algumas culturas é maior do que aquele utilizado para a calibração, podendo as culturas demandar maior quantidade de nutrientes; d) o método calibrado para fósforo e potássio, Mehlich⁻¹, eventualmente não estima corretamente a disponibilidade de fósforo em solos fertilizados com fosfatos naturais, subestimando as necessidades de fertilizantes além de

extrair pouco fósforo em solos muito argilosos, superestimando as necessidades desse nutriente.

Considerando a expressiva área de adoção do SPD no Paraguai, e principalmente pela sua importância econômica em nível nacional da produção de grãos, foi fundada no ano de 2003 uma rede nacional de laboratórios de análises de solos (RENALAS), na qual a mesma desempenha uma função importante, tendo em conta que anteriormente as metodologias utilizadas pelos laboratórios e também as interpretações dos resultados das análises, em sua maioria eram diferentes, e até então não havia padronização na recomendação de adubação para o SPD.

Surgiram questionamentos com a adoção do SPD quando se referia a utilização das recomendações técnicas de fertilizantes, especialmente de fósforo (P) e potássio (K), considerando que as mesmas haviam sido elaboradas tendo como base pesquisas realizadas com experimentos conduzidos no sistema convencional (SC) de preparo do solo. O Paraguai cultiva grandes áreas de soja, trigo e milho e tem a disposição uma recomendação lançada no ano de 1999, mas como já foi mencionada anteriormente a recomendação é para o SC (Fatecha, 1999)

O Paraguai passou por mudanças similares ocorridos no Brasil, com relação ao seu sistema de cultivo, isto é, passando do SC para o SPD, destacando-se: a) mais de 60% do cultivo agrícola mecanizado nas áreas de produção com as principais culturas no país são cultivadas sob SPD, reduzindo drasticamente o tradicional SSC; b) a amostragem do solo sob sistema plantio direto é feita na camada de maior concentração de nutrientes (0-10 cm); c) o rendimento médio das principais culturas aumentou devido ao melhoramento genético e das práticas de manejo; d) atualmente existem métodos alternativos de análise de solo mais eficientes, de baixo custo e com praticidade laboratorial que estão sendo utilizados pela RENALAS. Estas mudanças no sistema de cultivo necessitam ser consideradas nas recomendações de fertilização para o Paraguai.

No Brasil os estudos de calibração iniciaram na década de 60 (Mielniczuk et al, 1969b), sendo que se estenderam até a década de 80. Nesta calibração houve a colaboração de diversas instituições de ensino, pesquisa e extensão. A mudança do sistema de cultivo, alteração do sistema de coleta de solo, utilização de variedades mais produtivas são razões que têm conduzido a adaptações nas recomendações de adubação e calagem. Diversas atualizações foram efetuadas, caracterizando o sistema de recomendação como dinâmico e participativo, sendo aprimorado ao longo das décadas.

Este tipo de estudos no Paraguai está numa etapa inicial, onde a mesma precisa ser realizada ainda por vários anos mais para que de tal maneira se possa chegar a resultados confiáveis e que levem ao benefício de todo o sistema de produção do país. E considerando que há possibilidade de transferência de uma grande parcela da experiência acumulada no RS e SC para o Paraguai, uma vez que existe similaridade de condições edafoclimáticas.

Tendo em consideração tudo o já mencionado, foram realizados experimentos para calibração a campo em diferentes locais, com o objetivo de se obter tabelas próprias para a recomendação fosfatada e potássica das principais culturas sob sistema de plantio direto no Paraguai.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Breve história do sistema de recomendação de fertilizantes no Paraguai.

A agricultura no Paraguai tem uma história muito recente, onde o mesmo tem uma recomendação que foi feita na década de 90, que aponta uma adubação da cultura, além de ser feita para o sistema convencional de plantio (Fatecha, 1999). As recomendações que o Paraguai vem utilizando atualmente também são aquelas recomendações utilizadas em diferentes regiões do Brasil, como no caso dos estados de Paraná, São Paulo, Minas Gerais e também o Rio Grande do Sul, e em alguns casos também utilizam recomendações feitas na Argentina. O principal problema destas recomendações, é que as mesmas não foram testadas e muito menos calibradas para as condições do Paraguai, desta maneira correndo o risco de que essas recomendações sejam em algumas ocasiões equivocadas ou duvidosas. Cabe destacar também que o Paraguai atualmente conta com mais de 60% de toda a sua área cultivada sob o sistema de Plantio Direto, que tem uma dinâmica dos nutrientes diferenciada, se comparada com o sistema convencional de cultivo.

O Paraguai, vendo essa necessidade com relação a ter uma recomendação própria e mais adequada para suas condições atuais, no ano de 2003 foi iniciado a um projeto para obtenção de informações para uma recomendação inicial, onde que para o mesmo, foram conduzidos vários experimentos em diferentes regiões e por vários anos, dando destaque para as principais culturas de grãos do país sob SPD, sendo estas culturas a soja, milho e trigo. Tal projeto foi conduzido num convênio feito com a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Câmara Paraguaia de Exportadores de Cereales e Oleaginosas (CAPECO), instituições de pesquisa, cooperativas e produtores rurais do Paraguai. A mesma já teve como resultado duas dissertações de mestrado (Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no paraguai., Calibração visando recomendações de fertilização fosfatada para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai.) que tiveram resultados importantes para a elaboração da primeira recomendação de fertilizantes para o Paraguai, além de que também esta tese de doutorado foi elaborada com os dados obtidos neste projeto. Os experimentos continuam sendo conduzidos em alguns locais, e se tem projetos de que novos experimentos serão conduzidos visando uma maior confiabilidade dos dados obtidos atualmente.

2.2 Breve histórico das calibrações e recomendações de fertilizantes nos estados de Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Atualmente existe um sistema de calibração e recomendação de fertilizantes e calagem no Rio Grande do Sul aonde a mesma vem e está sendo constantemente aperfeiçoada desde a sua primeira recomendação que foi proposta por Mohr (1950), e desde então já foram realizados vários avanços no aperfeiçoamento deste sistema. Uns dos passos mais importante nesta época foi a Criação da Rolas, isto é, da Rede Oficial de Laboratórios de Análises de Solo e Tecido Vegetal do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina no ano de 1968, sendo a mesma responsável pelos aperfeiçoamentos nas recomendações até a versão de 1981(ROLAS , 1981). Na década de 70 a adesão do Estado de Santa Catarina ao ROLAS em 1972(Tedesco et al., 1994), foi importante porque deu início ao controle de qualidade da ROLAS, além de serem elaboradas a quarta (UFRGS, 1973) e quinta (Tabelas, 1976) recomendações. Logo após, na década de 80 foram realizados mais três aperfeiçoamentos, isto é, a sexta versão (ROLAS, 1981), nesta foram incorporados aperfeiçoamentos significativos que tinham várias culturas além de ser esta a última versão elaborada pela ROLAS, onde que depois a sétima versão passou para a Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC (Siqueira et al., 1987). Nesta versão proposta no ano de 1987 uma mudança substancial na filosofia de recomendações foi feita, onde a mesma passa de um sistema de adubação corretiva e de manutenção, para uma correção gradual ao longo dos anos e reposição considerado como um sistema misto, onde tem como principal objetivo chegar a alcançar os níveis de suficiência de P e K no recorrer de três safras, culturas ou mais vem três anos, além de se fazer adubações destinadas ao programa de rotação das culturas anteriormente planejadas, onde se tinha como base á resposta econômica ao fertilizante (Siqueira et al., 1987). Na Comissão, (1989), foi realizada a oitava versão, onde a mesma introduziu alguns aperfeiçoamentos sem muita alteração da versão de 1987. No ano de 2004 foi difundida a versão que atualmente está sendo utilizada (Comissão, 2004), onde umas das principais variações com as versões anteriores é, a modificação do teor crítico de K no solo, a mesma passando de 80 mg dm⁻³ para 45, 60 e 90 para CTC no solo de até 5, de 5 a 15 e maior que 15 cmol_c dm⁻³ respectivamente.

2.3 Fósforo.

Podemos dividir o fósforo no solo em dois grandes grupos: o primeiro seria o fósforo inorgânico (Pi) e o segundo o fósforo orgânico (Po). O grupo que corresponde ao fósforo inorgânico pode ser separado em duas partes, os fósforos dos minerais primários ou estrutural,

e, principalmente, o fósforo adsorvido a oxihidróxidos de ferro e alumínio (Parfitt,1978). O segundo grupo seria o fósforo orgânico associado aos resíduos vegetais que são adicionados ao solo, ao tecido microbiano e aos produtos de sua decomposição. A fração importante deste tipo de fósforo orgânico é aquela que está contida na biomassa microbiana (P microbiano) por ter uma grande dinâmica. Machado et al. (1993) verifica que, nos solos do Rio Grande do sul, o fósforo orgânico representa de 45% a 68% do fósforo total presente no solo.

Com a adição da adubação fosfatada e conseqüente adsorção aos colóides, neste caso o manejo do solo é de vital importância no prolongamento da sua disponibilidade, lembrando que algumas práticas de manejo podem ser utilizadas para diminuir a sua adsorção específica. Tais práticas podem ser o não revolvimento do solo, o controle da erosão e a manutenção da cobertura vegetal do solo. A capacidade de sorção do fósforo é alta em solos na qual a fração argila esta composta predominantemente por oxihidróxidos de ferro e de alumínio mais caulinita, tais como os latossolos do planalto do RS. No sistema plantio direto a eficiência da adubação fosfatada é melhor, pelo fato do não revolvimento do solo, onde desta forma diminui-se a exposição dos sítios de adsorção (Gatiboni, 2003). Os fertilizantes fosfatados adicionados ao solo geralmente acumulam fósforo nas camadas superficiais e o de camadas profundas são ciclados pelas plantas para a superfície, isto devido também ao não revolvimento do solo (Rheinheimer, 2000). Na adoção do sistema de plantio direto na sua fase inicial a construção de níveis de P exige uma quantidade maior de fertilizantes fosfatados (Cubilla, 2005). Com o passar dos anos de adoção e fertilização do sistema plantio direto, se tem como resultado a saturação dos sítios localizados na camada superficial, desta maneira a construção dos níveis ocorre de uma forma mais rápida e intensa. Observa-se em primeiro lugar a saturação dos sítios mais ávidos e o remanescente geralmente é redistribuído em frações retidas com menor energia e, conseqüentemente se tem maior capacidade de dessorção, e maior disponibilidade às plantas (Rheinheimer & Anghinoni, 2001).

Neste sentido, além dos aspectos inerentes à química do solo, devemos considerar outros aspectos que estão relacionados à atividade biológica, ciclagem de nutrientes e de redução de perdas de P, que são observados no sistema plantio direto. A superfície de contato do solo com o P diminui com a deposição de resíduos culturais, e desta forma a decomposição pela biomassa microbiana é desacelerada, tendo como resultado a mineralização gradual e parcial desses compostos. Conseqüentemente se tem o aumento do conteúdo da matéria orgânica e fósforo orgânico e de ânions orgânicos (Rheinheimer, 2000). E os mesmos podem aumentar a competição pelos sítios de adsorção, e dessa maneira diminuir a retenção do fósforo. Da mesma maneira que nas camadas superficiais do sistema plantio direto, a

atividade microbiana pode proporcionar uma maior disponibilidade potencial do fósforo às plantas, já que o P incorporado na biomassa dos microorganismos forma estoque de fósforo microbiano no solo e não é absorvido aos colóides (Conte, 2001). Deste modo no sistema plantio direto não se observa perdas de fósforo por erosão e, devido a localização da adubação fosfatada, do acúmulo da matéria orgânica e do aumento da biomassa microbiana, se tem a acumulação do fósforo orgânico. Considerando este fato, a manutenção da cobertura do solo também por plantas vivas no sistema plantio direto tem como resultado o favorecimento de que o fósforo orgânico mineralizado seja absorvido, desta maneira impedindo que o P passe para as formas menos lábeis.

Em casos de déficits hídricos frequentes, a concentração superficial de P, da como resultado um menor aproveitamento pelas plantas, considerando que o principal mecanismo de suprimento de fósforo às plantas é a difusão, o qual é muito influenciada pela umidade do solo. Em adição, ressalta-se que a camada superficial do solo, onde se encontra concentrado o P, é a mais sujeita as variações no teor de umidade. Por isso, se dá ênfase a importância em se ter uma adequada quantidade de resíduos, isto é, palhada sobre a superfície do solo, especialmente quando a cultura se encontra no estágio inicial, e se tem como principal objetivo a conservação da umidade do solo e beneficiar a absorção de P. A concentração superficial de P, e outros elementos químicos, também podem levar à concentração superficial do sistema radicular, desta forma tornar as plantas muito mais susceptíveis a épocas de falta de água (Amado et al., 2007).

Os resultados obtidos em diferentes experimentos de calibração para o sistema de plantio direto (Schlindwein, 2003; Boletim de Pesquisa de soja, 2005 e Cubilla, 2005) tem verificado que os teores críticos de P são superiores aos teores antes propostos para o sistema de preparo convencional. Esses resultados podem ser atribuídos as melhores práticas de manejo do solo, ao melhoramento genético das culturas, a seleção de cultivares que visam o aumento na produtividade, além destes a concentração superficial de P orgânico no sistema plantio direto. Desta forma é recomendado ter um cuidado especial, devido a esta concentração de P e, as coletas de amostras superficiais do sistema plantio direto, é de se esperar que o teor crítico de P tenha um valor mais alto do que foi observado no sistema convencional de cultivo que tem como característica a distribuição uniforme e as amostragens mais profundas, embora tenha se obtido rendimentos e níveis de fertilidades semelhantes entre os dois sistemas.

Nas recomendações da Comissão (2004) as doses de P_2O_5 para soja, em média aumentaram. Embora ao passar dos anos das recomendações, a partir das calibrações feitas na

década de 60, as doses eram baixas (Universidade...,1968), e logo após foram aumentando nas recomendações de Mielniczuk et al. (1969) e também nas recomendações de Universidade...(1973) e tabelas...(1976), onde esses valores permanecem até o ano de 1986(Manual...,1981). Nas recomendações de Siqueira et al. (1987) e Comissão ...(1989 e 1995), estas doses para P_2O_5 de uma forma geral, foram diminuindo, especialmente onde se tinha faixas de maior fertilidade e logo após esses valores aumentaram novamente nas recomendações da Comissão ...(2004).

2.4 Potássio.

O potássio ocorre em duas formas no solo; uma das formas é como componente da fase sólida e a outra como íon K^+ na solução do solo (Meurer & Inda Jr., 2004). O potássio pode fazer parte da estrutura dos minerais primários, secundários (k-estrutural) ou adsorvido na superfície de argilominerais e de compostos orgânicos (k-trocável). Além disso, pode estar adsorvido as superfícies internas de argilominerais com camada 2:1 (k-fixado). Com a expansão dessas camadas e liberados os íons de K, podem ser trocados por íons de Ca ou Mg, em alguns solos, o aumento de íons de K em solução (adubação potássica) provoca o deslocamento dos íons de Ca e Mg das entre camadas ocorrendo à fixação de K. O K presente na solução está em equilíbrio rápido com o k-trocável, e o K não trocável é utilizado para caracterizar todas as formas de potássio que não estão em equilíbrio rápido com o K da solução. No caso de solos que tem como argilomineral predominante a caulinita como são os solos do planalto, o K-trocável pode ser a principal reserva deste nutriente. Tem-se verificado que o esgotamento de K em solução pela absorção das plantas pode provocar a liberação de K de formas não trocáveis, mesmo naqueles solos que apresentam um bom suprimento de K-trocável. Quando se tem solo menos desenvolvido, os minerais, juntamente com o K-trocável presente na superfície dos argilominerais poderiam ser uma fonte importante deste nutriente para as plantas, uma vez que os minerais primários, através da dissolução mantenham o equilíbrio do K entre a fase sólida e a solução do solo.

A disponibilidade de K para as plantas, por tanto, varia conforme o tipo e a quantidade de minerais primários e secundários presentes no solo e o tipo de ligação química entre o potássio e os demais elementos que constituem estes minerais (Meurer & Inda Jr., 2004).

O K disponível para as plantas, isto é, o K na forma trocável, esta ligada a fase sólida por ligações fracas, motivo pelo qual pode ser facilmente quantificado pelos diferentes métodos de análises de solo (Mehlich⁻¹, Mehlich⁻³, Resina, Bray e Olsen). Normalmente o K

trocável tem correlação significativa com os parâmetros das plantas (Oliveira, 1970; Mielniczuk & Selbach, 1978).

Dependendo de características tais como, grau de desenvolvimento, material de origem e tipo de argilominerais, a dinâmica do potássio no solo pode ser variável de solo para solo (Mielniczuk, 1982) afetando o manejo da adubação potássica e a resposta das culturas. Além disso, a consideração de outros fatores que afetam a disponibilidade do potássio no solo para as plantas pode ajudar para melhorar a capacidade preditiva dos métodos de avaliações que atualmente estão sendo utilizados. Nos estados de RS e de SC, foram realizadas pesquisas (Wietholter, 1996; Scherer, 1998; Silva & Meurer, 1998) demonstrando que a resposta das culturas ao potássio depende da relação entre o K extraído pelo extrator Mehlich-1 (k-trocável + k-solução) e a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. Esta CTC do solo, depende do teor e do tipo de argila presente o qual afeta o poder tampão de potássio que é a relação entre a quantidade de potássio na forma sólida e a quantidade de potássio presente na solução. Portanto, quando se tem solos com maior CTC, o mesmo retêm mais potássio na fase sólida e tem uma maior capacidade de manter alto o K da solução e, com isso, maior poder tampão de potássio.

Considerando tudo isso, as faixas de interpretação dos teores de potássio obtiveram-se em função das classes de CTC do solo a pH 7,0 e os teores de suficiência de potássio isto é, os teores críticos que são de 45,60 e 80 mg dm⁻³, respectivamente, para solos das classes de CTC igual ou menor do que 5,0 cmol_c dm⁻³, de 5,1 a 15,0 cmol_c dm⁻³ e maior do que 15,0 cmol_c dm⁻³.

As plantas absorvem o K da solução do solo, principalmente por difusão e fluxo de massa, ambos mecanismos de suprimento de nutrientes são muito influenciado pela umidade do solo. O potássio tem mobilidade no solo, e com isso, pode ser redistribuído no perfil do solo pelo fluxo de água, isto é, mobilidade vertical. Considerando que o mesmo é um nutriente requerido em grandes quantidades, especialmente naquelas de alta produção de massa verde., Kleper & Anghinoni (1995) evidenciaram que mesmo com a aplicação a lanço observaram alta concentração de K próximo à linha de semeadura e, ao mesmo tempo, diminuição da concentração do nutriente na entrelinhas. Dessa maneira a variabilidade vertical e horizontal dos teores de K, normalmente, é menor do que a do fósforo (Anghinoni & Salet, 1998; Schlindwein & Anghinoni, 2000).

A exportação de K nos grãos quantificada na forma de K₂O, está em torno de 20 kg t⁻¹ para a soja, e é considerada muito maior, quando se comparado com outras culturas como o trigo e o milho, onde a exportação está em torno de 6 kg t⁻¹ Comissão., (2004). Para que se

obtenha altos rendimentos e se mantenha a fertilidade do solo, em sistemas de cultura com o predomínio da soja, deve ser prevista uma adequada fertilização com K, considerando que o mesmo é requerido e exportado em grandes quantidades por esta cultura (Amado et al, 2007)

Apesar disso, estudos realizados no sul do Brasil têm verificado pequenas respostas à aplicação de K. Estes resultados podem ser interpretados com base na capacidade das reservas de K do solo de manter o equilíbrio com a solução do solo, e com isso atender os requerimentos das plantas (Oliveira et al., 1971; Meurer & Anghinoni,1993; Silva et al.,1995). Entretanto, não se tem muitos estudos a campo com experimentos de longa duração que determinem o nível crítico e a resposta das culturas à aplicação de K no sistema plantio direto (Brunetto et al., 2005).

O efeito da rotação de culturas que foram usadas nestes experimentos é um fator a ser considerado. Dessa maneira, a alternativa do cultivo da soja, que possui elevada demanda e exportação de K, com as culturas com baixa demanda e exportação e, portanto com elevada capacidade de ciclagem, contribui para o aumento da eficiência da fertilização. Neste sentido, a demanda da cultura da soja pode estar sendo suprida pelo residual da adubação utilizada em outras culturas como milho, sorgo, trigo e aveia.

O nível de suficiência e as faixas de fertilidade propostas para o potássio no RS, foram criticados por Schlindwein (2003) e Schlindwein & Gianello (2004), pelo fato de que a mesma foi calibrada com base no sistema convencional de preparo e, considerando que atualmente a maior parte da área de cultivo da soja encontra-se sob sistema plantio direto. Entre as principais variações observadas, destaca-se entre elas a amostragem de solo que passou a ser feita na camada de solo de maior concentração de K, isto é, na profundidade de 0-10 cm, onde as culturas apresentam atualmente um maior rendimento, e conseqüentemente necessitam de mais nutrientes para o seu desenvolvimento. No estudo de calibração realizado por Schlindwein (2003), onde além do maior teor crítico verificado, também as faixas de fertilidade foram mais amplas e, em média, as doses de K para soja foram maiores do que às recomendadas pela Comissão ...(2004).

A partir de 1987, as tabelas de recomendações de adubação de K, em média mantiveram aproximadamente as mesmas doses propostas nas tabelas da Universidade..(1973), ou aumentaram apenas nas faixas de maior fertilidade, como foi verificado nas recomendações de Siqueira et al., (1987) e da Comissão ...(1989, 1995), visando à reposição de nutriente para soja, trigo e milho com rendimentos acima das atuais médias estaduais. Essas doses mais altas de K não foram suficientes para elevar a fertilidade do solo até o teor crítico no período de três cultivos, seguindo a filosofia de recomendações de adubação, contudo os teores de K no

solo têm aumentado nos últimos anos. Mas devemos considerar, que neste período houve modificações no processo de coleta e amostragem do solo, que a mesma passou de 0-17/20cm para 0-10cm de profundidade ocorrendo reduções de perdas de solo e nutrientes por erosão devido à adoção do sistema plantio direto (Bertol et al., 1997; Seganfredo et al., 1997).

Atualmente nas recomendações vigentes da Comissão ..(2004) as doses para o potássio são recomendadas tanto para a correção da fertilidade, quando o teor no solo se encontra abaixo do teor crítico, visando atender à necessidade da cultura que se baseia no rendimento esperado e que geralmente são maiores para a soja e o milho e menores para o trigo. As maiores doses de potássio recomendadas para a soja, a partir de 2004, devem proporcionar aumentos de rendimento e também dos teores desse nutriente no solo.

2.5 Programa de análise de solo.

Para a eficácia de um programa de recomendação, é de vital importância que seja realizada uma boa amostragem do solo, além de que, deve-se ter laboratórios que tenham suas metodologias padronizadas e que as mesmas tenham realizado a seleção de métodos de análise que apresentem boa correlação entre os teores determinados pela análise e algum parâmetro da planta, e por último deve-se fazer uma boa calibração do método a nível de campo.

Neste sentido Raij (1981) comenta que, para aquelas recomendações de adubação que tem como base a análise de solo sejam eficazes seriam necessários vários processos tais como: a) amostragem de solo representativa da área; b) ensaios de adubação; c) seleção de métodos eficientes de análise de solo; d) laboratórios capacitados; e) correlação entre teores no solo e respostas de culturas a nutrientes aplicados; f) estabelecimento de classes de teores de nutrientes; g) estabelecimento de níveis de adubação.

2.6 Amostragem do solo.

A amostragem do solo é a primeira etapa na adoção dos programas de recomendações de calagem e de adubação. A análise de tecido vegetal é uma das técnicas utilizadas para a verificação do estado nutricional das plantas, permitindo uma avaliação complementar das condições de fertilidade do solo. O erro na amostragem é o mais prejudicial, pois ele não pode ser corrigido na etapa de análise em laboratório, de interpretação dos resultados analíticos e de recomendação dos fertilizantes e corretivos. Uma amostragem não representativa pode causar erros de até 50% na avaliação da fertilidade do solo e na recomendação dos fertilizantes e corretivos (Comissão ...,2004).

2.7 Amostragem no sistema plantio direto.

No sistema plantio direto, a variabilidade da fertilidade do solo é maior do que no preparo convencional, tanto no sentido horizontal, devido à permanência das linhas de adubação, como no sentido vertical, pela formação de gradientes em profundidade, decorrentes da permanência dos resíduos na superfície e da aplicação superficial de adubo e de calcário.

Na coleta de uma amostra de solo representativa, utilizando os trados de rosca, calador e holandês, seria necessário retirar um número muito elevado de sub-amostras, entre 50 à 200 amostras na maioria dos casos, na qual vai depender do espaçamento das entrelinhas da cultura, onde já se tem a variabilidade horizontal, isto é, linha de adubação e também ao pequeno volume de solo amostrado (Nicolodi et al.,2000; Schlindwein & Anghinoni, 2002). O trado de rosca seria o equipamento mais prático para a coleta de amostras de solo, o mesmo não é adequado para o sistema plantio direto, pelo fato de que se tem gradientes formados. Na maioria dos casos, além da necessidade de se coletar um grande número de sub-amostra, em solos secos, ocorre, especialmente a perda da camada superficial aproximadamente de 1,5 cm, onde normalmente apresenta maiores teores de matéria orgânica e de nutrientes. Essa perda pode induzir a erros de até 30% na recomendação de adubação.

No caso do trado holandês, pela característica do seu formato, pode não retirar uma amostra uniforme em profundidade e também pode induzir a erros na avaliação da fertilidade do solo. A amostragem com a pá de corte, de uma forma adequada para eliminar os efeitos das meso e microvariações da lavoura, é a mais indicada para a amostragem de solo no sistema plantio direto, isso serve tanto para as lavouras onde foram feitas as adubações a lanço como em linha. Os estudos realizados por Schlindwein & Anghinoni,(2000; 2002) demonstram metodologia que atendem aos critérios estatísticos para a definição do número de sub-amostras.

2.8 Profundidade de amostragem.

Quando a instalação do sistema plantio direto for a partir de lavouras de preparo convencional ou de campos naturais com revolvimento do solo, é recomendada a coleta na camada de 0-20 cm de profundidade. E onde o caso de instalação do plantio direto for iniciado a partir do campo natural sem revolvimento do solo ou da amostragem de solo no sistema plantio direto consolidado, recomenda-se amostrar o solo na camada de 0 a 10cm de profundidade. A amostragem na camada de 10 a 20 cm pode ser útil para verificar se há

limitações de fertilidade nessa camada, em especial quanto a acides do solo (Comissão ...,2004).

2.9 Laboratórios com metodologias calibradas.

A Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo dos estados do RS e SC (ROLAS) que foi fundada em 1968 com o principal objetivo de uniformizar as metodologias de análise. Na mesma são realizadas reuniões anuais para discutir: metodologia de análise, interpretação de resultados analíticos, recomendações de adubação e controle de qualidade intra e inter laboratórios por amostras padrão (Tedesco, 1995). Foi adotada uma metodologia padrão nos laboratórios que fazem parte da ROLAS em 1973, com base na proposição de métodos de análise de Mielniczuk et al., (1969b). Em 1987 foi introduzida a determinação de textura (Tedesco, 1984).

No Paraguai, em 2004, foi fundada a Red Nacional de Laboratórios de Suelo (RENALAS), com o objetivo de padronizar as metodologias utilizadas nos laboratórios associados e estão sendo realizados trabalhos iniciais de controle de qualidade das análises feitas por estes laboratórios. Na qual já foram realizados dois seminários para discutir alguns pontos, tais como a metodologia adotada, as interpretações dos resultados, entre outros temas relacionados à Red. Atualmente estão associados à rede os seguintes laboratórios de análise de solo: Facultad Asunción, IAN, CRIA, Facultad P.J.Caballero, Escuela Agrícola Concepcion, Facultad Caazapa, Cana de azucar, Facultad Ciudad del Este, SUELOANALISIS, Facultad Hoenau, TROCIUK, Facultad Pilar y CETAPAR.

2.10 Determinação do método.

Fundamentalmente a seleção de um ou mais métodos de análise de solo consiste na identificação daquele(s) método(s) com baixo custo, praticidade de execução em laboratório e mecanismos de extração dos nutrientes do solo que possam ser correlacionados e cujos valores se correlacionam com os parâmetros de plantas (Corey, 1987). Os estudos de correlação são feitos comumente em casa-de-vegetação, onde são utilizados aqueles solos mais representativos de uma determinada região na qual se pretende implantar um sistema de recomendação de adubação pela análise de solo. Do mesmo modo, é muito importante que estes solos apresentem diferentes níveis de fertilidade visando à identificação dos métodos que apresentam altas correlações entre os nutrientes extraídos pelo método e os nutrientes absorvidos pelas plantas (Corey, 1987; Dahnke & Olson, 1990; Mielniczuk, 1995). Algumas vantagens que apresentam os estudos de correlação em casa-de-vegetação são: o controle dos

fatores de crescimento, a possibilidade de cultivo em qualquer época do ano, a utilização de um grande número de solos em um espaço reduzido, entre outras. Neste sentido os estudos de correlação em casa-de-vegetação são válidos somente para a seleção do método a ser calibrado, pois as respostas das plantas cultivadas em vasos são normalmente menores do que aquelas cultivadas a campo, considerando a competição das raízes pelos nutrientes e efeitos do sistema radicular sobre a disponibilidade de nutrientes (Corey, 1987). Para a sua determinação são conduzidos experimentos em casa-de-vegetação e se relaciona a capacidade que os diferentes métodos apresentam em extrair o elemento em estudo com a proporcionalidade na absorção pelas plantas, sendo que para tal se mede o coeficiente de determinação (r^2) entre os dois. Uma vez selecionado o método a ser calibrado iniciam-se os trabalhos de calibração.

O método de análise de solo Mehlich⁻¹ e Carolina do Norte ou Duplo ácido é o método de análise de solo padrão adotado nos laboratórios do Rio Grande do Sul e Santa Catarina-Brasil, que foi o método utilizado neste estudo por apresentar boa correlação entre os teores determinados no solo e os rendimentos das culturas, baixo custo e praticidade de análise de rotina em laboratório (Anghinoni & Wolkweiss, 1984; Mielniczuk, 1995).

No decorrer das décadas uma série de estudos foi conduzida para encontrar o melhor método de análise de solo, isto é, o método que apresenta o maior r^2 em relação ao P e K absorvidos pela planta (Anderson & Morgensen, 1962; Galvão & Wolkweiss, 1981; Schlindwen, 2003). De maneira geral todos encontraram boa correlação para o método Mehlich⁻¹.

2.11 Calibração do método de análise Mehlich⁻¹.

Se o método utilizado apresenta correlação entre o resultado analítico e a resposta das culturas, neste sentido pode-se utilizar este método de análise para recomendação de adubação (Raij, 1981).

A calibração de um método de análise do solo refere-se em relacionar ou determinar o teor de um determinado elemento no solo, o qual é obtido por uma determinada metodologia de análise de solo, com um ou mais parâmetros de plantas cultivadas a campo, por exemplo, índice de crescimento, produção da cultura, em condições naturais de produção (Anghinoni & Volkweiss, 1984; Dahnke & Olson, 1990).

Para a calibração do método de análise selecionado os experimentos devem ser conduzidos durante vários anos e em vários locais mais representativos dos solos da região em estudo. O rendimento relativo das culturas utiliza-se nos estudos de calibração, que se

obtem pela relação entre o rendimento da cultura sem a aplicação do fertilizante, pela máxima eficiência técnica da cultura que foi obtida com o nutriente. Raij (1991) comenta que o rendimento relativo somente é empregado na fase de calibração dos teores dos nutrientes no solo. Desta fase em diante, as produções absolutas são utilizadas para estabelecer as doses de fertilizantes.

2.12 Determinação do teor crítico e faixas de fertilidade.

Pode-se utilizar o método gráfico ou matemático para a determinação do teor crítico do nutriente no solo (Cate & Nelson, 1965, 1973). Considerando o método gráfico, os pontos são colocados num quadrante X e Y, relacionando os teores determinados no solo pelo método em estudo no eixo X e no eixo Y, os rendimentos relativos encontrados pelas culturas em estudo. Após os pontos no gráfico move-se um filme plástico transparente com duas linhas traçadas perpendicularmente, uma paralela ao eixo X e uma ao eixo Y, de forma que o máximo de pontos caiam em quadrantes opostos, onde a linha paralela ao eixo y toca o eixo x denomina-se o teor crítico do nutriente no solo (Raij, 1981; Schlindwein, 2003). Matematicamente se ajusta uma equação aos dados de rendimento relativo e os teores determinados no solo, onde se escolhe a equação que melhor se ajusta aos dados, usando como critérios o r^2 e a resposta biológica das plantas. Neste caso pode-se detectar o teor crítico de duas formas, pelo ponto de inflexão da curva que separa a alta probabilidade de resposta das plantas da baixa probabilidade de resposta aos teores no solo, ou pela adoção de um valor entre 80 e 95% do rendimento relativo (Kochmann, 1982). Na calibração feita nos estados do RS e SC foi utilizado o rendimento relativo de 90% para definição do teor crítico no solo (Mielniczuk et al., 1969 a, b; Universidade..., 1973; Tabelas..., 1976; Manual..., 1981; Siqueira et al., 1987; Comissão..., 1989, 1995, 2004; Raij et al., 1997; Schlindwein, 2003).

A determinação de faixas de fertilidade podem ser obtidas pela subdivisão do rendimento relativo (Raij et al., 1997), ou pela subdivisão dos teores no solo em quantidades equidistantes (Mielniczuk et al., 1969 a, b; Universidade..., 1973; Tabelas..., 1976; Manual..., 1981; Siqueira et al., 1987; Comissão..., 1989, 1995, 2004; Schlindwein, 2003).

2.13 Interpretação e recomendação.

As recomendações de fertilizantes devem ser orientadas pelos teores dos nutrientes determinados na análise de solo, que são interpretadas geralmente de três a cinco níveis, que vão de “muito baixo” (MB), “baixo” (B), “médio” (M), “alto” (A) e “muito alto” (MA). (Comissão ...,2004). A partir da interpretação do nutriente no solo se faz a recomendação para

a(s) cultura(s) de acordo com determinada filosofia. As filosofias utilizadas para a elaboração de fertilizantes tem sido basicamente de construção da fertilidade e manutenção da mesma em teores adequados, geralmente na faixa de fertilidade “alta”.

3. OBJETIVO GERAL

Obter tabelas próprias para recomendação fosfatada e potássica para as principais culturas sob sistema de plantio direto no Paraguai.

3.1 Objetivos específicos

- a) Determinar teores críticos para fósforo no solo em diferentes classes texturais.
- b) Determinar teores críticos para potássio no solo.
- c) Determinar faixas de fertilidade para fósforo e potássio sob plantio direto no Paraguai.
- d) Prover informações para a elaboração da primeira tabela de recomendação de fertilizantes para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai.
- e) Curva de resposta a fósforo e potássio para trigo, milho e soja em áreas representativas de plantio direto no Paraguai.
- f) Determinar doses de fertilizante para construção de níveis de fósforo e potássio no solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição e fisiografia.

O Paraguai é um país mediterrâneo que se encontra no centro Sul do Continente, considerado como um país pequeno na sua área territorial, comparado com os países limítrofes. Conta com uma superfície total de 406.792 Km², das quais 39,3% correspondem à Região Oriental com 159.827 Km², e os outros 60,7% restante e denominado como à Região Ocidental mais conhecida como Chaco Boreal.

A Região Oriental se encontra na posição geográfica entre os paralelos 22° 05' e 27° 30' latitude Sul e os meridianos 54° 15' e 58° 38' longitude Oeste. A mesma encontra-se, rodeada de dois grandes rios: o rio Paraná, ao Leste e Sul servindo como limite natural com o Brasil e a Argentina, e o rio Paraguai, ao Oeste, que serve como limite natural com a Região Ocidental e o Norte da República Argentina.

A Região esta caracterizada por terrenos declivosos, com pendentes suaves a pronunciadas de 4 a 15%, nas quais os mesmos drenam naturalmente aos vales e planícies dos inúmeros cursos de águas que atravessam a região em varias direções. Apresenta um sistema central de serras, com superfície muito irregular, com relevo pronunciado, com amplitude de 150 à 600 metros e cotas variáveis de 250 à 840 metros acima do nível do mar, pendente abrupta (maior de 15%) e drenagem muito rápida. Este sistema de serras constitui a linha de divisão de águas das bacias dos rios Paraguai e Paraná.

4.2 Clima.

Segundo Köppen (1931), o clima da Região Oriental do Paraguai é classificado, como Cfa: sub-tropical úmido, mesotérmico, com verões quentes e invernos com geadas ocasionais. Com uma tendência de que as chuvas se concentrem na primavera/verão, onde não se tem uma estação de seca definida. Neste sentido, as chuvas diminuem a partir do outono, onde o inverno, especificamente o mês de julho, é o período de menor registro de chuvas. A precipitação média anual esta entre 1.300mm ao Oeste e 1.900mm ao Leste da Região Oriental; a temperatura média mensal do ar é de 17 a 27°C, com temperaturas médias mínimas de 15°C e temperaturas médias máximas de 30°C. Nos meses do verão, a temperatura pode superar os 40°C; nos meses de inverno pode-se registrar geadas importantes, com temperaturas que chegam a -2°C.

4.3 Solo.

A região Oriental do Paraguai apresenta solos que são predominantemente Alfisols e Ultisols onde as mesmas ocupam aproximadamente 65% das terras, e 16% de Entisols, também são encontrados Inceptisols, Oxisols, entre outros (López et al., 1995).

Os solos dos quatro Departamentos onde foram conduzidos os experimentos que correspondem a Região Oriental do Paraguai (Tabela 1) são predominantemente argilosos, apresentando alguns solos arenosos no departamento de Misiones. Os solos argilosos na sua maior parte são Latossolos Vermelhos (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999)), Oxisols e Alfisols, segundo a Classificação Americana, Soil Taxonomy, (Lopez et al., 1995). Os mesmos são de origem de rochas basálticas, as que se encontram principalmente nos Departamentos de Alto Paraná, Itapúa e Amambay. E considerando os solos do departamento de Misiones que são de origem arenítico, pertencem à classe dos Argissolos Vermelhos Amarelos (Embrapa, 1999) ou Ultisol (Lopez et al., 1995) de textura franca fina e argilosa fina.

4.4 Descrição dos experimentos.

Os experimentos foram conduzidos em solos que apresentam diferentes texturas e também diferentes níveis iniciais de fertilidade, os mesmos foram realizados nos anos de 2003 à 2006, em regiões com as características mais representativas de produção de grãos, em localidades com histórico de adoção do sistema plantio direto do país.

Um total de sete experimentos foram conduzidos em rede, em quatro Departamentos do país (Figura 1). No Departamento de Misiones foram conduzidos dois experimentos, um deles com média e outro com baixa fertilidade inicial com a mesma textura; no Departamento de Itapúa também foram dois experimentos, um deles com alta e outro com baixa fertilidade inicial, embora com diferente textura; no Departamento de Alto Paraná foram dois experimentos de baixa fertilidade, porém de diferente textura, e um no Departamento de Amambay também de baixa fertilidade. Considerando que nem todos os experimentos tiveram as mesmas safras durante todo o período do projeto.



FIGURA 1. Mapa do Paraguai, Departamentos onde foram conduzidos os experimentos nos Departamentos de Misiones, Itapúa, Alto Paraná e Amambay.

A escolha e a busca dos diferentes locais para a condução dos experimentos (Tabela 1) teve um longo e trabalhoso processo, onde foram realizadas várias entrevistas com profissionais de instituições ligadas a pesquisas, técnicos de cooperativas, professores de diversas Universidades, técnicos do Ministério de Agricultura, além de técnicos da CAPECO, tudo isso com o intuito de se obter a melhor representatividade dos produtores de cada região onde seriam implantados os experimentos. Logo após a escolha das áreas, foram coletadas as amostras de solo as quais foram levadas e analisadas no laboratório para assim verificar as características desejadas para seleção, onde se teve como principal critério de escolha os teores baixos de fertilidade e a variabilidade nos teores de argila. Desta forma buscou-se diferenças com as análises de laboratório e concordância dos produtores escolhidos em ceder a área.

TABELA 1. Departamentos da Região Oriental do Paraguai, local, responsável e solos onde foram conduzidos os experimentos de calibração.

Departamentos	Experimento	Local	Responsável	Solo ⁽¹⁾	Solo ⁽²⁾
Misiones	M1	San Patricio	Empresa Lactosur	Ultisol	Argissolo
Misiones	M2	San Patricio	Empresa Lactosur	Ultisol	Argissolo
Itapúa	I1	Bella Vista Sur	Produtor Rudi Dressler	Oxisol	Latossolo
Itapúa	I2	Fram	Produtor Eugenio Mañko	Ultisol	Argissolo
Alto Paraná	AP1	Yguazú	CETAPAR ⁽³⁾	Oxisol	Latossolo
Alto Paraná	AP2	Naranjal	COPRONAR ⁽⁴⁾	Alfisol	Latossolo
Amambay	PJC	Pedro Juan Caballero	UNA-FCA-PJC ⁽⁵⁾	Alfisol	Latossolo

⁽¹⁾ Classificação Americana de Solos, Soil taxonomy, utilizada no levantamento de solos do Paraguai, Lopez et.al., (1995).

⁽²⁾ Classificação Brasileira (Embrapa, 1999).

⁽³⁾ Centro Tecnológico Agropecuário em Paraguai

⁽⁴⁾ Coopetativa de Produccion de Naranjal.

⁽⁵⁾ Universidade Nacional de Asunción, Facultad de Ciências Agrárias sede em Pedro Juan Caballero.

Os dois experimentos que foram conduzidos no Departamento de Misiones (Tabela 2) apresentam características químicas muito semelhantes onde foram instalados numa única propriedade no lugar denominado Lactosur, a qual pertence ao Engenheiro Agrônomo Fabián Pereira, no distrito de San Patricio. Nesta região o solo predominante é o Ultisol (López et al., 1995), com terrenos suavemente ondulados e vegetação predominante de campos nativos. O Departamento apresenta fertilidade média baixa, assim como no distrito de San Patricio, segundo levantamento de Fatecha (2004).

No Departamento de Misiones, o experimento Misiones 1 foi instalado em abril de 2003, sendo conduzidos na primeira etapa do projeto três safras, no inverno de 2003, verão 2003/04 e inverno de 2004, e na segunda etapa do projeto uma safra, a de inverno 2005. Não foi possível avaliar a safra de verão 2004-2005 por problemas que tivemos com sementes e outros inconvenientes, sendo a cultura de inverno o trigo e de verão, o milho e a soja. O mesmo está localizado a 26° 59' 55,29266''S e 56° 45' 01,75456'' WO (WGS, 1984), tem área cultivada há vários anos SPD.

O experimento Misiones 2, também foi instalado em abril de 2003, implantado sobre uma área de pastagem que foi dessecada com herbicida. A mesma, apresentava alta quantidade de palha sobre a superfície, impossibilitando a semeadura do trigo no inverno de 2003, onde desta forma a primeira safra foi a de verão de 2003/04 com as culturas de milho e soja na primeira etapa do projeto, e a mesma não foi possível continuar na segunda etapa do projeto por motivos já mencionados anteriormente. Características químicas iniciais do experimento são apresentadas na Tabela 2. A localização geográfica do experimento é 26° 59' 05,48726" S e 56° 44' 10,69358" WO (WGS1984).

No Departamento de Itapúa, o experimento denominado I1 foi implantado na propriedade do Senhor Rudi Dressler, no município de Bela Vista com posição geográfica de 26° 56' 07,09384" S e 55° 38' 03,81347" WO (WGS1984). A vegetação natural predominante são as florestas tropicais e o solo predominante na região é o Oxisol (López et al., 1995). No distrito vizinho de Bela Vista, Obligado, a fertilidade foi classificada como alta, classe na qual se enquadra a média do Departamento de Itapúa (Fatecha, 2004). O experimento foi instalado juntamente com os experimentos do departamento de Misiones, onde também foram conduzidos três safras, inverno de 2003, verão 2003/04 e inverno de 2004 na primeira etapa do projeto, a cultura de inverno foi o trigo e as de verão foram milho e soja, o mesmo não foi continuado na segunda etapa do projeto por que a área em estudo já apresentava teores elevados dos nutrientes, isto é, não apresentavam mais respostas as aplicações de fertilizantes fosfatados e potássios. Lembrando que a área se encontrava sob SPD a mais de 15 anos, apresentando fósforo e potássio alto, conforme Tabela 2. Salientando que segundo relatos do proprietário da área, o mesmo vem obtendo altas produtividades nas culturas conduzidas sobre a área.

O experimento denominado I2 foi implantado na propriedade do Senhor Eugênio Mañko na localidade de Fram, com posição geográfica 27° 08' 54,11744" S e 56° 03' 46,26738" WO (WGS1984). Segundo classificação de Fatecha (2004), os solos do distrito em média são de alta fertilidade. O solo predominante da região é o Ultisol (López et al., 1995), na área de condução do experimento é um Ultisol, a vegetação natural predominante são as florestas, com alguns campos nativos nas partes mais baixas dos terrenos, que é suavemente ondulado. O mesmo foi instalado em outubro de 2003, imediatamente antes da safra de verão. Na qual foram conduzidos duas safras na primeira etapa do projeto, uma no verão de 2003/04 com o milho e a soja e outra no inverno de 2004, com o trigo, e na segunda etapa do projeto foram conduzidos três safras, no verão de 2004-2005 também com milho e soja, inverno de

2005 com trigo e no verão de 2005-2006 com soja e milho. Lembrando que a área estava sob pousio invernial, apresentando baixa produção de palha sobre a superfície. Segundo relatos do produtor, a área foi muito degradada quando estava sob sistema convencional de cultivo, motivo pela qual vem obtendo rendimentos não muito altos, de tal modo como os baixos níveis de fósforo e MO (Tabela 2) que são herança do sistema de cultivo adotado por muitos anos. Aonde que o mesmo atualmente está sendo conduzido sob o sistema plantio direto.

O primeiro experimento instalado no Departamento de Alto Paraná foi o denominado Alto Paraná 1 (AP1), o mesmo também foi instalado em outubro de 2003. A área experimental foi cedida pelo Centro Tecnológico Agropecuário em Paraguai (CETAPAR) no distrito de Iguazú, com posição geográfica 25° 27' 23,15682" S e 55° 02' 49,16350" WO (WGS1984). O solo da área experimental é um Nitossolo (Embrapa, 1999) ou Oxisol (López et al., 1995) e o terreno da região é suavemente ondulado. A área está sob condução de SPD há mais de 12 anos. Neste experimento foram conduzidas duas safras na primeira etapa do projeto, verão de 2003/04 onde foi conduzida somente com soja, não podendo implantar a cultura do milho devido à aplicação pelo produtor de um herbicida de longo efeito residual (seletivo a gramíneas) aplicado antes da escolha da área para condução do experimento, e no inverno de 2004 foi conduzido com a cultura trigo. E na segunda etapa do projeto, foi conduzida uma safra mais, a do verão de 2004/2005 com soja novamente. A área apresenta valores intermediários de fertilidade, conforme pode ser observado na Tabela 2.

No caso do experimento denominado Alto Paraná 2 (AP2) também foi instalado em outubro de 2003, área que foi cedida pela Cooperativa de Produção de Naranjal (COPRONAR), no distrito de Naranjal, com posição geográfica 25° 58' 07,17126" S e 55° 12' 48,79724" WO (WGS1984). Esta região apresenta Latossolos Vermelhos (Embrapa, 1999), Alfisol (LÓPEZ, et al., 1995), bem característicos, predominam naturalmente florestas tropicais densas. Neste experimento foram conduzidos duas safras na primeira etapa do projeto, a de verão de 2003/04 com milho e soja e a de inverno de 2004 com trigo, e na segunda etapa do projeto, também foram conduzidos duas safras, no inverno de 2005 com trigo, e no verão de 2005/2006 com soja e milho. Salientando que esta área esta sob SPD há vários anos, no entanto, não foram aplicadas altas doses de fertilizantes, já que estava sob arrendamento. Mesmo assim, apresenta altos valores de MO fato comum nas lavouras da região, e valores baixos de fósforo e valores altos de potássio (Tabela 2).

No Departamento de Amambay o experimento denominado Pedro Juan Caballero (PJC) foi instalado no lugar conhecido como Chiriguelo (Colonia Raúl Ocampos Rojas) no

campo experimental da Universidade Nacional de Asunción, Facultad de Ciências Agrárias, no distrito de Pedro Juan Caballero, com posição geográfica a 22° 39' 17,67833" S e 55° 53' 36,43726" WO (WGS1984). A área experimental apresenta solo da classe Latossolo Vermelho escuro argiloso (Embrapa, 1999) ou Oxisol pela classificação americana. Lopez et al. (1995) classificaram ademais na região solos da ordem Inceptisol e Entisol. O terreno é suavemente ondulado e a vegetação natural predominante é a floresta tropical. A área foi desmatada no ano 1988, sofrendo várias queimas até o ano 2002, onde se iniciou a produção mecanizada de grãos. O local apresentava altos teores MO e baixo de fósforo, fato comum nas lavouras da região. O experimento foi instalado em outubro de 2003, foram conduzidas duas safras, verão de 2003/04 com milho e soja, e a de inverno de 2004 com trigo na primeira etapa, e na segunda etapa foram conduzidos também duas safras, a de verão de 2004/2005 com soja e milho, e no verão de 2005/2006 com soja e milho.

As características da fertilidade do solo antes da instalação dos experimentos de cada local estão descritas na Tabela 2.

TABELA 2. Característica de fertilidade do solo antes da instalação dos experimentos de cada local na camada 0 – 10 cm de profundidade dos experimentos com doses de P_2O_5 e K_2O .

Experimento	Argila	Matéria Orgânica	pH H_2O	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Alumínio	CTC
	----- g kg ⁻¹ -----			-----mg dm ⁻³ -----		-----cmol _c L ⁻¹ -----			
Misiones 1 (M1)	250	25	5,2	11,9	47,3	5,2	1,6	0,2	14,7
Misiones 2 (M2)	250	27	5,1	4,3	126,3	2,9	1,1	0,3	10,5
Itapúa 1 (I1)	475	30	5,6	12,7	206,3	8,1	1,1	0,1	14,9
Itapúa 2 (I2)	355	25	6,2	3,5	195,4	7,7	1,6	0,0	13,2
Alto Paraná 1 (AP1)	395	29	5,3	7,6	203,9	6,4	1,0	0,1	13,7
Alto Paraná 2 (AP2)	470	42	6,5	7,9	359,0	12,8	1,8	0,0	18,7
Pedro Juan Caballero (PJC)	560	44	6,7	5,2	256,0	13,9	2,0	0,0	19,8

4.5 Delineamento, unidades experimentais e tratamentos.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com três repetições, conforme croqui experimental (Figura 2). As dimensões das parcelas experimentais foram de 5 x 8 m. No caso do Fósforo as parcelas principais foram adubadas com cinco doses de fósforo (0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅), visando a criação de níveis de fertilidade e nas sub-parcelas foram aplicadas quatro doses de fósforo (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅) no momento da implantação das culturas visando à obtenção de curva de resposta, sendo efetuadas a lanço em superfície antes da semeadura.

No inverno de 2003 foram implantados 3 experimentos (M1, M2 e I1) com doses de 0, 50, 100 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ visando à criação de níveis de fertilidade e semeadas posteriormente com trigo; no experimento M2, só foram aplicadas as diferentes doses de fósforo, já que não houve condições de semear o trigo, pela grande quantidade de palha existente sobre a superfície impossibilitando a semeadura com uma semeadora sem disco de corte. Os tratamentos com 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ foram aplicadas após a colheita de trigo, com duas repetições, impossibilitando a criação de uma terceira repetição pela falta de espaço na área experimental.

No verão de 2003, foram implantados 4 experimentos (I2, AP1, AP2 e PJC1), totalizando 7 na Região Oriental do país. Aplicaram-se nestes 4 as doses de criação de níveis e semeadas posteriormente com milho e soja, a exceção do milho no AP1.

Nos experimentos instalados no inverno de 2003 (M1, M2 e I1) foram semeados com milho e soja, e imediatamente, aplicadas as doses de P₂O₅ (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹). No inverno de 2004, todos os experimentos foram semeados com trigo.

No verão de 2004/2005 os experimentos I2, PJC e AP1 foram semeados com soja e milho. Na safra de inverno de 2005 foram semeados com trigo os experimentos (M1, AP2 e I2). E no verão de 2005/2006 foram semeados com soja e milho os experimentos I2, AP2 e PJC.

No caso do potássio os tratamentos consistiram de cinco doses de K₂O (0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹) com aplicações sendo efetuadas em superfície antes da semeadura das culturas. Formam aplicadas 3 doses nos experimentos M1, M2 e I1, a primeira no trigo de 2003, a segunda na safra milho/soja de 2003/04 e a terceira no trigo de 2004. Os tratamentos com

100 kg ha⁻¹ foram implantados após a primeira safra de trigo, sendo aplicadas somente duas doses. Nos experimentos I2, AP1, AP2 e PJC1 foram aplicadas duas doses, sendo a primeira antes da safra de milho e soja 2003/04 e a segunda na safra de trigo de 2004.

As doses foram aplicadas em todas as safras que foram conduzidas, respeitando as mesmas quantidades e nas mesmas parcelas. O que variou na segunda etapa da condução dos experimentos, para as safras de inverno de 2005, e de verão de 2005/2006. Para se obter mais pontos nas curvas de resposta na segunda fase do projeto, foi realizada uma aplicação de 120 kg de fósforo nas parcelas com nível 200 kg de P₂O₅, e nas parcelas de K₂O foram aplicadas 25 kg de K₂O., com o objetivo de se ter mais pontos nos resultados da segunda etapa do projeto.

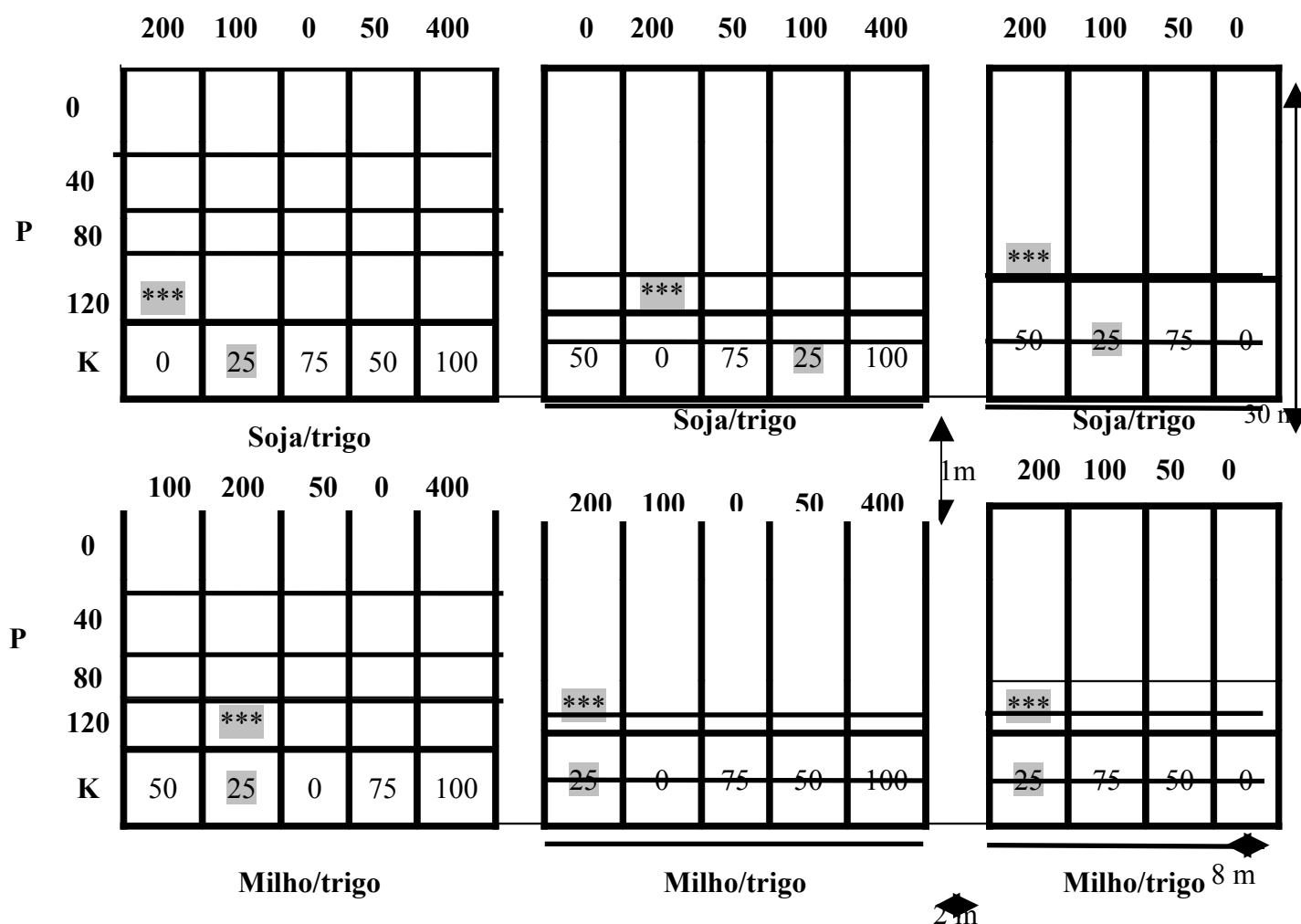


FIGURA 2. Esquema experimental com os tratamentos de fósforo e potássio.

4.6 Semeadura.

Todos os experimentos foram conduzidos sob sistema de plantio direto. As sementeiras foram efetuadas nas épocas recomendadas segundo as recomendações técnicas regionais, com o principal objetivo de atingir as máximas produções das culturas. O trigo foi semeado em meados de maio tanto em 2003, 2004 e 2005. O milho e a soja foram implantados na primeira semana de novembro de 2003, 2004 e 2005. As cultivares utilizadas foram as mais cultivadas e produtivas das regiões de condução dos experimentos.

4.7 Condução e colheita.

No caso do P as adubações de K e N foram mantidas constantes e satisfatórias para atender as necessidades das culturas, utilizando-se a dose de 50 kg ha⁻¹ de K₂O para trigo e soja, 75 kg ha⁻¹ de K₂O para milho; 60 kg ha⁻¹ de N para o trigo (20 kg na sementeira e 40 kg

em cobertura) e 180 kg ha⁻¹ de N para o milho (30 kg na semeadura e 150 kg em cobertura) aplicado de 30 e 40 dias após a semeadura. As fontes utilizadas foram o cloreto de potássio, 60% de K₂O e a uréia, 45% de N. A fonte de P utilizada foi o super fosfato triplo, 46% de P₂O₅. Os tratos culturais foram efetuados para a cultura expressar seu máximo potencial produtivo.

Para o K as adubações de N e P foram mantidas constantes e satisfatórias para atender as necessidades das culturas, utilizando-se a dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ para trigo, milho e soja, 60 kg ha⁻¹ de N para o trigo e 180 kg ha⁻¹ de N para o milho, sendo 30 kg na semeadura e 150 kg em cobertura 40 dias após a semeadura. As fontes utilizadas foram o superfosfato triplo (46% de P₂O₅) e a uréia (45% de N). A fonte de K utilizada foi o cloreto de potássio (60% de K₂O). Os tratos culturais foram efetuados para a cultura expressar seu máximo potencial produtivo.

As aplicações de N, P e K foram realizadas a lanço, para tal, as parcelas foram delimitadas nos quatro limites, definindo exatamente a área para a aplicação. A aplicação de nitrogênio na semeadura e em cobertura no milho foi efetuada na linha com o auxílio de uma adubadora manual.

Para determinação da produção de grãos foram coletadas ao acaso ou escolhidas no trigo de 2003 três amostras de 0,25 m², totalizando 0,75 m² por parcela. Na cultura do milho e da soja coletaram-se amostras de 6 m lineares (duas linhas de 3 m) no centro das parcelas. Para o trigo de 2004 foi coletada uma área de 3,2 m² por parcela com uma colheitadeira de precisão austríaca, marca Wintersteiger. As colheitas de trigo foram efetuadas no mês de outubro nos respectivos anos, enquanto do milho e soja foram efetuadas a partir da segunda quinzena de março de 2004. Os mesmos procedimentos foram feitos na segunda etapa do projeto, isto é, para as safras de soja e milho 2004/2005, trigo de 2005 e soja e milho de 2005/2006. Todas as produtividades foram corrigidas para treze por cento de umidade no grão.

4.8 Coletas de solo e análises.

Uma vez feita à seleção das áreas, foram realizadas análises de solo para conhecer a situação atual da fertilidade e corrigir os problemas de pH existentes nas áreas.

As coletas de solos foram efetuadas após cada colheita das culturas em todas as parcelas dos experimentos, sendo efetuadas dez sub-amostras por parcela compondo a amostra representativa da parcela. As amostras foram tiradas da camada de 0 a 10 cm de profundidade.

As análises laboratoriais foram feitas segundo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

4.9 Determinação do rendimento relativo (RR) das culturas.

O rendimento relativo das culturas foi obtido pela relação:

$$(1) \quad RR (\%) = \frac{\text{Rendimento da cultura na parcela testemunha (sem P)}}{\text{Rendimento máximo da cultura na parcela com a dose de P testada}} \times 100$$

O rendimento da cultura sem o fertilizante testado, utilizado no cálculo (1) do rendimento relativo (RR) foi estimado pela função de produção ajustada, ou seja, o coeficiente “a” da equação de regressão entre as doses de fertilizante, e o rendimento de grãos. Para o valor de rendimento máximo da cultura foi utilizado o valor estimado pela equação de regressão até no máximo da dose de fertilizante aplicado. No caso do uso de equações lineares com respostas positivas à utilização de fertilizante, o valor de rendimento máximo foi o correspondente à maior dose utilizada e no caso de resposta negativa, o rendimento máximo foi o correspondente à dose zero do fertilizante (coeficiente “a” da equação de regressão). Quando foram empregadas funções de correlação polinomiais de segundo grau, utilizou-se a técnica de derivação das funções para a obtenção do valor de rendimento máximo a ser empregado.

4.10 Calibração.

A curva de calibração foi obtida pela relação entre os valores de fósforo e potássio no solo determinados pelo método Mehlich⁻¹ e os valores de rendimento relativo calculado pela equação (1).

A escolha da função a ser utilizada no ajuste dos dados da calibração foi feita pelo programa de computação “TABLE CURVE 2D v 5”, que classificou as mesmas pelo valor

de r^2 . A equação selecionada (2) foi à forma exponencial da equação de Mitscherlich que melhor se ajustou aos dados, a equação foi forçada a alcançar o rendimento relativo de 100%.

$$(2) \quad y = A (1-10^{-bx})$$

(y) representa o rendimento relativo (RR);

(A) representa a produtividade máxima;

(b) é o coeficiente de eficácia do elemento;

(x) é a quantidade de nutriente em kg ha^{-1} .

Foi definido como teor crítico o valor do nutriente no solo para a probabilidade de aproximadamente 90% do rendimento máximo, como foi definido nos Programas de Adubação no RS e SC (Mielniczuk et al. 1969a, b; Universidade..., 1973; Tabelas..., 1976; Manual..., 1981; Siqueira et al., 1987; Comissão..., 1989, 1995, 2004).

O nível crítico foi ajustado para adequar classes de teores equidistantes, denominadas muito baixo, baixo e médio (teor crítico). Acima do teor crítico também foram estabelecidas duas classes de fertilidade, onde o teor crítico foi multiplicado por dois obtendo-se o limite entre as duas faixas, denominadas alto e muito alto, conforme proposto por Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2004.

Foram determinadas doses de fertilizantes fósforo ($\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) e potássio ($\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$) para a correção do teor de P e K no solo. As doses de correção são calculadas para atingir valores acima do teor crítico em três cultivos.

A quantificação da dose de P_2O_5 e K_2O para as faixas de fertilidade, muito baixo, baixo e médio, foi obtida multiplicando-se a quantidade necessária para elevar o teor em 1 mg dm^{-3} no solo pela diferença entre o valor do teor crítico e o valor da faixa de fertilidade em estudo (Comissão, 2004). Este valor foi dividido por três cultivos, sendo que, se aplicará 50%, 30% e 20% do total no primeiro, segundo e terceiro cultivos, respectivamente.

A diferença entre o valor do elemento no teor crítico e o valor original de cada solo representa o aumento da fertilidade proporcionado pela adição do fertilizante. Assim, foi possível elaborar uma tabela de recomendações com base nos valores em kg ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O necessários para elevar o teor em 1 mg dm^{-3} no solo, até atingir o teor crítico.

4.11 Recomendação de fertilizantes.

Para estimativa do poder tampão do solo ao fósforo e potássio, elaborou-se as equações de resposta no solo às aplicações de P e K, onde foi utilizada a quantidade acumulada de fósforo e potássio aplicada pelos teores encontrados no solo, desta forma foi obtido o fator “b” das equações lineares que corresponde aos mg dm^{-3} elevados por kg ha^{-1} de P_2O_5 e K_2O aplicado. O cálculo para obter a quantidade de kg de P_2O_5 e K_2O necessários para elevar um mg dm^{-3} de P e K no solo, foi realizado através de regra de três simples.

Doses de reposição são iguais às quantidades exportadas pelos grãos na referente cultura, segundo dados da literatura.

O método de laboratório escolhido foi o Mehlich¹ e o procedimento utilizado descrito em Tedesco et al. (1995).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Produtividade das culturas em função das doses de fósforo e potássio.

Neste ponto será apresentada uma análise geral dos resultados de rendimento de grãos das culturas de trigo, milho e soja, influenciados por doses de fósforo e potássio cultivados sob sistema de plantio direto, que foram obtidos na primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005 e Wendling, 2005), que abrange desde o início da instalação dos experimentos e as primeiras safras que foram realizadas, isto é, as safras de inverno trigo de 2003, a safra de verão soja e milho 2003/2004, e a de inverno, trigo de 2004. E logo após serão apresentados os resultados que se obtiveram na segunda etapa do projeto, que seriam as safras de verão, soja e milho de 2004/2005, inverno trigo de 2005 e verão soja e milho de 2005/2006. Sempre lembrando que nem todos os experimentos tiveram as mesmas safras, isto é, as safras que foram conduzidas na primeira etapa do projeto foram: safra de trigo 2003(experimentos M1 e I1), safra de milho 2003/2004 (experimentos M1, M2, I1, I2, AP2 e PJC), safra de soja 2003/2004 (experimentos M1, M2, I1, I2, AP1, AP2 e PJC), safra de trigo 2004 (experimentos M1, I1, I2, AP1, AP2 e PJC), e na segunda etapa do projeto as safras conduzidas foram: safra de milho 2004/2005 (experimentos I2 e PJC), safra de soja 2004/2005 (experimentos AP1, I2 e PJC), safra de trigo 2005 (experimentos M1, AP2 e I2), safra de milho 2005/2006 (experimentos AP2, I2 e PJC) e a safra de soja 2005/2006 (experimentos AP2, I2 e PJC).

FÓSFORO

Primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005)

Com os resultados obtidos foram calculados os rendimentos relativos das culturas, que em seguida foi utilizado para a calibração dos valores de fósforo determinados com o método Mehlich¹.

Posteriormente as obtenções das curvas de calibrações para cada experimento, os solos foram agrupados em duas classes texturais, o solo Classe 1, de 410 a 600 g kg⁻¹ de argila e o outro solo, a Classe 2, de 210 a 400 g kg⁻¹ de argila, para determinação do teor crítico. Considerando o mesmo, em seguida foram determinadas matematicamente as faixas de fertilidade do fósforo no solo para as culturas de soja, milho e trigo dos solos em estudo.

5.2 Produtividade do trigo, na safra 2003 em função das doses de fósforo.

Uma grande diferença nas produtividades de trigo foi verificada nos experimentos M1 e I1 (Figura 3), embora ambos apresentassem uma baixa resposta à aplicação de fósforo.

TABELA 3. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do trigo nos experimentos M1e I1, em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto.

Expto	Dose criação P_2O_5	Fósforo no solo	Faixas fertilidade	Equação	R R	Dose ME T*	Prod. MET *	Dose MEE **	Prod. MET **
--kg ha ⁻¹ --	--mg dm ⁻³ --				---%---	----- kg ha ⁻¹ -----			
M 1	0	11,9	Médio	$Y = 1457 + 1,1289 P - 0,006 P^2$	93	99	1563	0	1407
I 1	0	12,7	Alto	$Y = 3602 + 2,6686 P - 0,008 P^2$	94	167	3825	0	3442

RR= rendimento relativo *Máxima eficiência técnica ** Máxima eficiência econômica

Observa-se uma diferença na produtividade de grãos de trigo entre os experimentos I1 e M1, tal diferença está em torno de 2000 kg ha⁻¹, o qual pode ser atribuída à diferença de manejo do solo dos experimentos. Considerando que no experimento I1 o sistema sob plantio direto já vem sendo utilizado há vários anos, isto é, com rotação de culturas e utilização de plantas de cobertura, já no caso do experimento M1 o manejo se resume numa monocultura trigo-soja. Podemos salientar também que na região do experimento M1 foi verificado um período de déficit hídrico, considerando que, a aplicação de fósforo foi superficial, o qual é possível uma menor absorção do mesmo.

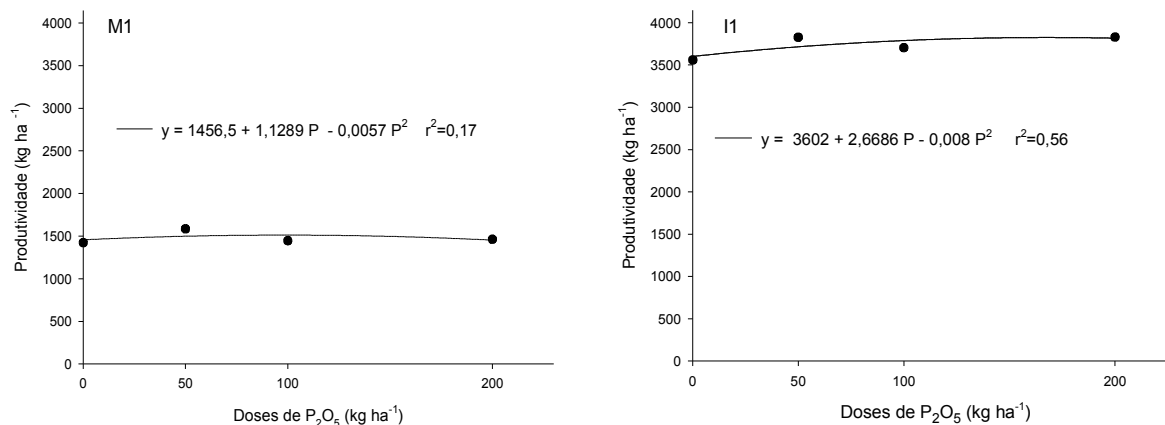


FIGURA 3. Produtividade de grãos de trigo, na safra 2003 dos experimentos M1 e I1 em função das doses de fósforo adicionadas ao solo.

O experimento I1 não apresentou uma resposta significativa da cultura, o qual pode ser atribuído, que o mesmo, já apresentava uma condição inicial de fertilidade num nível alto (Tabela 3). Mas considerando o experimento M1 com um teor inicial num nível médio de fertilidade, era de se esperar uma resposta mais significativa da cultura, o qual não aconteceu possivelmente por fatores como efeito residual de adubação e também as condições climáticas que não deixaram que o mesmo desenvolvesse-se o potencial esperado de rendimento.

Salientando que neste ano, isto é, nesta safra só foi possível conduzir apenas dois experimentos com a cultura do trigo, que neste caso limitou a interpretação dos resultados.

5.3 Produtividade do milho, na safra 2003/2004 em função das doses de fósforo.

Nesta safra foram conduzidos seis experimentos em diferentes locais (M1, M2, I1, I2, AP2 e PJC1) onde os mesmos possibilitaram a melhor interpretação dos resultados neles obtidos. Observando esses experimentos foi verificada uma resposta à aplicação de fósforo, exceto no experimento de I1.

Nas Tabelas 4 a 6 estão apresentadas as equações de regressão polinomial de resposta da cultura do milho à adição de fertilizantes. Onde foi utilizado o rendimento médio dos tratamentos nas avaliações de regressão.

Observou-se que nos experimentos M1 e M2 a resposta à aplicação de fósforo foi baixa (Tabela 4) nos níveis criados com 100 e 200 kg de P_2O_5 adicionados anteriormente

com rendimento relativo superiores a 90% onde as mesmas se enquadram numa classe alta de fertilidade (Tabela 4). O mesmo comportamento foi verificado no experimento I1, com faixas de fertilidade alta (Tabela 5) em todos os níveis criados. Embora o mesmo não foi observado resposta à adubação fosfatada, até mesmo no nível 0 com um rendimento relativo de 100%. Cabe salientar neste caso, que a baixa resposta da cultura do milho nestes experimentos é atribuída em parte, a seca, isto é, ao déficit hídrico que os mesmos sofreram durante a safra, também ao histórico de manejo do solo e as adubações utilizadas no qual o mesmo influenciou na escolha da função para os ajustes dos dados, considerando que a resposta à aplicação de fósforo, em alguns casos, foi linear.

No caso dos experimentos de I2 e PJC (Tabela 6), foi verificada uma resposta à aplicação de fósforo, com 68% de rendimento relativo para os dois experimentos. Já no experimento AP2 observou-se uma baixa resposta.

Considerando as parcelas testemunhas, isto é, o nível 0, os mesmos apresentaram um incremento em média de 11,5 kg ha⁻¹ de grãos para cada kg de P₂O₅ adicionado ao solo. Porém, considerando todas as doses de criação estudadas, esse incremento em média foi de 4,74 kg ha⁻¹ de grãos para cada kg de P₂O₅ adicionado ao solo.

TABELA 4. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2003/2004 nos experimentos M1 e M2, em função das doses de P₂O₅ aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P ₂ O ₅	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r ²	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	-kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---			---%---		----- kg ha ⁻¹ -----			
M1	0	11,3	Médio	Y= 3836 + 26,36 P - 0,138 P ²	0,90	75	95	5112	86	4601
	50	13,8	Médio	Y= 3893 + 22,37 P - 0,127 P ²	0,95	80	88	4875	84	4388
	100	14,4	Alto	Y= 4693 - 0,229 P	0,85	100	0	4693	0	4224
	200	20,5	Alto	Y= 4938 - 3,58 P	0,84	100	0	4938	0	4444
M2	0	8,0	Baixo	Y= 2947 + 23,01 P - 0,090 P ²	1,00	67	120	4410	93	3969
	50	7,8	Baixo	Y= 4223 + 13,41 P - 0,061 P ²	0,84	85	110	4961	104	4465
	100	10,2	Médio	Y= 4190 - 2,85 P	0,46	92	120	4532	0	4079
	200	13,5	Alto	Y= 4763 - 4,984 P - 0,051 P ²	0,72	97	49	4885	0	4396

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

TABELA 5. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2003/2004 no experimento II em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P_2O_5	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r^2	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	--kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---				---%---	----- kg ha ⁻¹ -----			
II	0	12,1	Alto	Y= 5999 - 10,05 P	0,95	100	0	5999	0	5399
	50	15,0	Alto	Y= 5933 - 5,33 P	0,23	100	0	5932	0	5339
	100	16,8	Alto	Y= 6046 - 7,96 P	0,47	100	0	6046	0	5441
	200	21,0	Alto	Y= 6555 - 8,64 P	0,65	100	0	6555	0	5900

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

TABELA 6. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2003/2004 nos experimentos I2, AP2 e PJC, em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P_2O_5	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r^2	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	--kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---				---%---	----- kg ha ⁻¹ -----			
I2	0	3,5	Muito Baixo	$Y = 3344 + 12,10 P - 0,023 P^2$	0,95	68	262	4928	158	4435
AP2	0	7,9	Baixo	$Y = 8572 + 8,00 P - 0,012 P^2$	0,96	87	323	9864	290	8878
PJC	0	5,2	Baixo	$Y = 3409 + 9,55 P - 0,014 P^2$	0,97	68	336	5013	197	4512

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

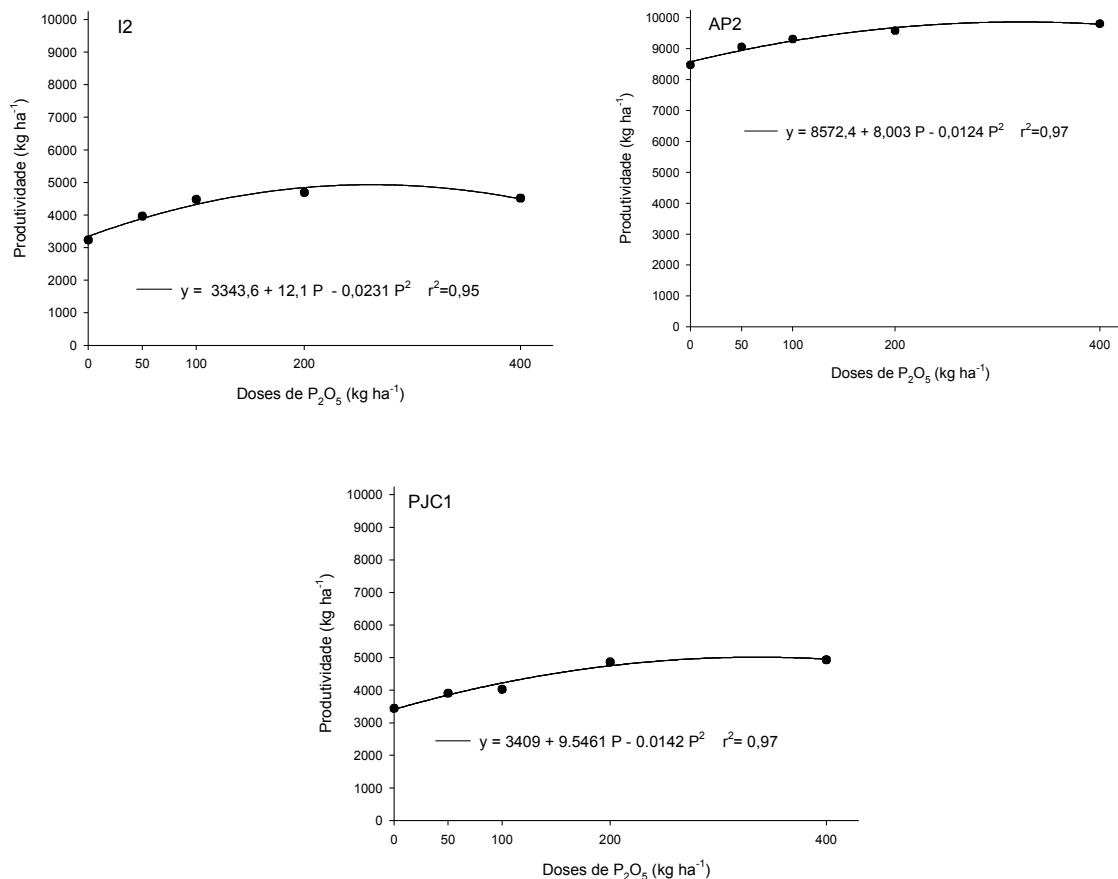


FIGURA 4. Produtividade de grãos de milho, na safra 2003/2004 nos experimentos I2, AP2 e PJC1.

Na Figura 4 no experimento de AP2 foi verificada uma produtividade alta na parcela testemunha de 8.572 kg ha⁻¹, onde o mesmo demonstra o potencial de rendimento do milho nesta região, com solos de elevado potencial produtivo, o qual é atribuído às boas condições físicas e biológicas dos mesmos.

Considerando que neste estudo as aplicações de fertilizantes foram realizadas a lanço, acredita-se que estas aplicações poderiam ser afetadas, em especial nos solos dos experimentos I2 e PJC, atribuído à ocorrência de déficit hídrico nestes experimentos, o que pode ter desfavorecido ainda mais a adsorção do fósforo pelas plantas.

5.4 Produtividade da soja, na safra 2003/2004 em função das doses de fósforo.

Nesta safra foram conduzidos sete experimentos em diferentes locais com a cultura da soja, os experimentos M1, M2, I1, I2, AP1, AP2 e PJC, destacando que, com isto, se teve

um aumento na base de dados o qual facilitou a interpretação dos resultados obtidos neste estudo.

Nos diferentes experimentos estudados foi observada uma resposta à aplicação de fertilizantes fosfatada, exceto no experimento de I1 (Tabelas 7 a 9)

Nas Tabelas 7 a 9 estão apresentadas as equações de regressão polinomial de resposta da cultura do milho à adição de fertilizantes. Onde foi utilizado o rendimento médio dos tratamentos nas avaliações de regressão.

No experimento M1 observou-se que não apresentou resposta a aplicação de fósforo (Tabela 7) nos níveis criados com 100 e 200 kg de P_2O_5 adicionados anteriormente com rendimento relativo superiores a 99% onde as mesmas se enquadram numa classe alta de fertilidade. O mesmo comportamento foi verificado no experimento I1, com faixas de fertilidade alta (Tabela 8) em todos os níveis criados. Embora o mesmo não foi observado resposta à adubação fosfatada, até mesmo no nível 0 com um rendimento relativo de 93% desta forma evidenciando que se tem baixa probabilidade de resposta da culturas em faixas altas de fertilidade.

No caso dos experimentos de I2, AP1, AP2 e PJC (Tabela 9) foi verificado uma resposta à aplicação de fósforo, com 60, 66, 77 e 68% de rendimento relativo respectivamente.

Considerando as parcelas testemunhas, isto é, o nível 0, os mesmos apresentaram um incremento em média de 8,5 kg ha⁻¹ de grãos para cada kg de P_2O_5 adicionado ao solo. Porém, considerando todas as doses de criação estudadas, esse incremento em média foi de 5,4 kg ha⁻¹ de grãos para cada kg de P_2O_5 adicionado ao solo.

TABELA 7. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica da soja, na safra 2003/2004 nos experimentos M1 e M2, em função das doses de P₂O₅ aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P ₂ O ₅	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r ²	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	--kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---				---%---	----- kg ha ⁻¹ -----			
M1	0	12,0	Médio	Y= 1908 + 11,35 P - 0,082 P ²	0,53	83	69	2300	64	2070
	50	14,6	Médio	Y= 2083 + 5,76 P - 0,025 P ²	0,33	86	115	2414	104	2172
	100	16,1	Alto	Y= 2355 + 2,75 P - 0,006 P ²	0,01	99	56	2371	0	2134
	200	21,6	Alto	Y= 2597 - 4,98 P - 0,012 P ²	0,75	100	0	2597	0	2337
M2	0	5,9	Baixo	Y= 1326 + 6,58 P	0,90	63	120	2116	108	1905
	50	8,1	Baixo	Y= 1547 + 4,63 P	0,90	74	120	2103	108	1893
	100	9,5	Baixo	Y= 1749 + 10,31 P - 0,057 P ²	0,80	79	90	2212	72	1991
	200	10,6	Médio	Y= 1892 + 3,33 P	0,97	83	120	2292	108	2063

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

TABELA 8. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima da soja, na safra 2003/2004 no experimento I1 em função das doses de P₂O₅ aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P ₂ O ₅	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r ²	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	--kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---			---	---	----- kg ha ⁻¹ -----			
I1	0	12,8	Alto	Y= 2996 + 9,67 P - 0,110 P ²	0,99	93	44	3.207	0	2.887
	50	15,4	Alto	Y= 3402 + 1,31 P - 0,05 P ²	0,95	100	13	3.411	0	3.070
	100	16,3	Alto	Y= 2979 + 7,21 P - 0,083 P ²	0,73	95	43	3.136	0	2.822
	200	23,8	Alto	Y= 3211 - 3,44 P	0,56	100	0	2.797	0	2.517

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

TABELA 9. Faixas de fertilidade, dose e produtividade máxima da soja, na safra 2003/2004 no experimento I2, AP1, AP2 e PJC, em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P_2O_5	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r^2	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	--kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---				---%---		----- kg ha ⁻¹ -----		
I2	0	3,5	Muito Baixo	$Y = 3344 + 12,10 P - 0,023 P^2$	0,95	68	231	2077	122	1869
AP1	0	7,6	Baixo	$Y = 2742 + 10,56 P - 0,020 P^2$	0,82	66	269	4165	156	3749
AP2	0	7,9	Baixo	$Y = 3518 + 8,15 P - 0,016 P^2$	0,90	77	260	4577	179	4119
PJC	0	5,2	Baixo	$Y = 1761 + 5,93 P - 0,011 P^2$	0,89	68	277	2588	160	2330

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

Na Figura 5 podemos observar que a resposta da cultura da soja a aplicação de fósforo foi diferente nos distintos experimentos, onde nos experimentos de I2 e PJC foi verificada uma produtividade baixa, com aproximadamente 2000 kg ha⁻¹ quando comparada com os experimentos de AP1 e 2. Isto pode ser atribuído às diferenças de manejo do solo e do histórico das áreas, além de que o potencial produtivo para a soja é superior nas áreas nos experimentos de AP1 e AP2.

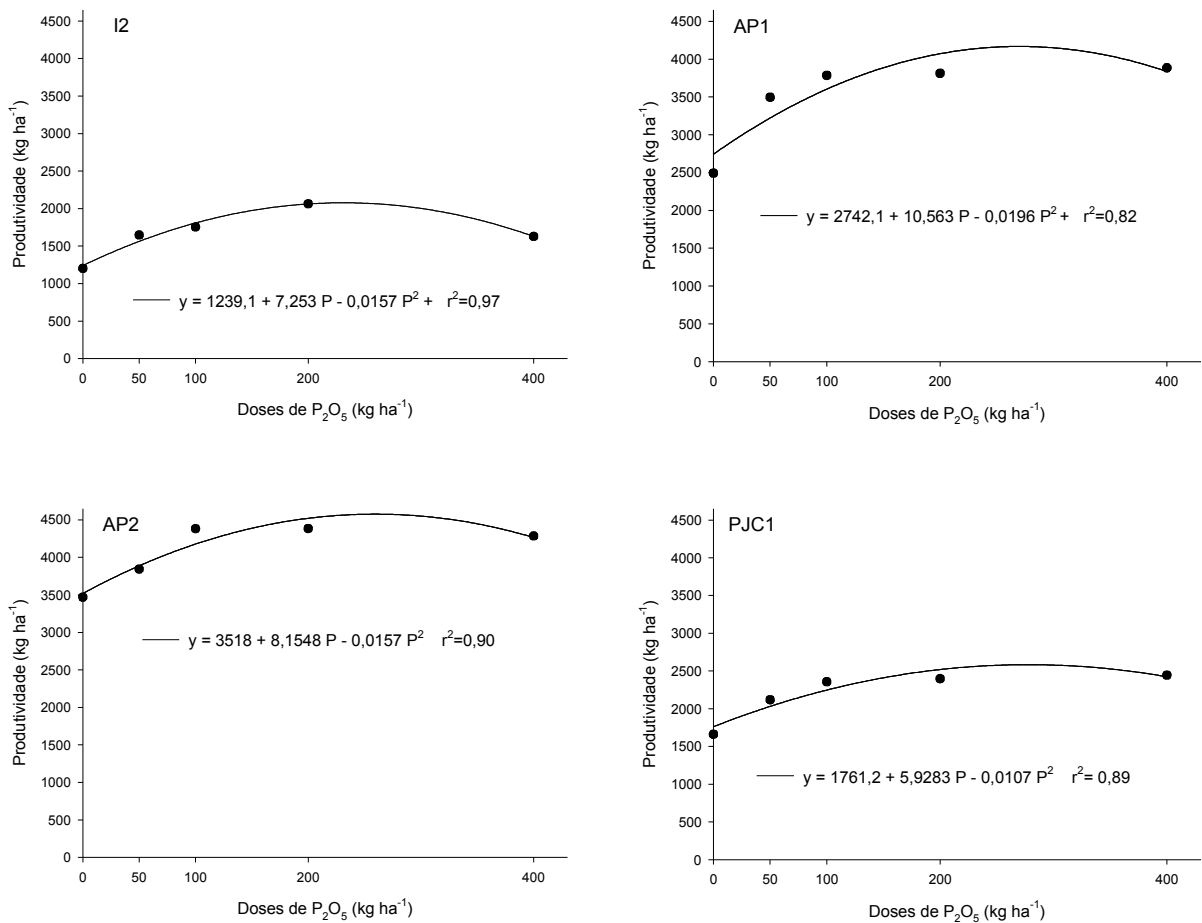


FIGURA 5. Produtividade de grãos de soja, na safra 2003/2004 em função das doses de fósforo adicionadas nos experimentos I2, AP1, AP2 e PJC.

5.5 Produtividade de trigo após milho e soja, na safra 2004 em função das doses de fósforo.

Na Tabela 10 estão apresentadas as equações de regressão polinomial de resposta da cultura do trigo à adição de fósforo, e foi utilizado o rendimento médio dos tratamentos nas avaliações de regressão.

TABELA 10. Equação de regressão polinomial, coeficiente de correlação e rendimento relativo de trigo após milho e soja, na safra 2004 em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Cultura anterior	Doses criação P_2O_5	Equação	r^2	Rendimento Relativo
----- Trigo safra 2004 -----					-----%-----
M1	Após milho	0	$Y = 1672 + 4,85 P - 0,016 P^2$	0,92	83
M1	Após milho	50	$Y = 1746 + 7,17 P - 0,039 P^2$	0,78	84
M1	Após milho	100	$Y = 2040 + 2,58 P - 0,032 P^2$	0,92	97
M1	Após milho	200	$Y = 1791 + 8,35 P - 0,071 P^2$	0,56	88
M1	Após milho	400	$Y = 1638 + 8,13 P - 0,065 P^2$	0,80	87
M1	Após soja	0	$Y = 1867 + 5,55 P - 0,031 P^2$	0,75	88
M1	Após soja	50	$Y = 1985 + 1,69 P$	0,15	91
M1	Após soja	100	$Y = 2210 + 2,27 P$	0,76	100
M1	Após soja	200	$Y = 2159 + 1,15 P - 0,028 P^2$	0,26	99
M1	Após soja	400	$Y = 2202 + 3,48 P$	0,50	100
I1	Após milho	0	$Y = 1735 + 6,83 P - 0,049 P^2$	0,99	88
I1	Após milho	50	$Y = 1790 + 1,18 P$	0,91	93
I1	Após milho	100	$Y = 1743 + 3,88 P - 0,018 P^2$	0,90	89
I1	Após milho	200	$Y = 1714 + 2,25 P$	0,84	86
I1	Após milho	400	$Y = 1611 + 1,07 P$	0,42	93
I1	Após soja	0	$Y = 2496 + 13,42 P - 0,121 P^2$	0,94	87
I1	Após soja	50	$Y = 2438 + 9,44 P - 0,084 P^2$	0,52	90
I1	Após soja	100	$Y = 2740 + 6,25 P - 0,079 P^2$	0,86	96
I1	Após soja	200	$Y = 2717 + 3,68 P - 0,045 P^2$	0,94	97
I1	Após soja	400	$Y = 2464 + 8,33 P - 0,086 P^2$	0,73	92

Continua ...

Experimento	Cultura anterior	Doses criação	Equação	r ²	Rendimento Relativo
		P ₂ O ₅			
		----kg ha ⁻¹ ----	-----Trigo safra 2004 -----	----%----	
I2	Após milho	0	Y= 1790 + 12,28 P - 0,027 P ²	0,99	62
I2	Após milho	50	Y= 2180 + 16,29 P - 0,066 P ²	1,00	68
I2	Após milho	100	Y= 2623 + 5,91 P - 0,023 P ²	0,70	87
I2	Após milho	200	Y= 2757 + 2,11 P	0,84	92
I2	Após milho	400	Y= 3026 + 1,03 P	0,26	96
I2	Após soja	0	Y= 1986 + 8,58 P	0,97	66
I2	Após soja	50	Y= 2305 + 6,91 P	0,99	74
I2	Após soja	100	Y= 2620 + 4,17 P	0,97	84
I2	Após soja	200	Y= 2872 + 1,07 P - 0,049 P ²	0,70	100
I2	Após soja	400	Y= 2910 - 2,41 P	0,13	100
AP1	Após soja	0	Y= 1163 + 20,09 P - 0,136 P ²	0,81	61
AP1	Após soja	50	Y= 1359 + 3,43 P	0,97	77
AP1	Após soja	100	Y= 1736 + 5,83 P - 0,033 P ²	0,99	85
AP1	Após soja	200	Y= 1833 + 1,01 P - 0,005 P ²	0,90	97
AP1	Após soja	400	Y= 1784 - 1,04 P	0,36	100
AP2	Após milho	0	Y= 2105 + 5,99 P	1,00	75
AP2	Após milho	50	Y= 2284 + 5,19 P	1,00	79
AP2	Após milho	100	Y= 2661 - 0,24 P	0,11	100
AP2	Após milho	200	Y= 2741 - 0,27 P	0,05	100
AP2	Após milho	400	Y= 2816 - 0,17 P	0,93	100
AP2	Após soja	0	Y= 2172 + 4,73 P	0,99	79
AP2	Após soja	50	Y= 2503 + 2,81 P	0,91	88
AP2	Após soja	100	Y= 2765 + 0,23 P	0,01	99
AP2	Após soja	200	Y= 2914 - 1,52 P	0,59	100
AP2	Após soja	400	Y= 2700 - 1,07 P	0,05	100
PJC	Após milho	0	Y= 406 + 4,67 P - 0,013 P ²	1,00	52
PJC	Após milho	50	Y= 407 + 6,66 P - 0,034 P ²	1,00	56
PJC	Após milho	100	Y= 598 + 1,15 P	0,51	81
PJC	Após milho	200	Y= 735 + 0,91 P - 0,003 P ²	0,94	92
PJC	Após milho	400	Y= 786 - 0,79 P - 0,001 P ²	0,10	91
PJC	Após soja	0	Y= 541 + 1,67 P	0,98	73
PJC	Após soja	50	Y= 603 + 1,24 P	0,93	80
PJC	Após soja	100	Y= 716 + 1,48 P	0,75	80
PJC	Após soja	200	Y= 854 + 0,49 P	0,10	94
PJC	Após soja	400	Y= 999 - 1,63 P	0,77	100
Média	Geral	Todos	Y= 1891 + 4,05 P - 0,049 P²	0,67	74
Média	Após milho	0	Y= 1542 + 6,90 P - 0,026 P²	0,74	72
Média	Após soja	0	Y= 1704 + 9,01 P - 0,096 P²	0,67	76
Média	Geral	0	Y= 1623 + 7,95 P - 0,049 P²	0,67	74

A equação linear foi ajustada na maioria dos dados obtidos das curvas de resposta da cultura do trigo à aplicação das diferentes doses de P_2O_5 , embora, as equações polinomiais, tanto lineares e quadráticas, foram as que melhor se ajustaram.

Considerando a cultura do trigo após milho verificou-se que se teve menor resposta à aplicação de fósforo, com um aumento médio de 6,9 kg de grãos para cada kg de P_2O_5 aplicado ao solo, acompanhado pela cultura do trigo após soja que apresenta um aumento médio de 9,0 kg de grãos para cada kg de P_2O_5 aplicados ao solo. Resultado este que pode ser atribuído ao efeito de sinergismo da rotação leguminosa/gramínea em relação à sucessão gramínea/gramínea.

O aumento médio do trigo nas parcelas testemunhas foi de 7,95 kg ha⁻¹ para cada kg de P_2O_5 aplicado ao solo, embora, para os diferentes tratamentos em estudo, observou-se um aumento médio de 4,05 kg ha⁻¹ de grãos para cada kg de P_2O_5 aplicado ao solo.

Foi verificada uma variabilidade nos rendimentos, quando comparadas às produtividades das culturas de soja, trigo e milho, considerando tanto a ausência do fertilizante estudado que neste caso seria o coeficiente de regressão “a”, como quando considerado o aumento do rendimento por kg do fertilizante adicionado que aqui seria o coeficiente de regressão “b”. Este comportamento pode ser atribuído às diferenças que existem nas características tanto químicas como mineralógicas dos solos, assim como, a eficiência de utilização do fertilizante aplicado, ao clima e ao histórico de manejo das áreas. Neste sentido também podemos mencionar outros fatores as quais podem ser atribuídos estes resultados, onde temos o modo de aplicação e as quantidades aplicadas que tem influência ao efeito residual do fósforo (Scholles et al., 1978; Yost et al., 1979; Rodrigues et al., 1985). Portanto, quando aplicado o fósforo a uma cultura a mesma continua beneficiando-as nos anos subseqüentes, geralmente chamado como efeito residual do fósforo, onde o mesmo pode ser tanto maior quanto maior for à quantidade de fósforo aplicado. Lembrando sempre que este efeito residual é maior logo após a aplicação e depois vai diminuindo com o tempo.

Podemos observar uma baixa resposta a aplicação de fertilizantes nos níveis de fertilidade criados com 100, 200, e 400 kg de P_2O_5 nos experimentos conduzidos, onde que os mesmos se enquadram na classe alta e muito alta de fertilidade, o que evidencia o elevado efeito residual do fósforo.

Esta baixa resposta que foi observada em alguns experimentos pode ser atribuída, ao déficit hídrico sofrido durante a safra, ao histórico do manejo do solo e da aplicação de

fósforo utilizados nas áreas, a forma de aplicação dos tratamentos e aos níveis de fertilidade originais. Este fato teve influência na hora de escolher a função para o ajuste dos dados obtidos, já que a resposta à aplicação do fósforo, na maioria dos casos, foi linear.

Fazendo uma análise geral dos mesmos, foi verificado que a cultura do trigo foi a que apresentou menor resposta entre as culturas, onde temos que na média geral dos tratamentos em função das doses de fósforo aplicados, o trigo teve um incremento médio de 4,05 kg de grãos para cada kg de P_2O_5 aplicado (Tabela 10). No caso do milho, o mesmo apresentou resposta intermediária, isto é, um incremento de 4,74 kg de grãos para cada kg de P_2O_5 aplicado ao solo e a soja foi a que apresentou o maior incremento entre as culturas, com 5,40 kg de grãos para cada kg de P_2O_5 aplicado ao solo.

Fósforo segunda etapa do projeto

5.6 Produtividade da soja, na safra 2004/2005 em função das doses de fósforo na segunda etapa do projeto.

Aqui são apresentados os rendimentos de soja de três experimentos AP1, I2 e PJC, nas quais foram possível conduzir a safra da soja 2004/2005. Nestes experimentos foram aplicadas as doses de criação de níveis, mais duas doses de manutenção.

As equações de regressão polinomial de resposta da cultura da soja à adição de fertilizantes estão descritas na Tabela 11. Foram utilizados os rendimentos médios dos tratamentos nas avaliações de regressão.

O experimento AP1 apresentou resposta em função das doses de fósforo nos diferentes níveis criados Figura 6, isto é, considerando que no mesmo, já foram aplicados às doses com os níveis criados, mais duas doses de manutenção, e lembrando que este experimento tinha uma faixa inicial de fósforo considerado baixo de $7,6 \text{ mg dm}^{-3}$ este comportamento de resposta também foi verificado na primeira etapa do projeto. Lembrando aqui, que este experimento é o único que teve só o cultivo da soja no verão dentre todos os experimentos.

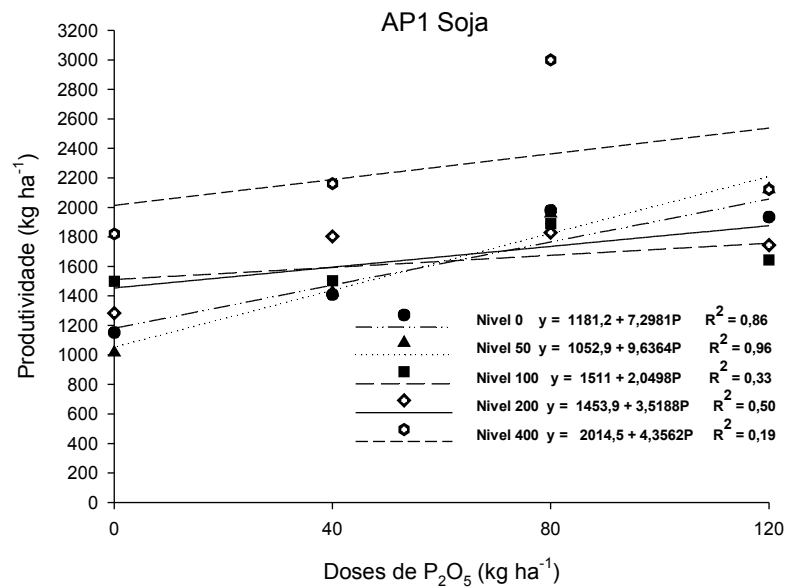


FIGURA 6. Produtividade de grãos de soja, na safra 2004/2005 no experimento AP1 em função das doses de fósforo.

No experimento I2 (Figura 7) houve resposta ao incremento de fósforo aplicado, nos níveis de 0, 100 e 200 kg ha⁻¹, sendo que no nível 400 não apresentou resposta, e no nível 50 a resposta foi muito baixa, em função das doses de fósforo. Comportamentos similares já foram verificados na primeira etapa do projeto, e lembrando também que no mesmo já foram aplicados os níveis de criação mais duas doses de manutenção. A resposta à adubação pode ser atribuída a que neste experimento a faixa inicial se encontrava no teor de muito baixo. Os RR (Tabela 11) foram de 55, 93, 75, 83 e 100%, correspondentes aos níveis de 0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de fósforo respectivamente.

No experimento PJC (Figura 8), observou-se que não apresentaram muita resposta à adubação fosfatada nos níveis de fertilidade criados 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ com RR de 94, 99, 100 e 100% respectivamente (Tabela 11), isto pode ser atribuído à adubação de fósforo que já foi adicionado neste experimento, e o único nível em apresentar resposta foi no nível 50 kg ha⁻¹ com um RR de 64,7%.

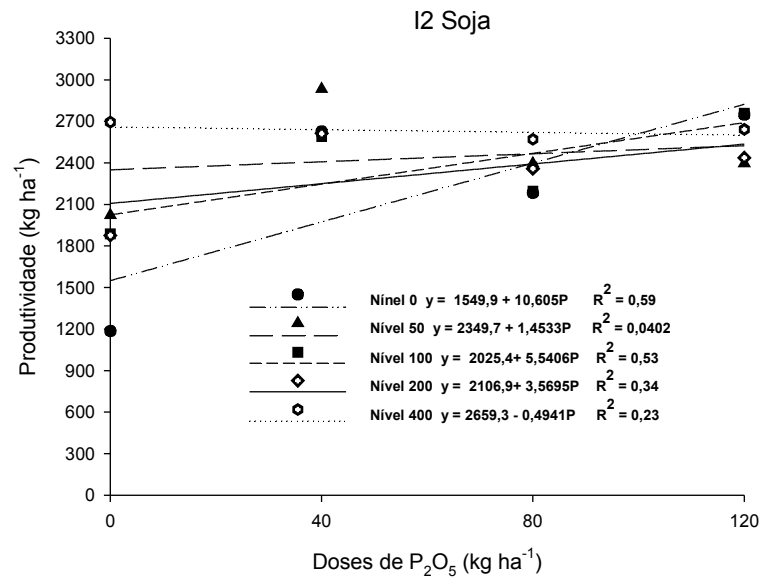


FIGURA 7. Produtividade de grãos de soja, na safra 2004/2005 no experimento I2 em função das doses de fósforo.

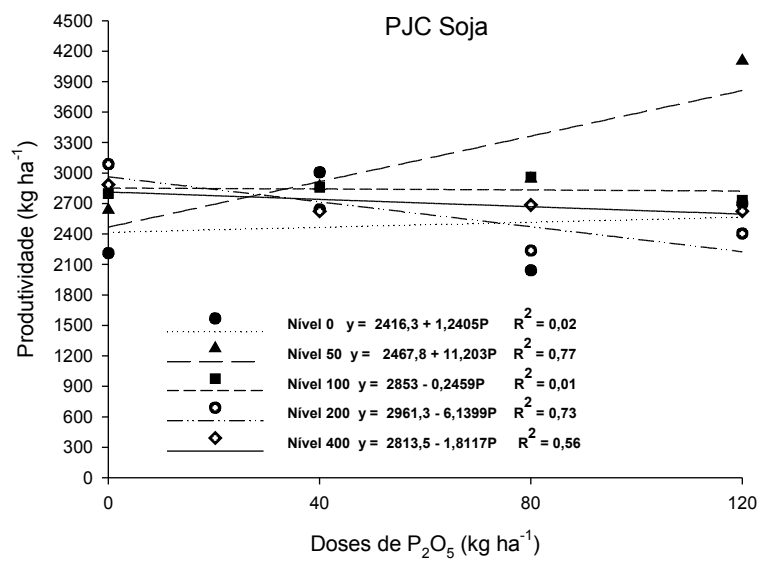


FIGURA 8. Produtividade de grãos de soja, na safra 2004/2005 no experimento PJC em função das doses de fósforo.

TABELA 11. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica da soja, na safra 2004/2005 nos experimentos AP1, I2 e PJC, em função das doses de P₂O₅ aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P ₂ O ₅	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r ²	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	--kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---				---%---	----- kg ha ⁻¹ -----			
AP1	0	7	Baixo	y = 1181,2 + 7,2981P	0,86	57	120	2057	0	1181,2
	50	11	Médio	y = 1052,9 + 9,6364P	0,96	48	120	2209	0	1052,9
	100	17,2	Alto	y = 1511 + 2,0498P	0,33	86	120	1557	0	1511
	200	18,8	Alto	y = 1453,9 + 3,5188P	0,50	77	120	1876	0	1453,9
	400	34,5	M Alto	y = 2014,5 + 4,3562P	0,19	79	120	2537	0	2014,5
I2	0	5,1	M baixo	y = 1549,9 + 10,605P	0,60	54,91	120	2823	0	1549,9
	50	6,5	baixo	y = 2349,7 + 1,4533P	0,04	93,09	120	2524	0	2349,7
	100	8,5	baixo	y = 2025,4 + 5,5406P	0,53	75,29	120	2690	0	2025,4
	200	12	médio	y = 2106,9 + 3,5695P	0,34	83,10	120	2535	0	2106,9
	400	17,1	alto	y = 2659,3 - 0,4941P	0,24	100	0	2600	0	2659,3
PJC	0	6,0	baixo	y = 2416,3 + 1,2405P	0,02	94,20	120	2565	0	2416,3
	50	6,8	baixo	y = 2467,8 + 11,203P	0,77	64,73	120	3812	0	2467,8
	100	8,6	médio	y = 2853 - 0,2459P	0,02	98,98	0	2883	0	2853
	200	10,8	médio	y = 2961,3 - 6,1399P	0,74	100,00	0	2225	0	2961,3
	400	16,1	alto	y = 2813,5 - 1,8117P	0,56	100,00	0	2596	0	2813,5

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

5.7 Produtividade do milho, na safra 2004/2005 em função das doses de fósforo na segunda etapa do projeto.

Aqui serão apresentados os rendimentos do milho de dois experimentos I2 e PJC, na safra 2004/2005. Nestes experimentos foram aplicadas as doses de criação de níveis, mais duas doses de manutenção.

As equações de regressão polinomial de resposta da cultura do milho à adição de fertilizantes estão descritas na Tabela 12. Foram utilizados os rendimentos médios dos tratamentos nas avaliações de regressão. Foi verificado que os dois experimentos tiveram resposta à adubação fosfatada.

No experimento de I2 (Figura 9) verifica-se uma resposta em quase todos os níveis criados nas diferentes doses de fósforo aplicado, embora as produtividades foram muito baixas, o que pode ser atribuído ao manejo do solo e histórico da área, bem como déficit hídrico, o mesmo comportamento já tinha sido observado na primeira etapa do projeto. Os rendimentos relativos deste experimento foram de 80, 100, 96, 91 e 63% nos diferentes níveis de 0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ respectivamente, onde a maior resposta foi verificada no nível 400 kg ha⁻¹.

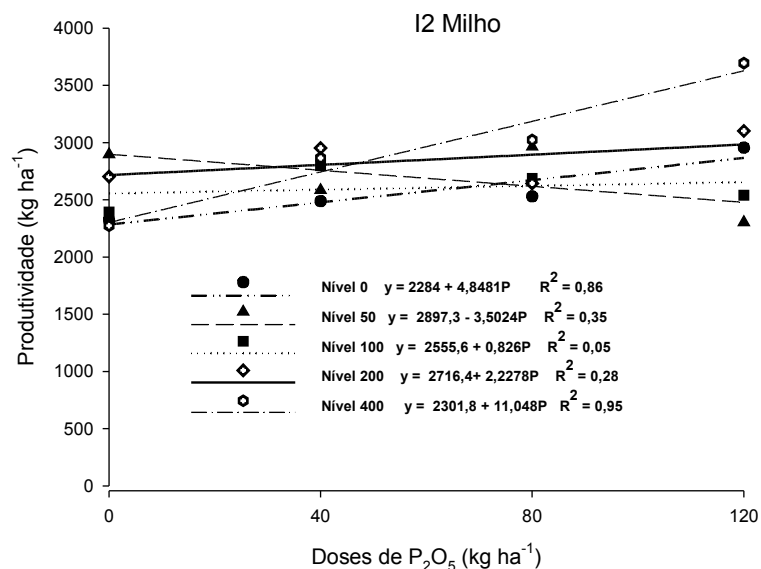


FIGURA 9. Produtividade de grãos de Milho, na safra 2004/2005 no experimento I2 em função das doses de fósforo.

No caso do experimento de PJC (Figura 10) também foi observada uma resposta às aplicações de fósforo, mas com uma diferença na produtividade porque apresenta valores bem maiores de rendimentos quando comparada com o experimento I2. A resposta só não foi obtida no nível 50 onde a adição de fertilizantes causou uma queda no rendimento, com um RR de 100% (Tabela 12), os demais RR foram de 86, 90, 76, 89 % para os níveis de 0, 100, 200 e 400 Kg ha⁻¹ respectivamente.

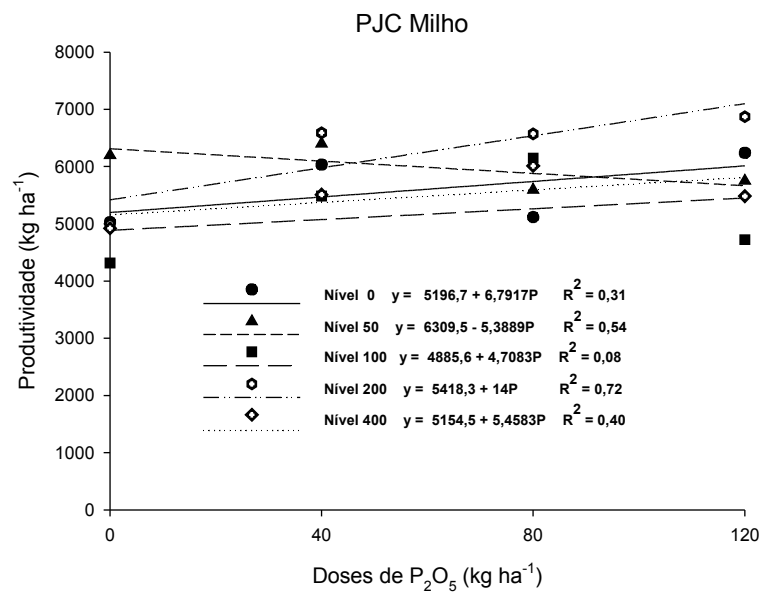


FIGURA 10. Produtividade de grãos de Milho, na safra 2004/2005 no experimento PJC em função das doses de fósforo.

TABELA 12. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2004/2005 nos experimentos I2 e PJC, em função das doses de P₂O₅ aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P ₂ O ₅	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r ²	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	--kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---			---	---	----- kg ha ⁻¹ -----			
I2	0	4,4	m. baixo	y = 2284 + 4,8481P	0,86	80	120	2866	0	2284
	50	6,9	baixo	y = 2897,3 - 3,5024P	0,35	100	0	2477	0	2897,3
	100	9,6	baixo	y = 2555,6 + 0,826P	0,06	96	120	2655	0	2555,6
	200	13,4	médio	y = 2716,4 + 2,2278P	0,29	91	120	2984	0	2716,4
	400	18,0	alto	y = 2301,8 + 11,048P	0,95	63	120	3628	0	2301,8
PJC	0	6,4	bixo	y = 5196,7 + 6,7917P	0,32	86	120	6012	0	5196,7
	50	7,0	baixo	y = 6309,5 - 5,3889P	0,55	100	0	5663	0	6309,5
	100	9,7	médio	y = 4885,6 + 4,7083P	0,09	90	120	5451	0	4885,6
	200	11,7	médio	y = 5418,3 + 14P	0,72	76	120	7098	0	5418,3
	400	15,6	alto	y = 5154,5 + 5,4583P	0,40	89	120	5809	0	5154,5

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

5.8 Produtividade do trigo, na safra 2005 em função das doses de fósforo na segunda etapa do projeto.

Aqui são apresentados os rendimentos de trigo de três experimentos I2, AP2 e M1, na qual foi possível conduzir a safra do trigo 2005. Nestes experimentos foram aplicadas as doses de criação, mais duas doses de manutenção e a aplicação específica na doses de 120 kg ha⁻¹ no nível 200.

As equações de regressão polinomial de resposta da cultura do trigo à adição de fertilizantes estão descritas na Tabela 13. Foram utilizados os rendimentos médios dos tratamentos nas avaliações de regressão.

Os experimentos com o trigo 2005 verificaram respostas à aplicação de fósforo, considerando que essas respostas foram bem distintas nos experimentos como pode ser observado na Tabela 13 onde se tem RR variando desde 60 % a 100%.

Esses comportamentos já foram verificados também nos resultados da primeira etapa do projeto, considerando sempre que cada um dos experimentos apresenta diferentes manejos e histórico das áreas.

TABELA 13. Equação de regressão polinomial, coeficiente de correlação e rendimento relativo do trigo, na safra 2005 após milho e soja em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Cultura anterior	Doses criação P_2O_5	Equação	r^2	Rendimento Relativo
----- Trigo safra 2005 -----					
					-----%-----
I2	Após milho	0	$y = 1381,8 + 6,8225P$	0,38	63
I2	Após milho	50	$y = 1856,2 + 1,964P$	0,59	89
I2	Após milho	100	$y = 1642 + 3,1123P$	0,28	81
I2	Após milho	200	$y = 1903,4 + 5,9774P$	0,87	73
I2	Após milho	400	$y = 2108,2 + 0,4485P$	0,01	98
I2	Após soja	0	$y = 1501 + 3,546P$	0,57	78
I2	Após soja	50	$y = 1283,4 + 3,626P$	0,23	75
I2	Após soja	100	$y = 1154,8 + 6,3074P$	0,74	60
I2	Após soja	200	$y = 1291,1 + 3,4181P$	0,95	76
I2	Após soja	400	$y = 1661,8 + 3,0404P$	0,24	82
M1	Após milho	0	$y = 1593,4 + 2,6681P$	0,52	83
M1	Após milho	50	$y = 1912 - 4,2662P$	0,78	100
M1	Após milho	100	$y = 1643,5 - 0,2074P$	0,00	100
M1	Após milho	200	$y = 1499,7 + 14,639P - 0,1171P^2$	0,86	77
M1	Após milho	400	$y = 1621 + 4,5591P$	0,53	75
M1	Após soja	0	$y = 1785 + 2,5755P$	0,31	85
M1	Após soja	50	$y = 1594,5 + 4,024P$	0,51	77
M1	Após soja	100	$y = 2217,1 - 2,4203P$	0,32	100
M1	Após soja	200	$y = 1766,9 + 0,3372P$	0,06	98
M1	Após soja	400	$y = 2009,2 + 3,0125P$	0,16	85
AP2	Após soja	0	$y = 1990,1 + 5,8367P$	0,64	74
AP2	Após soja	50	$y = 2237,4 + 20,185P - 0,1626P^2$	0,97	78
AP2	Após soja	100	$y = 2210 + 12,426P - 0,0751P^2$	0,94	81
AP2	Após soja	200	$y = 2348,7 + 3,8489P$	0,89	84
AP2	Após soja	400	$y = 2649,2 + 5,4031P - 0,0479P^2$	0,42	95

5.9 Produtividade da soja, na safra 2005/2006 em função das doses de fósforo na segunda etapa do projeto.

Nesta safra foram conduzidos três experimentos o AP2, I2 e PJC, considerando que cada safra realizada foi muito importante porque desta forma foi aumentando o banco de dados para melhor interpretação dos resultados do projeto em geral. Nestes experimentos foram aplicadas as doses de criação, mais uma dose de manutenção, e duas da aplicação específica na doses de 120 kg ha⁻¹ no nível 200.

Na maioria dos locais onde foram conduzidos os experimentos verificou-se resposta à adubação fosfatada (Tabela 14).

As equações de regressão polinomial de resposta da cultura do trigo à adição de fertilizantes estão descritas na Tabela 14. Foram utilizados os rendimentos médios dos tratamentos nas avaliações de regressão.

No experimento I2 (Figura 11) os diferentes níveis apresentaram respostas à adubação fosfatada, sendo que no nível 0 essa resposta foi a maior de todas, com um RR de 41% com uma MET de 3496 kg ha⁻¹, todos os outros níveis também apresentaram uma resposta, e só no caso do nível 400 que a resposta foi baixa com um RR 94%.

Na Figura 12 observa-se graficamente a resposta à adubação fosfatada no experimento PJC, no nível 0 teve um RR de 85% com uma MET de 4332 kg ha⁻¹ e uma MEE de 3673 kg ha⁻¹, os demais RR foram de 90, 72, 91 e 90% para os níveis 50, 100, 200 e 400 respectivamente (Tabela 14).

O experimento de AP2 (Figura 13 e Tabela 14) apresentou resposta à adubação fosfatada, e quando comparada com os experimentos I2 e PJC o mesmo apresenta maiores rendimentos de MET de 4367, 4504, 4494, 4794 e 4756 Kg ha⁻¹, com RR de 83, 81, 74, 84, e 97 % para cada nível em estudo. Esse mesmo comportamento já foi verificado também na primeira etapa do projeto para o AP2.

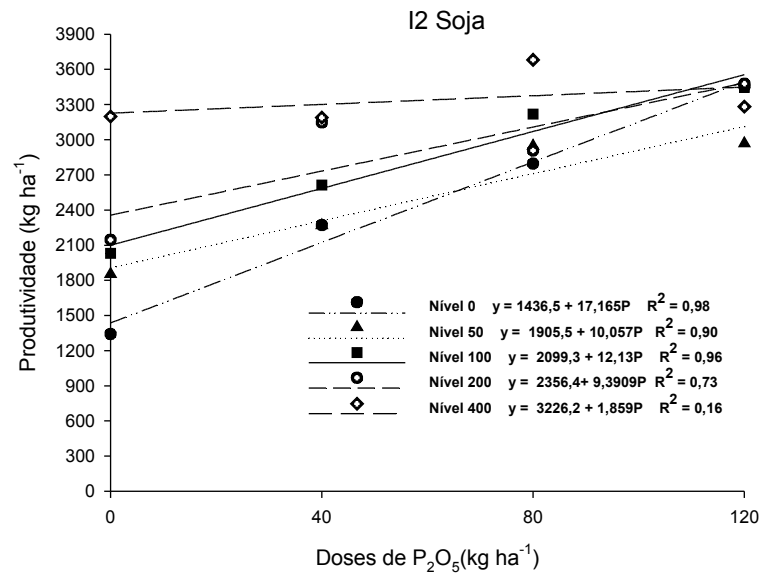


FIGURA 11. Produtividade de grãos de soja, na safra 2005/2006 no experimento I2 em função das doses de fósforo.

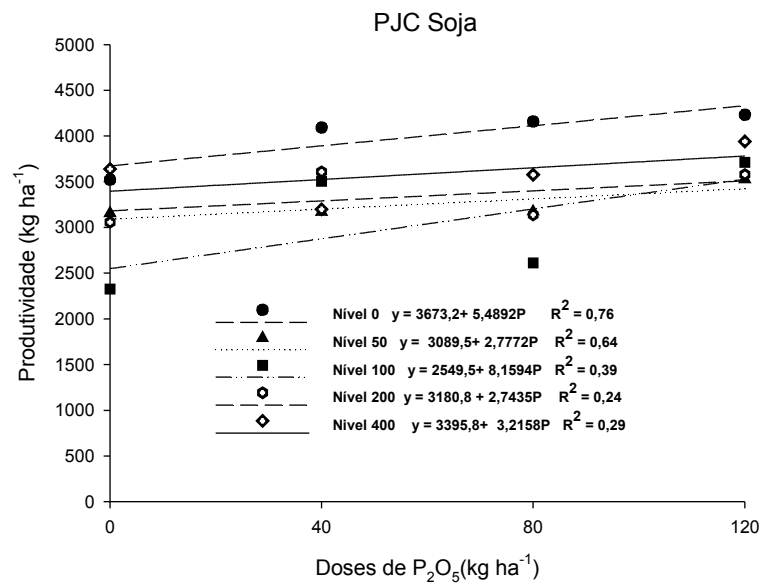


FIGURA 12. Produtividade de grãos de soja, na safra 2005/2006 no experimento PJC em função das doses de fósforo.

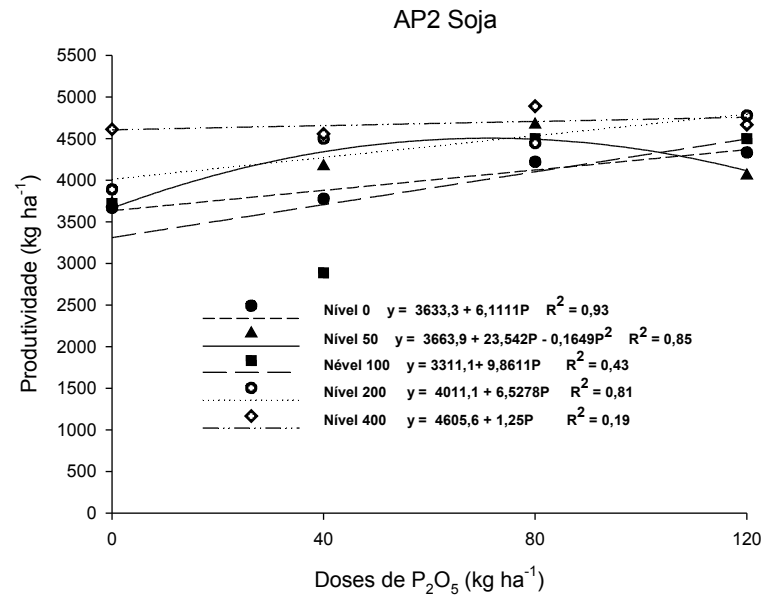


FIGURA 13. Produtividade de grãos de soja, na safra 2005/2006 no experimento AP2 em função das doses de fósforo.

TABELA 14. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica da soja, na safra 2005/2006 nos experimentos I2, PJC e AP2, em função das doses de P₂O₅ aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P ₂ O ₅	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r ²	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	--kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---				---%---	----- kg ha ⁻¹ -----			
I2	0	4,8	m baixo	y = 1436,5 + 17,165P	0,99	41	120	3496	0	1436,5
	50	5,6	baixo	y = 1905,5 + 10,057P	0,91	61	120	3112	0	1905,5
	100	5,5	baixo	y = 2099,3 + 12,13P	0,97	59	120	3555	0	2099,3
	200	11,8	médio	y = 2356,4 + 9,3909P	0,73	68	120	3483	0	2356,4
	400	18,3	alto	y = 3226,2 + 1,859P	0,17	94	120	3449	0	3226,2
PJC	0	10,87	médio	y = 3673,2 + 5,4892P	0,76	85	120	4332	0	3673
	50	13,67	alto	y = 3089,5 + 2,7772P	0,64	90	120	3423	0	3090
	100	18	alto	y = 2549,5 + 8,1594P	0,39	72	120	3529	0	2550
	200	9,467	médio	y = 3180,8 + 2,7435P	0,24	91	120	3510	0	3181
	400	21,33	alto	y = 3395,8 + 3,2158P	0,30	90	120	3782	0	3396
AP2	0	23,1	alto	y = 3633,3 + 6,1111P	0,93	83	120	4367	0	3633
	50	14,3	alto	y = 3663,9 + 23,542P - 0,1649P ²	0,85	81	71	4504	4054	3664
	100	17,2	alto	y = 3311,1 + 9,8611P	0,44	74	120	4494	0	3311
	200	22,9	alto	y = 4011,1 + 6,5278P	0,82	84	120	4794	0	4011
	400	35,6	m alto	y = 4605,6 + 1,25P	0,20	97	120	4756	0	4606

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

5.10 Produtividade do milho, na safra 2005/2006 em função das doses de fósforo na segunda etapa do projeto.

Nesta safra foram conduzidos três experimentos o AP2, I2 e PJC, nestes experimentos foram aplicadas às doses de criação, mais duas doses de manutenção, e mais duas da aplicação específica na dose de 120 kg ha⁻¹ no nível 200. As equações de regressão polinomial de resposta da cultura do trigo à adição de fertilizantes estão descritas na Tabela 15. Foram utilizados os rendimentos médios dos tratamentos nas avaliações de regressão.

No experimento I2 (Figura 14) foi verificado que em cada nível estudado obteve-se resposta à adubação fosfatada, com rendimentos na parcela testemunha, isto é, na MEE de 2908, 2768, 3196, 3342 e 3599 kg ha⁻¹ nos níveis 0, 50, 100, 200 e 400 respectivamente, o RR no nível 50 foi de 70%, sendo o que melhor respondeu à adubação fosfatada, quando que o nível 200 com um RR 95% foi o que menos respondeu.

Observa-se no experimento de PJC (Figura 15, Tabela 15) que a produção de grãos de milho na parcela testemunha aumentou de 3726 kg ha⁻¹ no nível 0, para 5373 kg ha⁻¹ no nível 400, sendo que a maior produção se obteve no nível 200 com uma produtividade de 7033 kg ha⁻¹ de milho. Este experimento quando comparado com o experimento I2, apresenta uma melhor produção de grãos em todos os níveis estudados, embora ambos os experimentos apresentem resposta à adubação fosfatada. O mesmo apresentou RR de 76, 93, 76, 89 e 84% nos níveis 0, 50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ respectivamente.

Quando comparamos o experimento AP2 (Tabela 15) com os experimentos de I2 e PJC observamos que o mesmo obteve a melhor produção de grãos de milho nos diferentes níveis em estudo. Embora não apresente respostas muito alta com RR de 94, 99, 79, 91 e 99 % respectivamente.

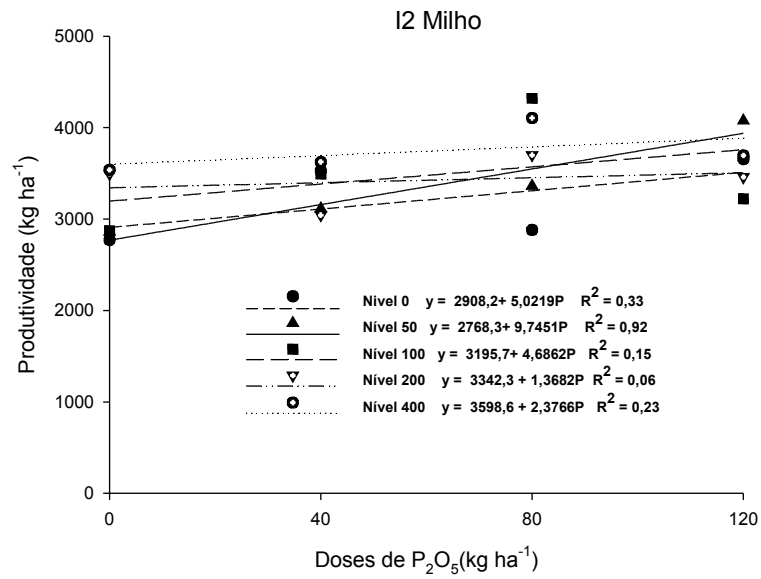


FIGURA 14. Produtividade de grãos de milho, na safra 2005/2006 no experimento I2 em função das doses de fósforo.

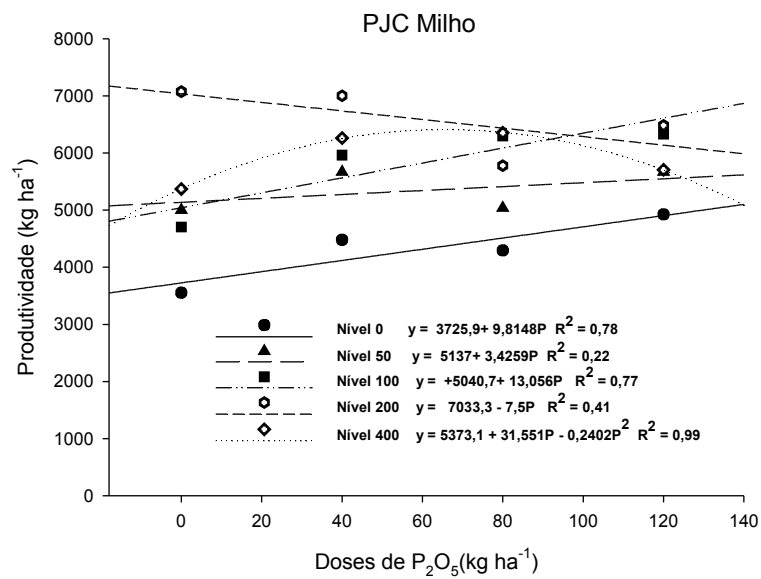


FIGURA 15. Produtividade de grãos de milho, na safra 2005/2006 no experimento PJC em função das doses de fósforo.

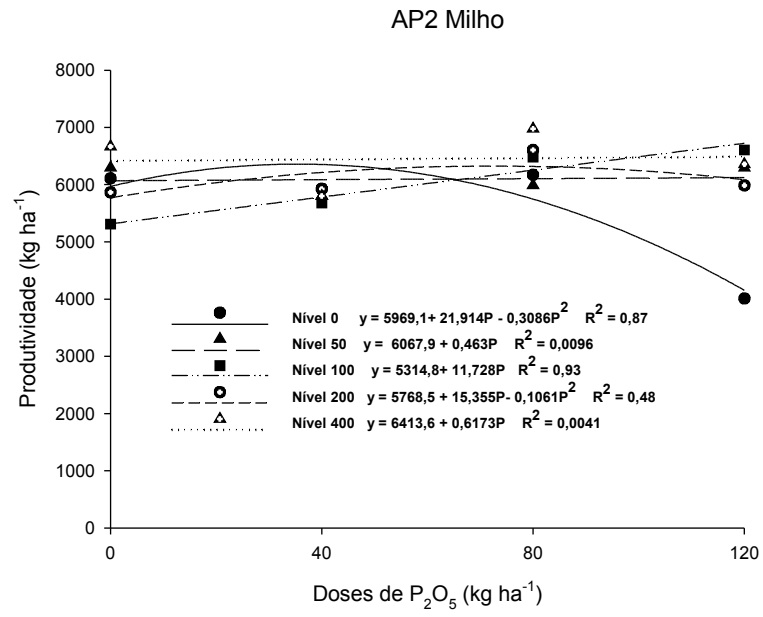


FIGURA 16. Produtividade de grãos de milho, na safra 2005/2006 no experimento AP2 em função das doses de fósforo.

TABELA 15. Faixa de fertilidade, dose e produtividade máxima e econômica do milho, na safra 2005/2006 nos experimentos I2, PJC e AP2, em função das doses de P₂O₅ aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Dose de criação P ₂ O ₅	Fósforo no solo	Faixas de fertilidade	Equação	r ²	RR*	Dose MET**	Produt. MET**	Dose MEE** *	Produt. MEE***
	--kg ha ⁻¹ --	---mg dm ⁻³ ---			---%---		----- kg ha ⁻¹ -----			
I2	0	4,77	m baixo	y = 2908,2 + 5,021P	0,34	83	120	3511	0	2908
	50	5,53	baixo	y = 2768,3 + 9,7451P	0,92	70	120	3938	0	2768
	100	5,53	baixo	y = 3195,7 + 4,686P	0,15	85	120	3758	0	3196
	200	6,97	baixo	y = 3342,3 + 1,3682P	0,07	95	120	3506	0	3342
	400	13	médio	y = 3598,6 + 2,3766P	0,24	93	120	3884	0	3599
PJC	0	16,2	alto	y = 3725,9 + 9,8148P	0,79	76	120	4904	0	3726
	50	7,5	baixo	y = 5137 + 3,4259P	0,22	93	120	5548	0	5137
	100	11,3	médio	y = 5040,7 + 13,056P	0,78	76	120	6607	0	5041
	200	20,7	alto	y = 7033,3 - 7,5P	0,42	89	0	7933	0	7033
	400	17,5	alto	y = 5373,1 + 31,551P - 0,2402P ²	0,99	84	66	6409	35	5373
AP2	0	16,6	alto	y = 5969,1 + 21,914P - 0,3086P ²	0,87	94	36	6358	67	5969
	50	22,3	alto	y = 6067,9 + 0,463P	0,01	99	120	6123	0	6068
	100	17,1	alto	y = 5314,8 + 11,728P	0,93	79	120	6722	0	5315
	200	20,7	alto	y = 5768,5 + 15,355P - 0,1061P ²	0,48	91	72	6324	93	5769
	400	32,8	m alto	y = 6413,6 + 0,6173P	0,000 41	99	120	6488	0	6414

*Rendimento Relativo **Máxima eficiência técnica *** Máxima eficiência econômica

5.11 Calibração de fósforo determinado pelo método Mehlich⁻¹ para cada solo estudado.

Os valores de fósforo determinado pelo método de Mehlich⁻¹ dos diferentes experimentos em amostras de solo nos tratamentos sem fósforo, isto é, nas parcelas testemunhas, junto com os rendimentos relativos das culturas utilizadas, neste caso soja, milho e trigo sob sistema de plantio direto foram obtidas pela equação que teve o melhor ajuste dos dados, isto é, maior coeficiente de correlação.

Segundo Evans (1987), Fixen & Grove (1990) e Sims (1999) a calibração pode ser dividida basicamente em duas etapas; a) a identificação de um teor crítico do nutriente acima do qual a probabilidade de resposta é muito pequena ou nula e, b) a dose estimativa da quantidade a ser adicionada do nutriente em estudo para se obter um rendimento esperado para cada faixa de fertilidade.

O estado de fertilidade do solo em que acima deste, a probabilidade de resposta à aplicação do fertilizante é baixa, é denominado de teor crítico, assim quanto menor o teor do nutriente no solo em relação ao teor crítico estabelecido, maior será a probabilidade de resposta das culturas à adubação.

A resposta máxima da cultura à aplicação do nutriente é o principal critério levado em conta para a determinação do teor crítico, onde se tem um valor numérico subjetivo, pois o mesmo pode variar com uso de funções alternativas. O valor do teor crítico utilizado nas tabelas de recomendação pode ser definido pelo cálculo econômico, determinando-se o ponto de máxima da função lucro, ou arbitrariamente, escolhendo-se um valor de rendimento relativo. Neste trabalho foi considerado como ponto de maior retorno econômico, aproximadamente 90% de rendimento relativo ou 90% da máxima eficiência técnica. O teor crítico foi estimado pelo cálculo do valor de X no valor de 90% de Y para a função estabelecida (Mielniczuk et al., 1969 a, b; Universidade..., 1973; Tabelas..., 1976; Manual..., 1981; Anghinoni & Volkweiss, 1984; Siqueira et al., 1987; Comissão..., 1989, 1995; Raij et al., 1997).

Os resultados assim obtidos na primeira e segunda etapa do projeto para fósforo nos solos amostrados na camada 0-10 cm de profundidade estão nas Tabelas 16 a 19, e nas Tabelas 20 a 24 respectivamente.

Primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005)

TABELA 16. Local de condução do experimento, fósforo no solo, rendimento relativo do trigo, na safra 2004 após milho e soja em função das doses de P₂O₅ aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Fósforo no solo	Rendimento testemunha (sem P)	Rendimento Máximo (MET)*	Rendimento Relativo ⁽¹⁾
	--mg dm ⁻³ --	---kg ha ⁻¹ ---	----kg ha ⁻¹ ---	---%---
M 1	9,2	1672	2022	83
	12,7	1746	2075	84
	14,1	2040	2093	97
	17,9	1791	2035	88
	28,2	1638	1893	87
I 1	14,4	1735	1974	88
	15,6	1790	1932	93
	18,8	1743	1949	89
	20,4	1714	1984	86
	37,0	1611	1738	93
I 2	3,1	1790	2877	62
	6,4	2180	3184	68
	7,0	2623	3002	87
	9,4	2757	3010	92
	15,4	3026	3149	96
AP 2	6,9	2105	2824	75
	9,1	2284	2906	79
	11,9	2661	2661	100
	17,0	2741	2741	100
	31,4	2816	2816	100
PJC 1	4,6	405	773	52
	5,3	406	725	56
	8,0	598	736	81
	15,1	735	801	92
	21,3	786	860	91

* Máxima eficiência técnica

$$(1) \quad RR (\%) = \frac{\text{Rendimento da cultura na parcela testemunha (sem P)}}{\text{Rendimento máximo ou Máxima eficiência técnica da cultura}} \times 100$$

TABELA 17. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do trigo após soja e milho, na safra 2003 e 2004 em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Fósforo no solo	Rendimento Testemunha (sem P)	Rendimento Máximo (MET)*	Rendimento Relativo
	--mg dm ⁻³ --	---kg ha ⁻¹ ---	---kg ha ⁻¹ ---	---%---
----- Safra 2003 -----				
M 1	11,9	1457	1563	93
I 1	12,7	3602	3825	94
----- Safra 2004 -----				
M1	10,8	1867	2120	88
	14,9	1985	2188	91
	18,1	2210	1937	100
	24,4	2159	2171	99
	34,9	2202	1785	100
I 1	14,1	2495	2863	87
	16,8	2438	2702	90
	18,8	2740	2864	96
	23,4	2717	2792	97
	36,5	2463	2666	92
I 2	3,3	1986	3016	66
	5,3	2305	3134	74
	7,3	2620	3121	84
	9,2	2871	2877	100
	17,3	2910	2910	100
AP 1	7,1	1163	1907	61
	9,2	1359	1771	77
	11,5	1736	2035	85
	19,3	1833	1886	97
	33,1	1784	1784	100
AP 2	7,3	2172	2739	79
	9,3	2503	2840	88
	10,5	2766	2794	99
	18,8	2914	2731	100
	28,3	2700	2571	100
PJC 1	4,8	541	741	73
	7,1	603	752	80
	9,2	716	893	80
	12,8	854	912	94
	16,9	999	999	100

TABELA 18. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do milho, na safra 2003/2004 em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Fósforo no solo	Rendimento testemunha (sem P)	Rendimento Máximo (MET)*	Rendimento Relativo
	--mg dm ⁻³ --	---kg ha ⁻¹ ---	----kg ha ⁻¹ -----	---%---
M 1	11,3	3836	5112	75
	13,8	3893	4875	80
	14,4	4693	4693	100
	20,5	4938	4938	100
M 2	8,0	2946	4410	67
	7,8	4222	4961	85
	10,2	4190	4532	92
	13,5	4762	4885	97
I 1	12,1	5999	5999	100
	15,0	5932	5932	100
	16,8	6046	6046	100
	21,0	6555	6555	100
I 2	3,5	3344	4928	68
AP 2	7,9	8573	9864	87
PJC	5,2	3409	5013	68

* Máxima eficiência técnica.

TABELA 19. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo da soja, na safra 2003/2004 em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Fósforo no solo	Rendimento testemunha (sem P)	Rendimento Máximo (MET)*	Rendimento Relativo
	--mg dm ⁻³ --	---kg ha ⁻¹ ---	----kg ha ⁻¹ ----	---%---
M 1	12,0	1908	2300	83
	14,6	2083	2414	86
	16,1	2355	2371	99
	21,6	2597	2597	100
M 2	5,9	1326	2116	63
	8,1	1547	2103	74
	9,5	1749	2212	79
	10,6	1892	2292	83
I 1	12,8	2996	3207	93
	15,4	3402	3411	100
	16,3	2979	3136	95
	23,8	3211	2797	100
I 2	3,5	1239	2077	60
AP 1	7,6	2742	4165	66
AP 2	7,9	3518	4577	77
PJC	5,2	1761	2588	68

* Máxima eficiência técnica

Segunda etapa do projeto

TABELA 20. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo da soja, na safra 2004/2005 em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto, segunda etapa do projeto.

Experimento	Fósforo no solo	Rendimento testemunha (sem P)	Rendimento Máximo (MET)*	Rendimento Relativo
	--mg dm ⁻³ --	---kg ha ⁻¹ ---	----kg ha ⁻¹ ---	---%---
AP1	7,0	1181,2	2057	57
	11,0	1052,9	2209	48
	17,2	1511	1757	86
	18,8	1453,9	1876	77
	34,5	2014,5	2537	79
I 2	5,1	1549,9	2823	55
	6,5	2349,7	2524	93
	8,5	2025,4	2690	75
	12	2106,9	2535	83
	17,1	2659,3	2600	100
PJC	6,0	2416	2565	94
	6,8	2468	3812	65
	8,6	2853	2883	99
	10,8	2961	2225	100
	16,1	2814	2596	100

* Máxima eficiência técnica

TABELA 21. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do milho, na safra 2004/2005 em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto, segunda etapa do projeto.

Experimento	Fósforo no solo	Rendimento testemunha (sem P)	Rendimento Máximo (MET)*	Rendimento Relativo
	--mg dm ⁻³ --	---kg ha ⁻¹ ---	----kg ha ⁻¹ ---	---%---
I 2	4,4	2284	2866	80
	6,9	2897	2477	100
	9,6	2556	2655	96
	13,4	2716	2984	91
	18,0	2302	3628	63
PJC	6,4	5197	6012	86
	7,0	6310	5663	100
	9,7	4886	5451	90
	11,7	5418	7098	76
	15,6	5155	5809	89

* Máxima eficiência técnica

TABELA 22. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do trigo, na safra 2005 após milho e soja, em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto, segunda etapa do projeto.

Experimento	Fósforo no solo	Rendimento testemunha (sem P)	Rendimento Máximo (MET)*	Rendimento Relativo
	--mg dm ⁻³ --	---kg ha ⁻¹ ---	----kg ha ⁻¹ ---	---%---
I 2	6,6	1382	2201	63
	8,6	1856	2092	89
	8,6	1642	2015	81
	9,7	1903	2621	73
	9,5	2108	2162	98
I2	6,0	1501	1927	78
	7,1	1283	1719	75
	7,7	1155	1912	60
	9,7	1291	1701	76
	7,3	1662	2027	82
M1	15,2	1593	1914	83
	28,2	1912	1400	100
	17,0	1644	1619	100
	21,6	1500	1957	77
	9,5	1621	2168	75
M1	11,8	1785	2094	85
	17,1	1595	2077	77
	14,2	2217	1927	100
	22,4	1767	1807	98
	28,5	2009	2371	85
AP	8,8	1990	2691	74
	13,1	2237	2864	78
	12,0	2210	2724	81
	20,3	2349	2811	84
	27,5	2649	2802	95

* Máxima eficiência técnica

TABELA 23. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo da soja, na safra 2005/2006 em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto, segunda etapa do projeto.

Experimento	Fósforo no solo	Rendimento testemunha (sem P)	Rendimento Máximo (MET)*	Rendimento Relativo
	--mg dm ⁻³ --	---kg ha ⁻¹ ---	----kg ha ⁻¹ ---	---%---
AP2	23,1	3633	4367	83
	14,3	3664	4504	81
	17,2	3311	4494	74
	22,9	4011	4794	84
	35,6	4606	4756	97
I 2	4,8	1437	3496	41
	5,6	1906	3112	61
	5,5	2099	3555	59
	11,8	2356	3483	68
	18,3	3226	3449	94
PJC	10,9	3673	4332	85
	13,7	3090	3423	90
	18,0	2550	3529	72
	9,5	3181	3510	91
	21,3	3396	3782	90

* Máxima eficiência técnica

TABELA 24. Local de condução do experimento, fósforo no solo e rendimento relativo do milho, na safra 2005/2006 em função das doses de P_2O_5 aplicadas sob sistema plantio direto segunda etapa do projeto.

Experimento	Fósforo no solo	Rendimento testemunha (sem P)	Rendimento Máximo (MET)*	Rendimento Relativo
	--mg dm ⁻³ --	---kg ha ⁻¹ ---	----kg ha ⁻¹ ---	---%---
AP2	16,6	5969	6358	94
	22,3	6068	6123	99
	17,1	5315	6722	79
	20,7	5769	6324	91
	32,8	6414	6488	99
I 2	4,8	2908	3511	83
	5,5	2768	3938	70
	5,5	3196	3758	85
	7,0	3342	3506	95
	13,0	3599	3884	93
PJC	16,2	3726	4904	76
	7,5	5137	5548	93
	11,3	5041	6607	76
	20,7	7033	7933	89
	17,5	5373	6409	84

* Máxima eficiência técnica

O valor de 90% do rendimento relativo máximo é utilizado no Brasil normalmente como referência para a dose de máxima eficiência econômica, obtendo-se nesse ponto o teor crítico do nutriente (Mielniczuk et al., 1969a, b; Universidade., 1973; Tabelas., 1976; Comissão., 1981; Siqueira et al., 1987; Comissão., 1989, 1995; Raij et al., 1997). O mesmo valor de 90% de rendimento relativo ajustou-se bem as condições da Região Oriental do Paraguai e por isto foi utilizado neste trabalho.

A equação de Mitscherlich foi a que melhor se ajustou aos resultados experimentais na primeira etapa do projeto (Figuras 17 a 23), e na segunda etapa do projeto (Figuras 24 a 28). A mesma foi descrita por Raij (1981), na qual descreve a lei dos retornos decrescentes, isto é, à medida que a quantidade do insumo aumenta também aumenta a produtividade, no entanto ocorre uma redução no incremento de produto pelo incremento de insumo chegando a uma quantidade máxima de produtividade.

A continuação será apresentada, as figuras com os diferentes teores críticos de cada experimento, tanto da primeira e segunda etapa do projeto. No caso do experimento PJC (segunda etapa do projeto), foi feita uma estimativa, pelo fato de que os dados obtidos neste experimento, não permitiram determinar com precisão o teor crítico, já que o solo apresentou valores nas quais não foi possível ajustar a curva de Mitscherlich, um comportamento similar foi verificado na primeira etapa do projeto no experimento I1 (Cubilla, 2005).

Primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005)

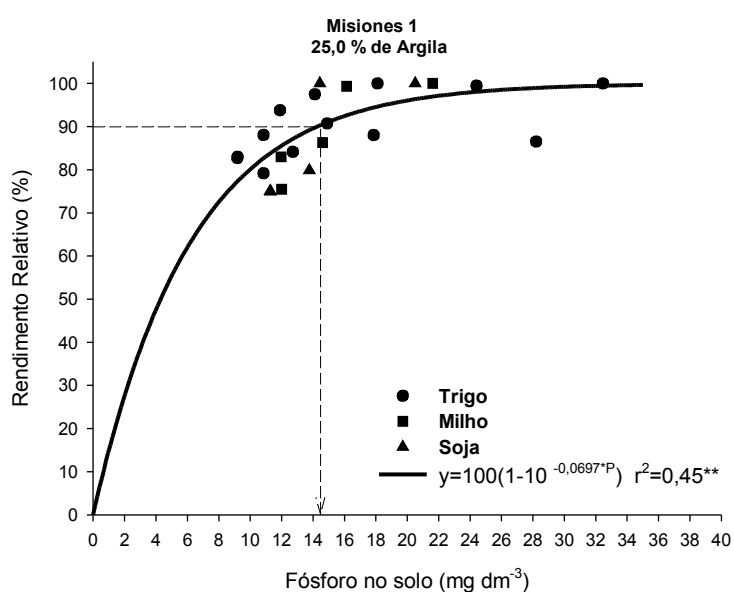


FIGURA 17. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em M1. ** Significativo ($P < 0,01$).

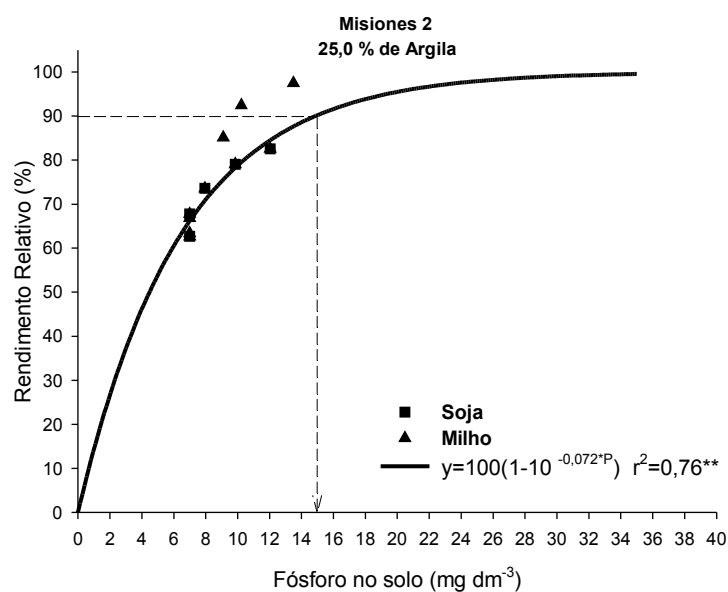


FIGURA 18. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em M2. ** Significativo ($P < 0,01$).

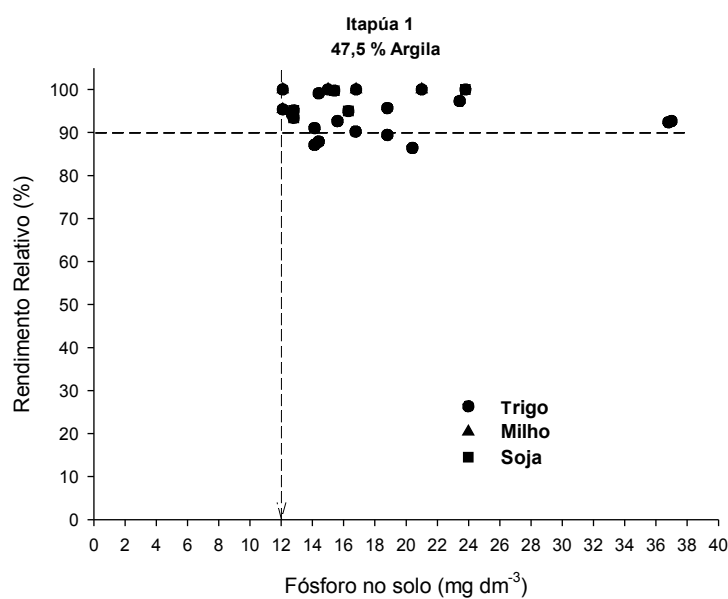


FIGURA 19. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em II.

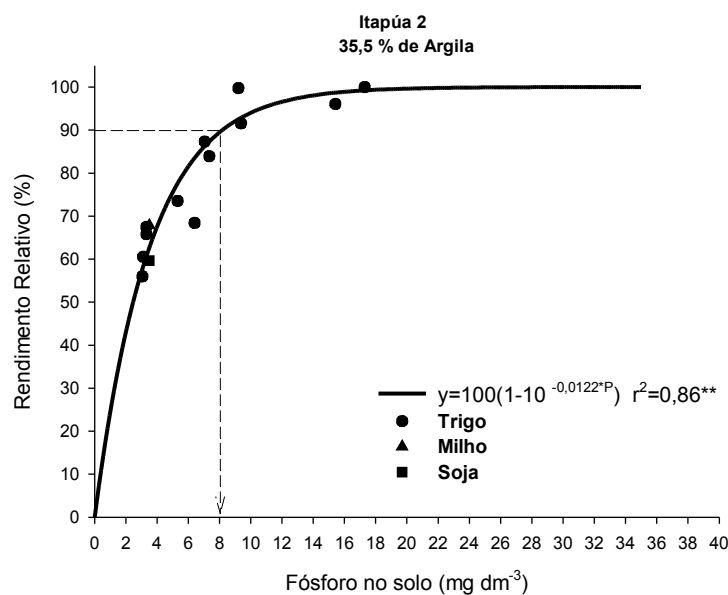


FIGURA 20. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em I2. ** Significativo ($P < 0,01$).

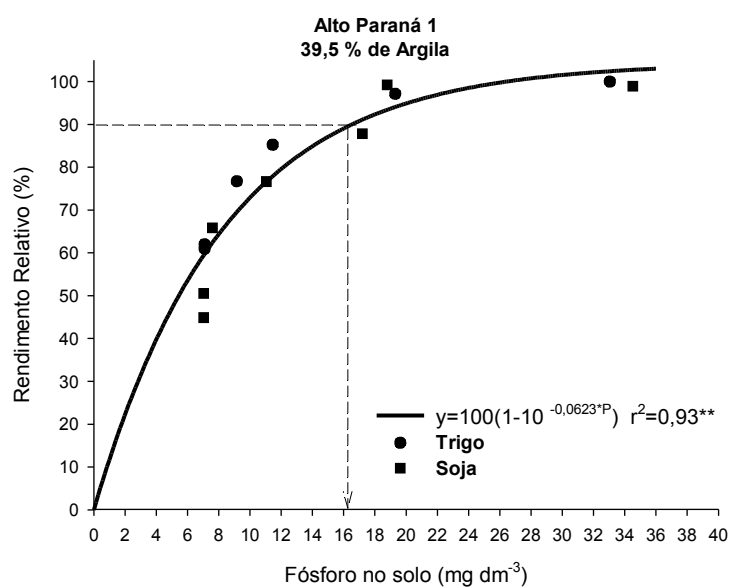


FIGURA 21. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em AP1. ** Significativo ($P < 0,01$).

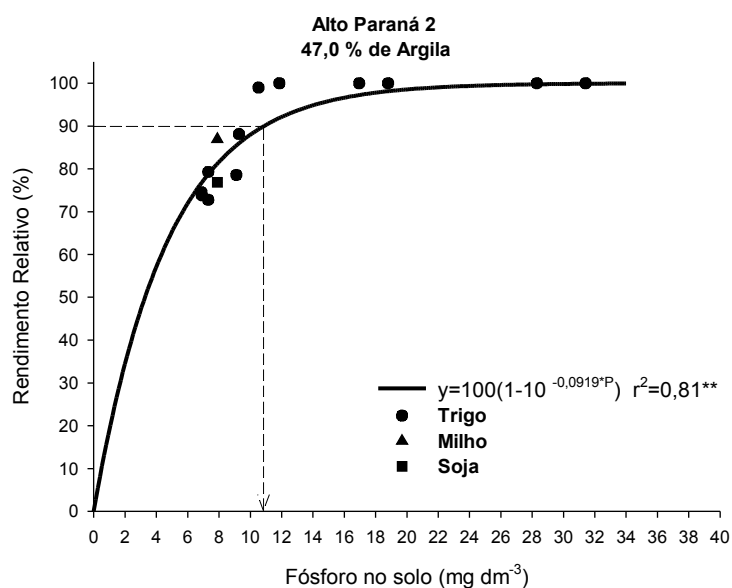


FIGURA 22. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em AP2. **Significativo ($P < 0,01$).

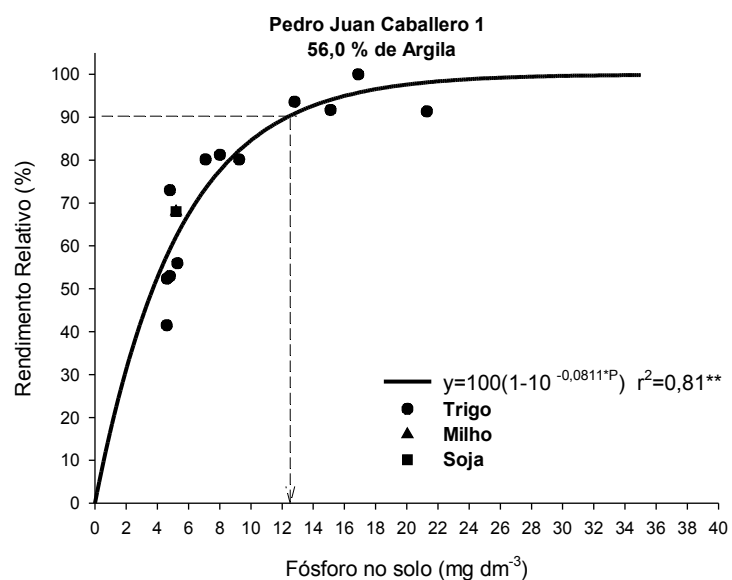


FIGURA 23. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em PJC. ** Significativo ($P < 0,01$).

Segunda etapa do projeto.

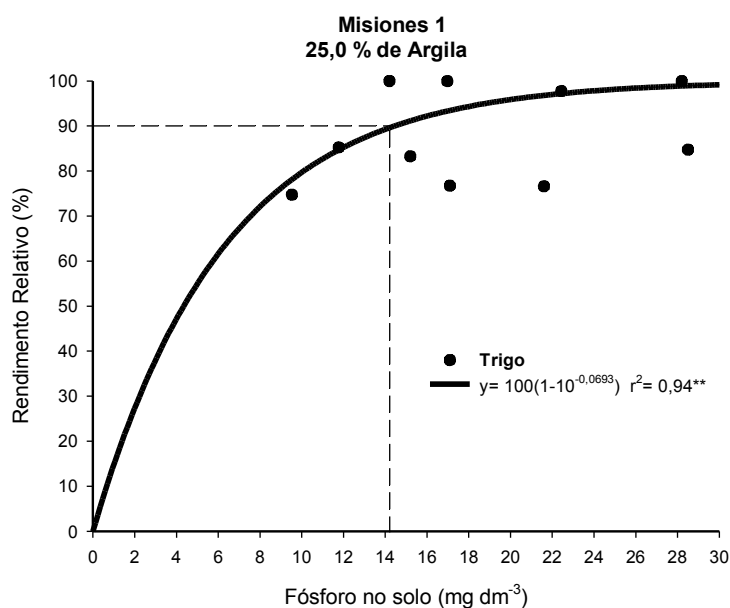


FIGURA 24. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em M1. ** Significativo ($P < 0,01$).

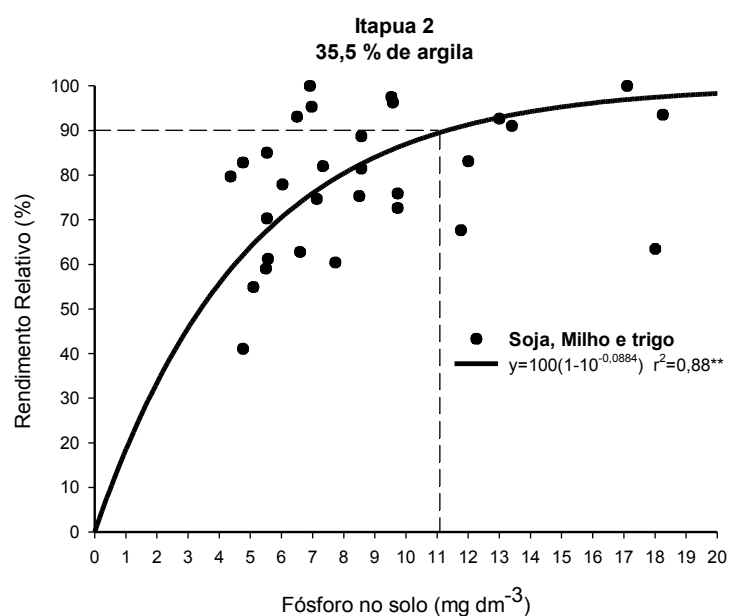


FIGURA 25. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em I2. ** Significativo ($P < 0,01$).

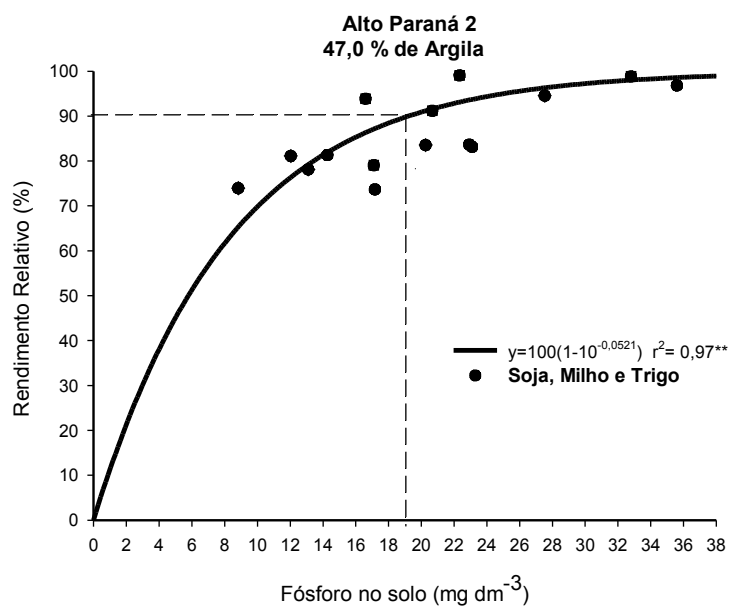


FIGURA 26. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em AP2. ** Significativo ($P < 0,01$).

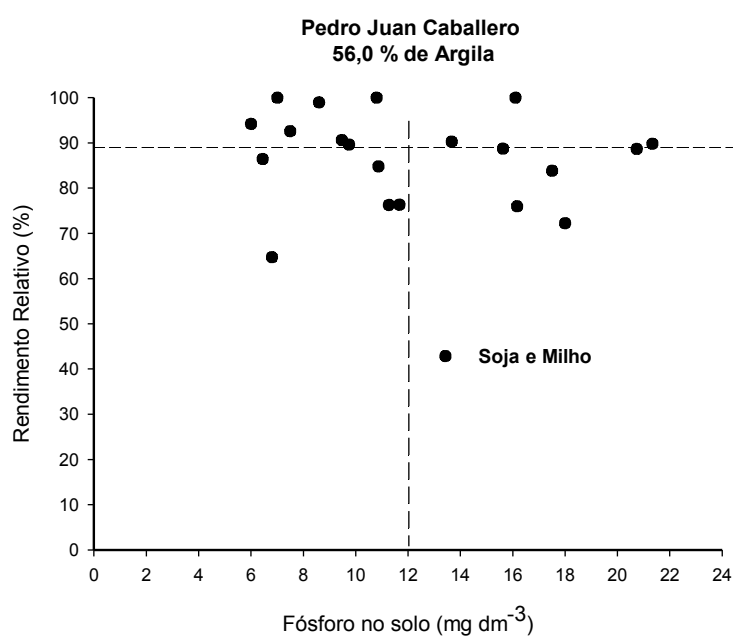


FIGURA 27. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja e milho sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em PJC.

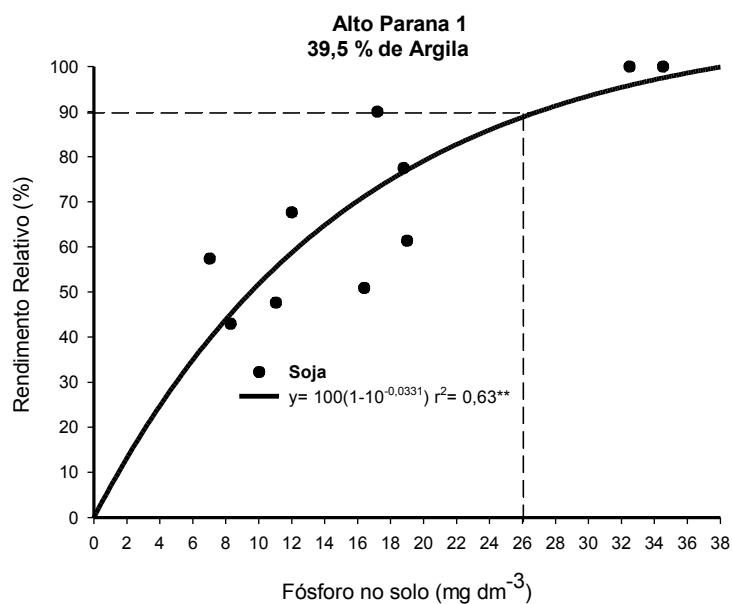


FIGURA 28. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, em AP1. ** Significativo ($P < 0,01$).

Observamos que os teores críticos foram similares em alguns casos, e bem diferenciados em outros, o qual pode ser atribuído ao fato de que nem todos os experimentos tiveram as mesmas safras conduzidas. Os valores verificados na primeira etapa (Figuras 17 ao 23) foram: M1= $14,2 \text{ mg dm}^{-3}$; M2= 15 mg dm^{-3} ; I1= 12 mg dm^{-3} ; I2= 8 mg dm^{-3} ; AP1= 16 mg dm^{-3} ; AP2= $10,9 \text{ mg dm}^{-3}$; e PJC= $12,2 \text{ mg dm}^{-3}$, os valores na segunda etapa (Figuras 24 ao 28) foram: M1= $14,3 \text{ mg dm}^{-3}$; M2= (não foi conduzido); I1= (não foi conduzido); I2= $11,1 \text{ mg dm}^{-3}$; AP1= 34 mg dm^{-3} ; AP2= $18,3 \text{ mg dm}^{-3}$ e PJC= 12 mg dm^{-3} .

5.12 Determinação do teor crítico de fósforo para o conjunto de solos investigados na primeira e segunda etapa do projeto.

O teor crítico de fósforo no solo extraído pelo método de análise Mehlich⁻¹ foi determinado a partir da equação exponencial de Mitscherlich, onde o mesmo foi a que melhor se ajustou aos dados de rendimento relativo com os de teores extraídos do solo.

O principal fator considerado na elaboração das tabelas de recomendação de adubação fosfatada para os estados do RS e SC é o teor de argila do solo, pelo fato de que o mesmo tem influência na extração do fósforo disponível às plantas pelo método Mehlich-1, (Mielniczuk et al., 1969 a, b; Universidade..., 1973; Tabelas..., 1976; Manual..., 1981; Siqueira et al., 1987; Comissão..., 1989, 1995). A Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004), agruparam os solos em 4 classes texturais. De igual forma para os estados de Mato Grosso, Minas Gerais e Paraná (EMBRAPA Soja, 2005; Boletim de Pesquisa de Soja da Fundação MT, 2005).

Neste projeto os solos em estudo foram agrupados em apenas duas classes texturais.

Com os dados obtidos na primeira e segunda etapa do projeto, definiram-se dois teores críticos de fósforo no solo, determinado pelo método Mehlich⁻¹ (Figuras 29, 30 e 31 primeira etapa do projeto) e (Figuras 32, 33 e 34 segunda etapa do projeto), que corresponde as duas classes de texturas em que foram agrupados os solos estudados, isto é, para os solos de 210 a 400 g kg⁻¹ de argila que seria a classe 2, foi determinado um teor crítico de 15 mg dm⁻³, e para os solos de 410 a 600 g kg⁻¹ de argila no caso o solo classe 1, onde que na segunda etapa do projeto a classe 1 não foi possível fazer a determinação pelo fato já citado no experimento PJC que faz parte deste grupo de solo, mas foi feito uma estimativa, e provavelmente o valor estaria em torno de 12 mg dm⁻³, estes valores correspondem a um rendimento relativo de 90%. E para os dois tipos de solos juntos foi determinado um teor crítico de 12 mg dm⁻³.

Os valores encontrados na segunda etapa do projeto confirmam os valores já encontrados na primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005).

Primeira etapa do Projeto (Cubilla, 2005)

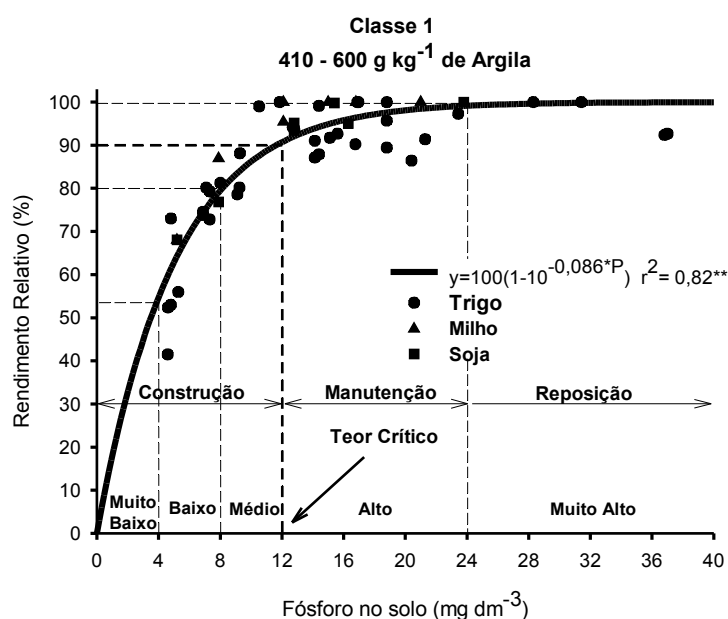


FIGURA 29. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich¹, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, solo Classe 1 (Experimentos I1, AP2 e PJC). ** Significativo (P < 0,01).

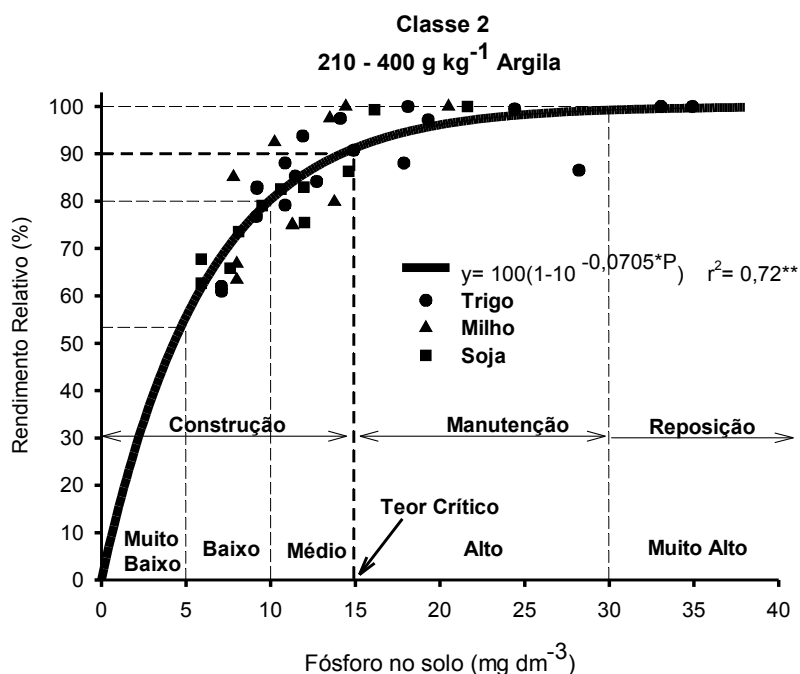


FIGURA 30. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich¹, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, solo Classe 2 (experimentos M1, M2 e AP1). ** Significativo (P < 0,01).

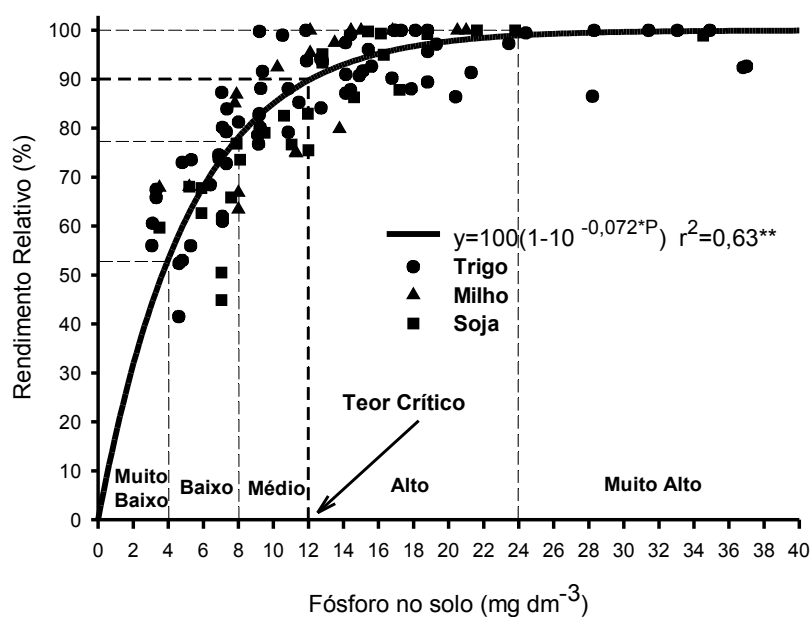


FIGURA 31. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. Todos os experimentos (M1, M2, I1, I2, AP1, AP2 e PJC). ** Significativo ($P < 0,01$).

Segunda etapa do projeto

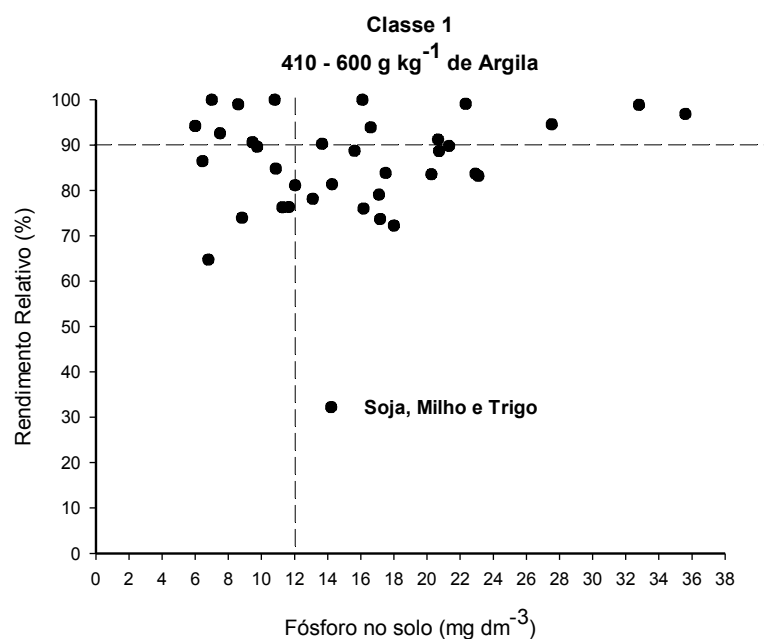


FIGURA 32. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, solo Classe 1 (Experimentos AP2 e PJC).

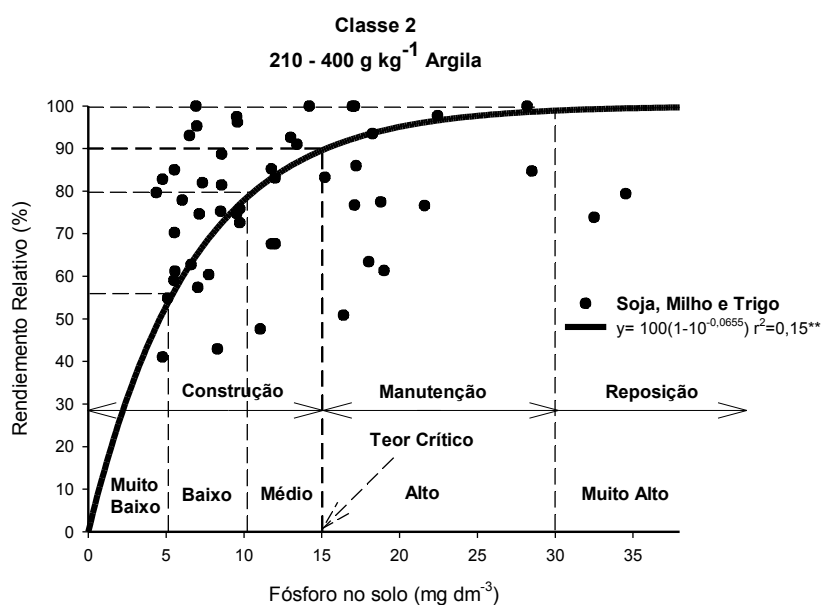


FIGURA 33. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, solo Classe 2 (Experimentos M1, I2 e AP1). ** Significativo ($P < 0,01$).

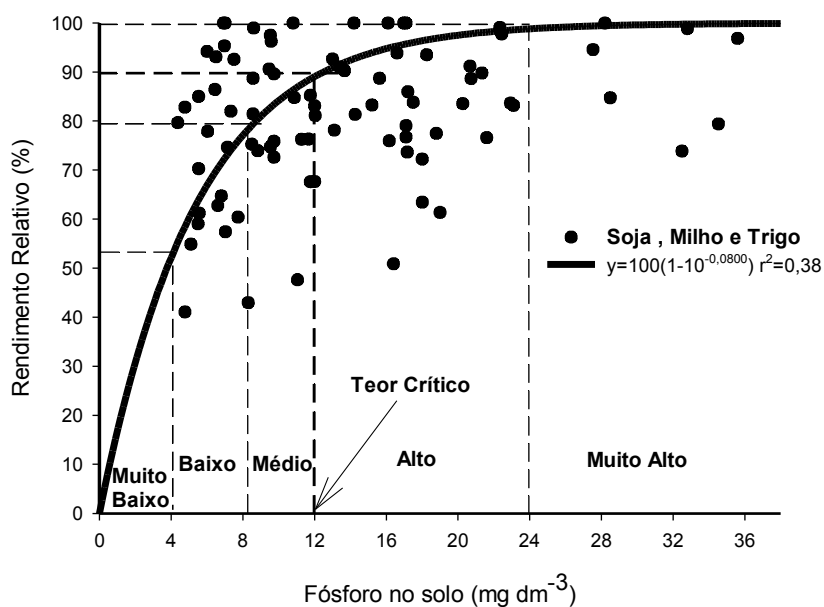


FIGURA 34. Teor crítico de fósforo no solo na segunda etapa do projeto, determinado por Mehlich¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. Todos os experimentos (M1, I2, AP1, AP2 e PJC).** Significativo ($P < 0,01$).

Observamos que o valor dos teores críticos quando os solos foram separados por textura e agrupados em duas classes, mostraram valores similares e iguais, onde se verificam um valor de teor crítico para o solo classe 1 e 2 de 12 e 15 mg dm^{-3} respectivamente na primeira etapa do projeto, e considerando a segunda etapa do projeto os valores foram: para o solo classe1= valor estimado 12 mg dm^{-3} e o solo classe 2= 15 mg dm^{-3} , e analisando os dados quando os dois tipos de solos foram agrupados sem distinção de textura, os valores tanto na primeira como na segunda etapa foram 12 mg dm^{-3} .

5.13 Determinação do teor crítico de fósforo para cada experimento nas duas etapas do projeto.

Para um melhor entendimento dos dados anteriormente mostrado, neste ponto será apresentado os dados da primeira e segunda etapa do projeto, isto é, os dois juntos, as quais estão descritas nas Figuras 35 a 39.

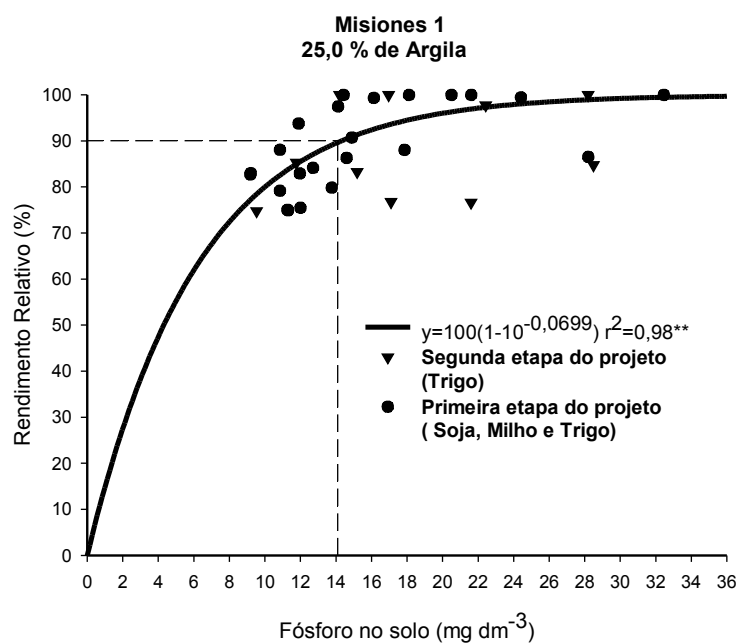


FIGURA 35. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em M1. ** Significativo ($P < 0,01$).

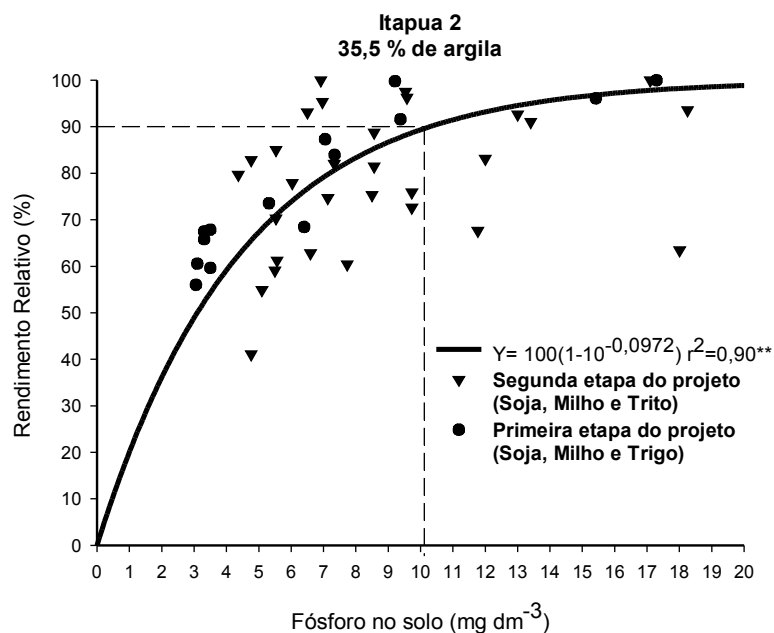


FIGURA 36. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em I2. ** Significativo ($P < 0,01$).

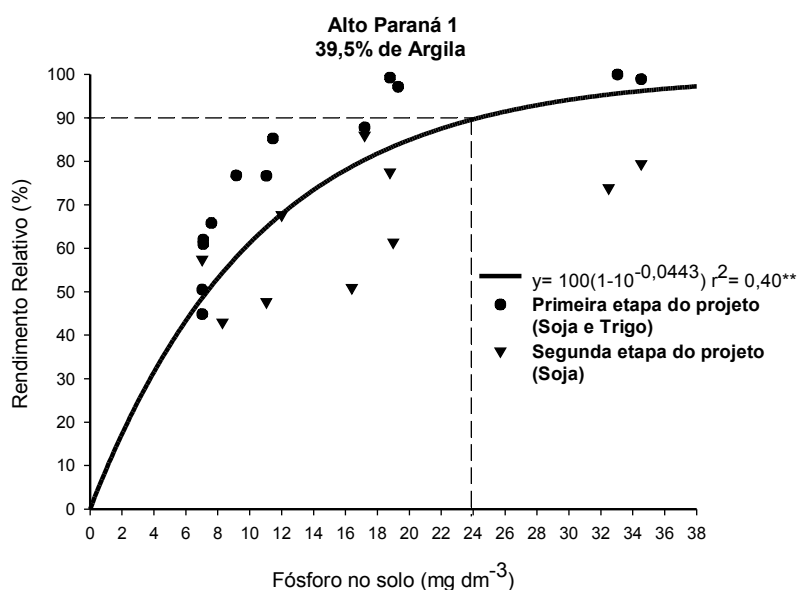


FIGURA 37. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em AP1. ** Significativo ($P < 0,01$).

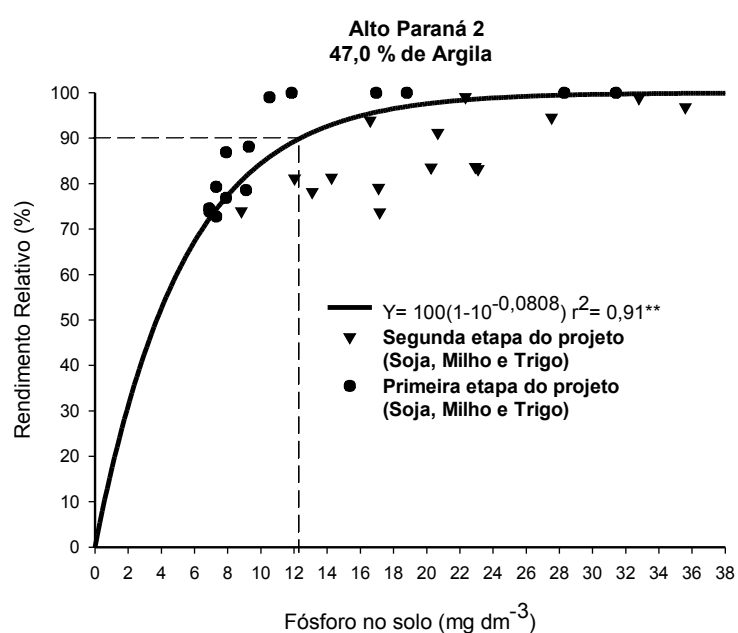


FIGURA 38. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em AP2. ** Significativo ($P < 0,01$).

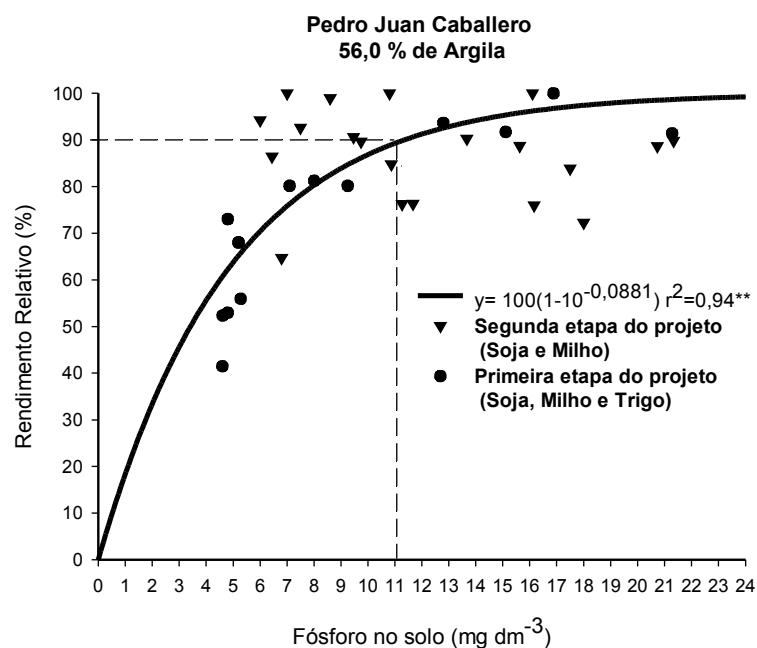


FIGURA 39. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, em PJC. ** Significativo ($P < 0,01$).

5.14 Determinação do teor crítico de fósforo para o conjunto de solos investigados nas duas etapas do projeto.

Aqui serão apresentados os dados obtidos na primeira e segunda etapa do projeto, isto é, os dois juntos, na qual com os mesmos se teve mais pontos de tal forma a que os mesmos tenham mais confiabilidade, estes dados estão descritas nas Figuras 40 a 42.

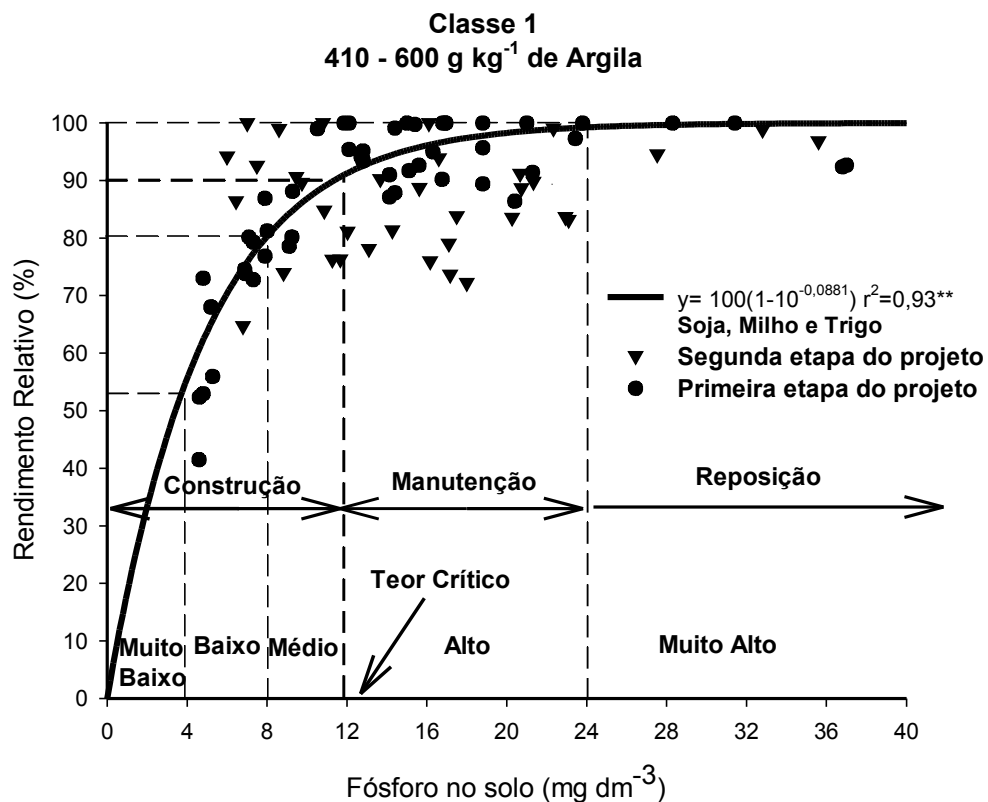


FIGURA 40. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, Solos Classe 1 (AP2 e PJC). ** Significativo (P < 0,01).

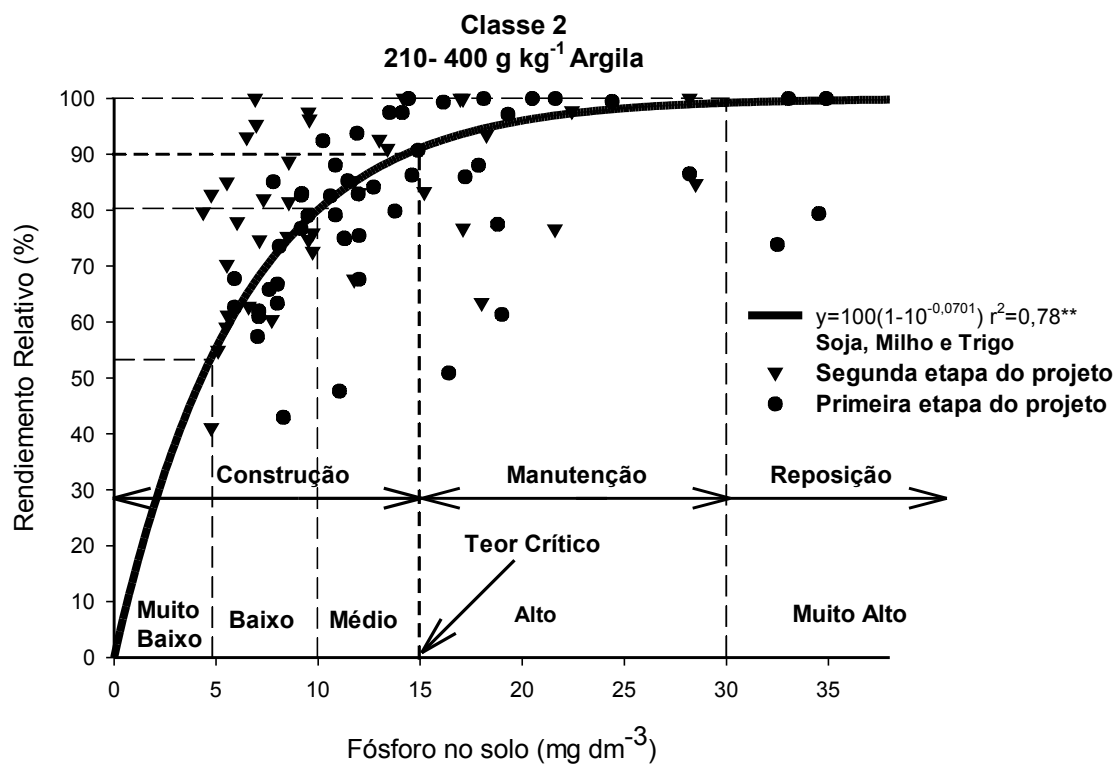


FIGURA 41. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm, Solos Classe 2 (AP1, I2 e M1). ** Significativo (P < 0,01).

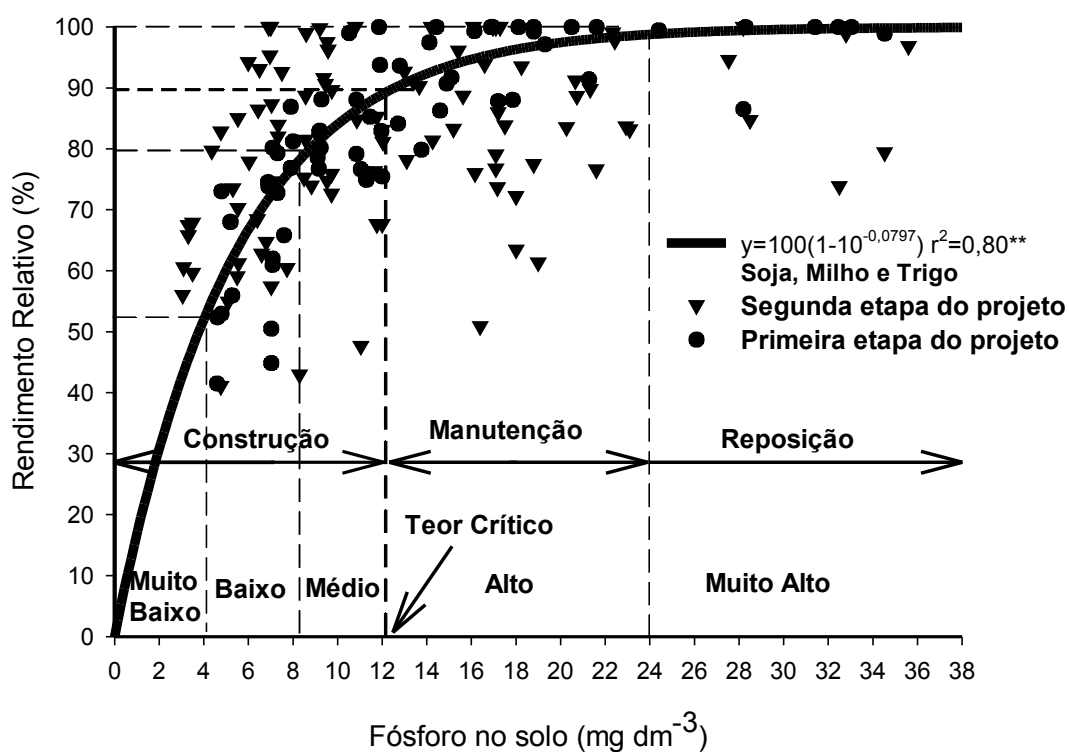


FIGURA 42. Teor crítico de fósforo no solo nas duas etapas do projeto, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja, milho e trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm, Todos os experimentos (M1, I2, AP1, AP2 e PJC). ** Significativo ($P < 0,01$).

5.15 Determinação do teor crítico de fósforo para as culturas de soja, milho e trigo nas duas etapas do projeto.

Aqui serão apresentados os dados de teor crítico para cada cultura que foi utilizada neste estudo, sendo que os dados obtidos na primeira etapa do projeto não foram apresentados oficialmente, onde aqui será apresentada, além de serem apresentadas separadamente, isto é, cada etapa do projeto, é num segundo plano os dados serão apresentado unificados, como já tinha sido feito nos dados em geral do projeto anteriormente. Esses dados estão descritas nas Figuras 43 a 51.

Primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005).

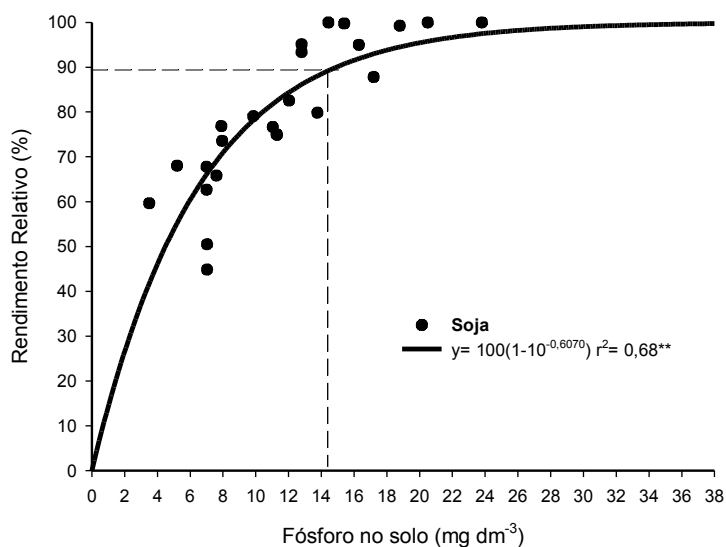


FIGURA 43. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0 - 10cm. ** Significativo (P < 0,01).

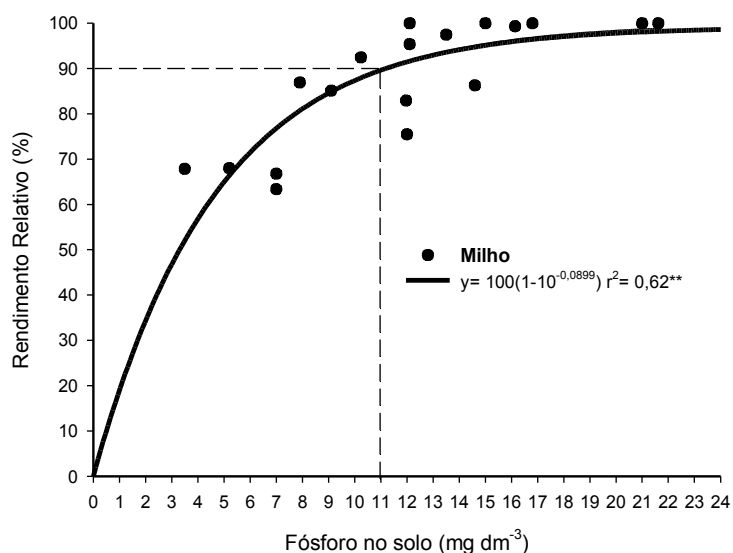


FIGURA 44. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de milho sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10cm. ** Significativo (P < 0,01).

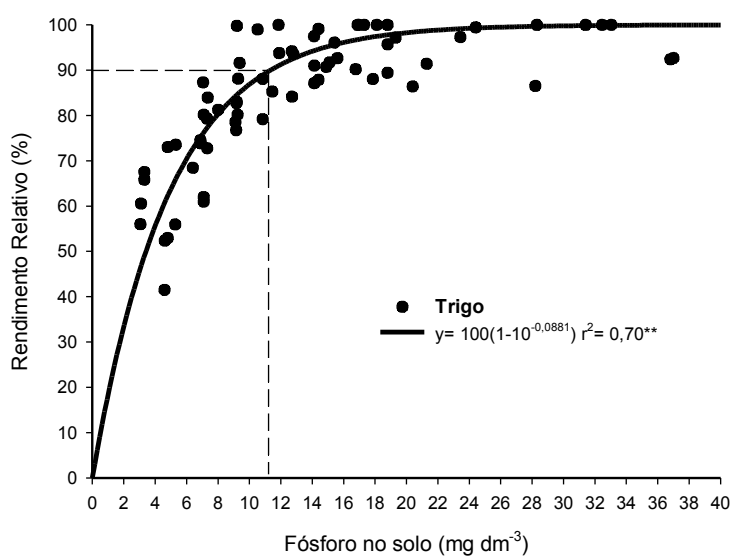


FIGURA 45. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo sob sistema plantio direto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$).

Segunda etapa do projeto

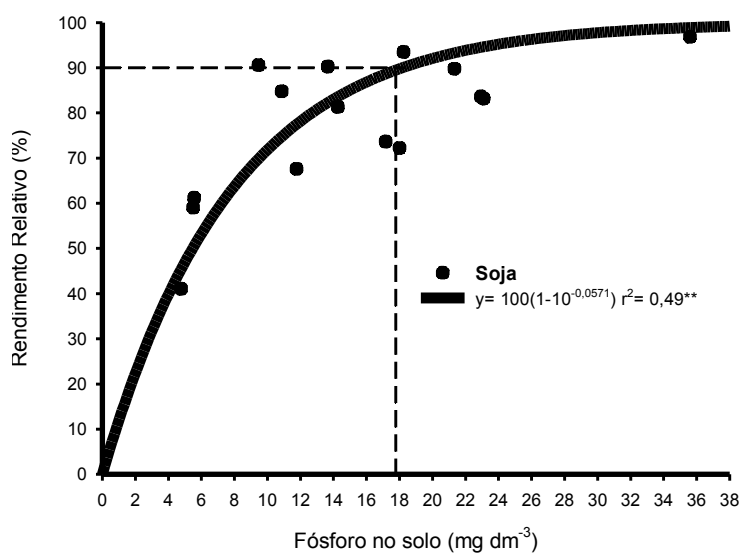


FIGURA 46. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja sob sistema plantio direto na segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$).

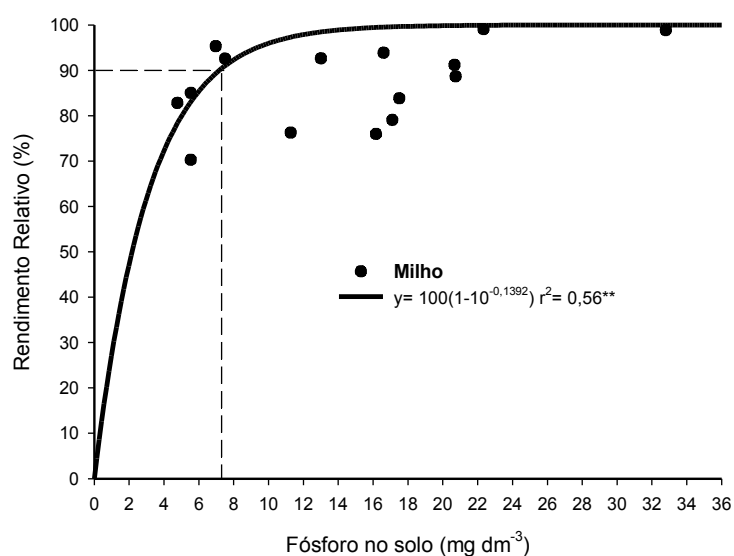


FIGURA 47. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de milho sob sistema plantio direto na segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo (P < 0,01).

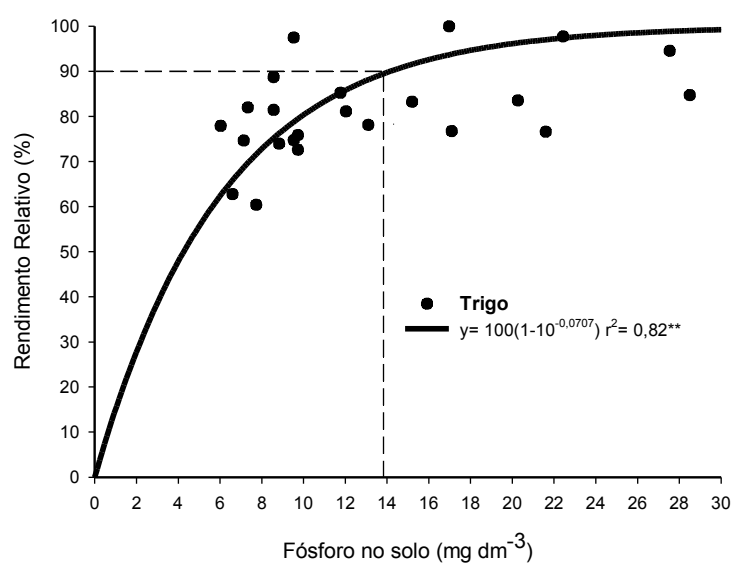


FIGURA 48. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo sob sistema plantio direto na segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo (P < 0,01).

Primeira e segunda etapa do projeto juntos

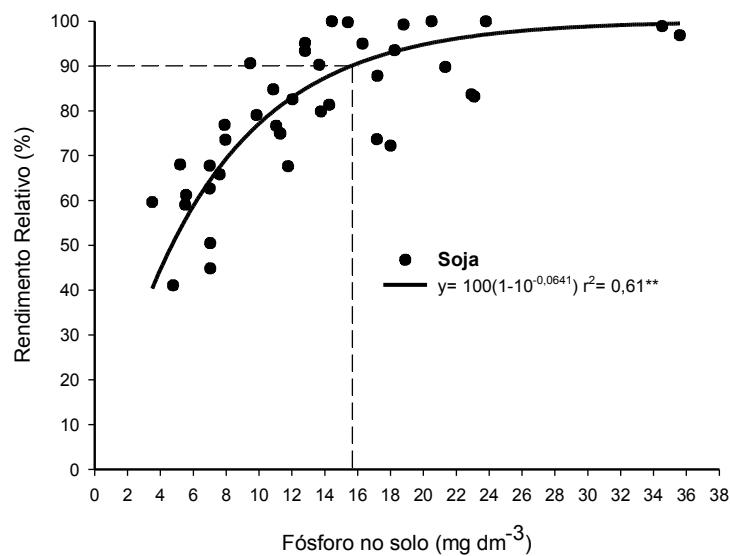


FIGURA 49. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de soja sob sistema plantio direto na primeira e segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$).

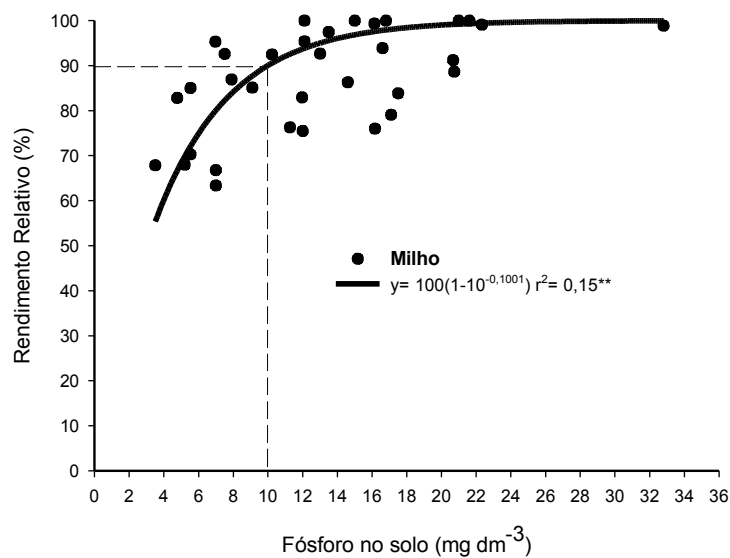


FIGURA 50. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de milho sob sistema plantio direto na primeira e segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0 - 10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$).

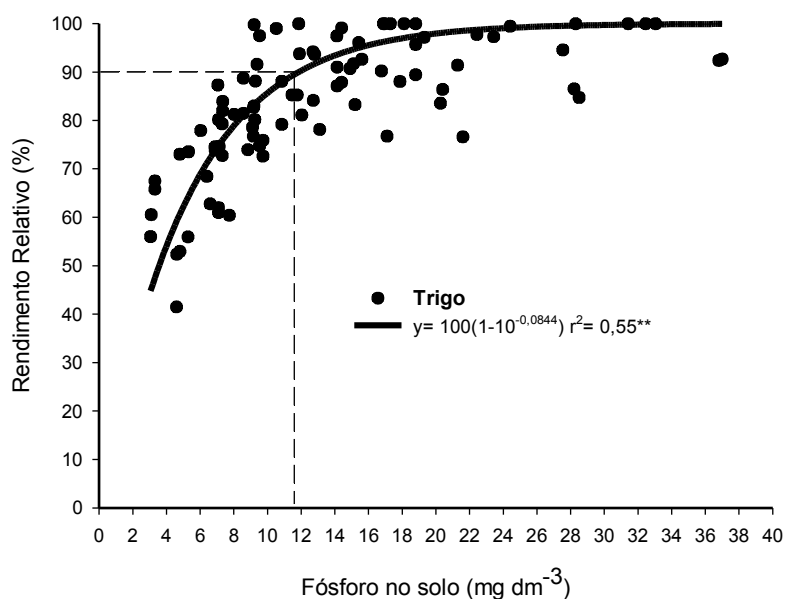


FIGURA 51. Teor crítico de fósforo no solo, determinado por Mehlich⁻¹, na média de rendimentos de trigo sob sistema plantio direto na primeira e segunda etapa do projeto, amostrado na profundidade de 0-10 cm. ** Significativo ($P < 0,01$).

Analisando os dados de teores críticos das culturas de soja, milho e trigo, foi verificado na primeira etapa do projeto valores para a soja, milho e trigo de 14,3, 11 e 10,6 mg dm^{-3} respectivamente, já analisando os valores da segunda etapa do projeto foi verificado valores de 16,9, 7,3 e 13,9 mg dm^{-3} para soja, milho e trigo respectivamente, e quando foram analisado os dados da primeira e segunda etapa do projeto conjuntamente, foram verificados valores para o teor crítico para as culturas de soja, milho e trigo de 15,8, 10 e 11,8 mg dm^{-3} respectivamente. Estes dados aqui obtidos serão de vital importância para uma futura recomendação de fertilizante fosfatado visando as culturas independentemente.

5.16 Determinação de faixas de fertilidade do solo para o fósforo aqui considerando as duas etapas do projeto.

Depois de definir o teor crítico na primeira e segunda etapa do projeto, é possível fazer um melhor detalhamento para cada porção da curva, constituindo-se desta forma as diferentes faixas de fertilidade. Estas faixas podem ser subdivididas tendo como base o rendimento relativo, como está estabelecido nas Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo (Raij et al., 1997), ou em teores no solo em quantidades equidistantes, tal como estabelecido no RS (Mielniczuk et al., 1969a, b; Universidade, 1973; Tabelas, 1976; Manual,

1981; Siqueira et al., 1987; Comissão, 1989, 1995). Neste estudo foi utilizado o estabelecimento de faixas de fertilidade, considerando os valores do teor no solo desta forma facilitando a divisão em faixas equidistantes, onde foram denominadas de muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto (Tabela 25). Os mesmos princípios foram utilizados na primeira etapa do projeto, e considerando que os teores críticos foram os mesmos da tabela, e a mesma para as duas etapas do projeto. Uma vez feita à determinação do teor crítico de P no solo pela equação de Mitcherlich, ajustou-se o valor encontrado para 12 mg dm⁻³ para o solo classe 1, e 15 mg dm⁻³ para o solo classe 2, o qual representa o limite superior da classe “médio”, onde o mesmo foi dividido por três para obter classes equidistantes, aqui chamados de “muito baixo”, “baixo” e “médio” e multiplicado por dois para obter o limite entre as classes “alto” e “muito alto”. As faixas de disponibilidade de P para as duas classes texturais proposto para o Paraguai estão apresentadas nas tabelas 26 e 27.

TABELA 25. Interpretação do teor de fósforo no solo extraído pelo método Mehlich⁻¹, segundo o teor de argila.

Interpretação	Classe de solo segundo o teor de argila ⁽¹⁾	
	1	2
	-----mg dm ⁻³ -----	
Muito baixo	≤ 4,0	≤ 5,0
Baixo	4,1 - 8,0	5,1 - 10
Médio	8,1 - 12,0	10,1 - 15,0
Alto	12,1 - 24,0	15,1 - 30,0
Muito alto	> 24	> 30

⁽¹⁾Classe 1 de 410 - 600 g kg⁻¹; Classe 2 de 210 - 400 g kg⁻¹

TABELA 26. Classes de disponibilidade de P para as culturas, teor de P extraível por Mehlich⁻¹ em cada faixa, rendimento relativo esperado e probabilidade de resposta das culturas à aplicação de fertilizantes fosfatados.

Classe 1	P Mehlich ⁻¹ (mg dm ⁻³)	RR ⁽¹⁾	Probabilidade de resposta
Muito baixo	≤ 4,0	Menor 55%	Alta
Baixo	4,1 - 8,0	56 - 80%	Média
Médio	8,1 - 12,0	81 - 90%	Baixa
Alto	12,1 - 24,0	90 - 100%	Muito baixa
Muito alto	> 24	100%	Inexistente ou casual

⁽¹⁾RR = rendimento relativo

TABELA 27. Classes de disponibilidade de P para as culturas, teor de P extraível por Mehlich⁻¹ em cada faixa, rendimento relativo esperado e probabilidade de resposta das culturas à aplicação de fertilizantes fosfatados.

Classe 2	P Mehlich ⁻¹ (mg dm ⁻³)	RR	Probabilidade de resposta
Muito baixo	≤ 5,0	Menor 55%	Alta
Baixo	5,1 - 10	56 - 80%	Média
Médio	10,1 - 15,0	81- 90%	Baixa
Alto	15,1 - 30,0	90 - 100%	Muito baixa
Muito alto	> 30	100%	Inexistente ou casual

5.17 Construção de níveis de fósforo sob sistema plantio direto na primeira e segunda etapa do projeto.

Aqui serão apresentados os dados de elevação dos níveis de fósforo sob SPD em função das doses de fósforo aplicados ao solo nos diferentes experimentos conduzidos na primeira e segunda etapa do projeto. Onde utilizando esses dados, foi calculado as necessidades em kg de P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P no solo, na qual com esses valores foi estimado a necessidade de P₂O₅ para desta forma alcançar o teor crítico, isto é, um nível de suficiência para as plantas.

Foi verificado que todos os experimentos conduzidos apresentaram um aumento nos teores de fósforo no solo à medida que as doses foram aumentando, devido que, quando é adicionado fósforo ao solo o mesmo provoca um incremento no P-sólido e no P-solução. Segundo Anghinoni & Bissani (2004), o incremento no P-Solução será tanto maior quanto for à quantidade de P adicionado, atingindo um máximo. Este nível máximo geralmente é denominado como a capacidade de adsorção máxima de P, sendo a mesma uma característica de cada solo.

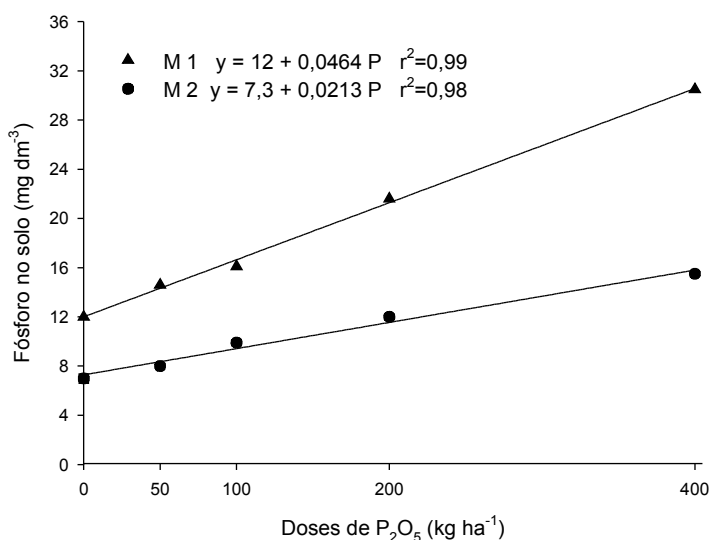


FIGURA 52. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅. Experimentos M1 e M2 possuem textura de 250 g kg⁻¹ de argila.

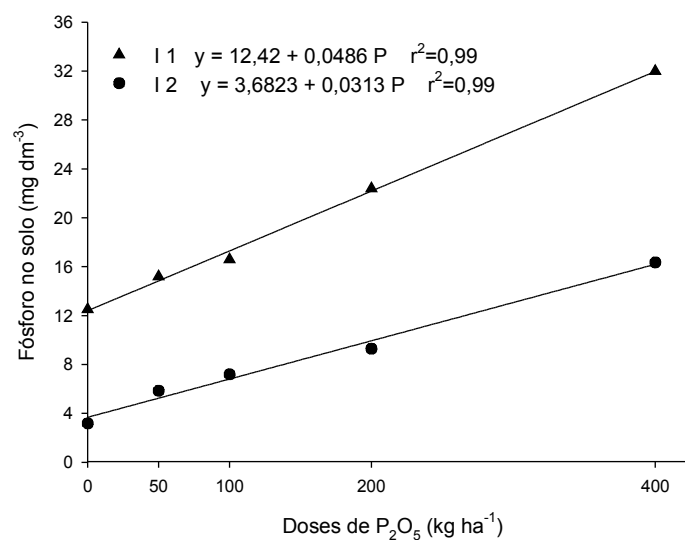


FIGURA 53. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅. Experimentos I1 possui 475 g kg⁻¹ de argila e I2 possui 360 g kg⁻¹ de argila.

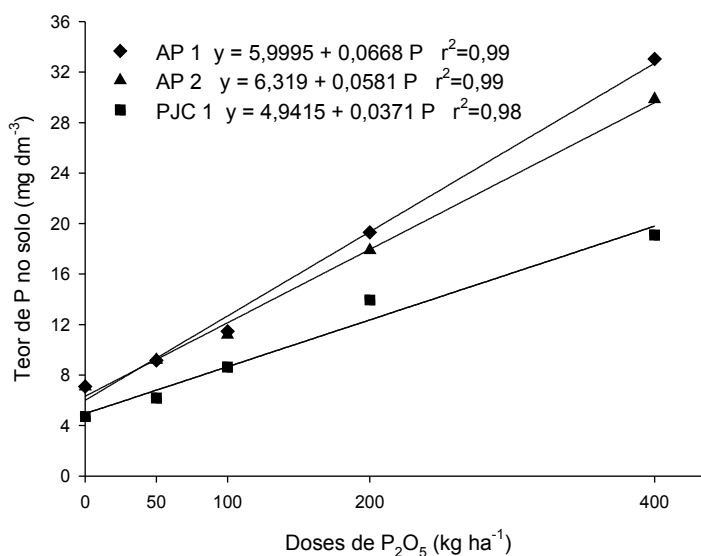


FIGURA 54. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹, em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅. No experimento AP1, possui 395 g kg⁻¹ de argila, AP2 possui 470 g kg⁻¹ de argila e PJC possui 560 g kg de argila⁻¹.

Na Figura 52 podemos verificar que, apesar dos solos aqui descritos apresentem uma textura semelhante, os mesmos tem comportamentos bem diferenciados com relação à elevação nos teores de P no solo. E analisando os solos mais argilosos este comportamento também foi semelhante entre os mesmos (Figura 53 e 54). Lembrando aqui que o fósforo aplicado ao solo não foi incorporado, isto é, se houve algum tipo de incorporação o mesmo ocorreu durante a semeadura, logo depois de realizada a aplicação a lanço. Neste sentido o efeito da textura não foi significativo.

Analisando a mesma Figura 52 podemos notar que para cada 100 kg de P_2O_5 aplicado nos dois experimentos M1 e M2, apresentam um aumento de $4,6 \text{ mg dm}^{-3}$ e $2,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, respectivamente. Deste modo o aumento do teor de P no experimento M2 foi menor, e quase que a metade do experimento M1. Já no caso dos experimentos I1 e I2 descritos na Figura 53, nota-se que para cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 aplicados, apresentam um aumento de $4,8 \text{ mg dm}^{-3}$ e $3,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, respectivamente. Deste modo o aumento do teor de P no experimento I1 apresentou um aumento de 35% superior quando comparado com o experimento I2.

Considerando a Figura 54 podemos notar que para cada kg de P_2O_5 aplicados nos experimentos AP1, AP2 e PJC1 apresentam um aumento de 6,7, 5,8 e $3,7 \text{ mg dm}^{-3}$ e $2,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, respectivamente, assim sendo que no experimento PJC o aumento foi de 54 e 36 % inferior quando comparado com os experimentos AP1 e AP2, respectivamente.

No caso dos experimentos M1, I1, AP1 e AP2 quando analisamos a tendência dos mesmos, verificamos que eles apresentam uma tendência semelhante, e superiores quando comparados com os experimentos M2, I2 e PJC (Figura 55). Tendência esta que pode ser atribuído em partes pelo teor inicial de fósforo no solo, na qual os experimentos M1, I1, AP1 e AP2 apresentam um teor inicial maior, quando comparados com os experimentos M2, I2 e PJC, onde os mesmos apresentavam teores iniciais de fósforo mais baixos e, por conseguinte, verificam uma menor resposta a construção dos níveis de fósforo no solo. Deste modo uma parte do fósforo aplicado ao solo são ligados aos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, desta maneira ficam adsorvidos nos mesmos e não expressam um incremento relevante nos níveis de fósforo no solo.

Neste sentido verificamos que os experimentos M1, I1, AP1 e AP2 apresentam um aumento maior nos teores de fósforo no solo para cada unidade de P_2O_5 aplicado quando comparados com os experimentos M2, I2 e PJC.

Para o melhor entendimento do mencionado mais acima, também é de vital importância que consideremos neste caso o histórico e manejo de aplicação de fósforo nas áreas estudadas,

lembrando que os experimentos M2, I2 e PJC provém de áreas sem histórico de aplicação de fósforo, além de não serem manejadas corretamente, isto é, ao correr dos anos os mesmos receberam doses muito baixas ou quase não receberam fósforo, desta maneira o fósforo se encontra pouco disponível. Em contrapartida os experimentos M1, I1, AP1 e AP2 apresentam uma situação inversa, isto é, os mesmos vêm sendo conduzidos no sistema plantio direto a mais de 12 anos em média, e com uso racional de fertilizantes fosfatados.

Considerando esses fatores os diferentes experimentos em estudo, foram separados em dois grupos, um deles com aqueles experimentos onde as áreas apresentam histórico de adubação e no outro onde estão os experimentos sem histórico de adubação (Figura 55), esse procedimento foi realizado com o principal objetivo de estimar as quantidades de P_2O_5 a serem aplicados para elevar 1 mg dm^{-3} no solo, os quais estão descritos nas Tabelas 25 e 26.

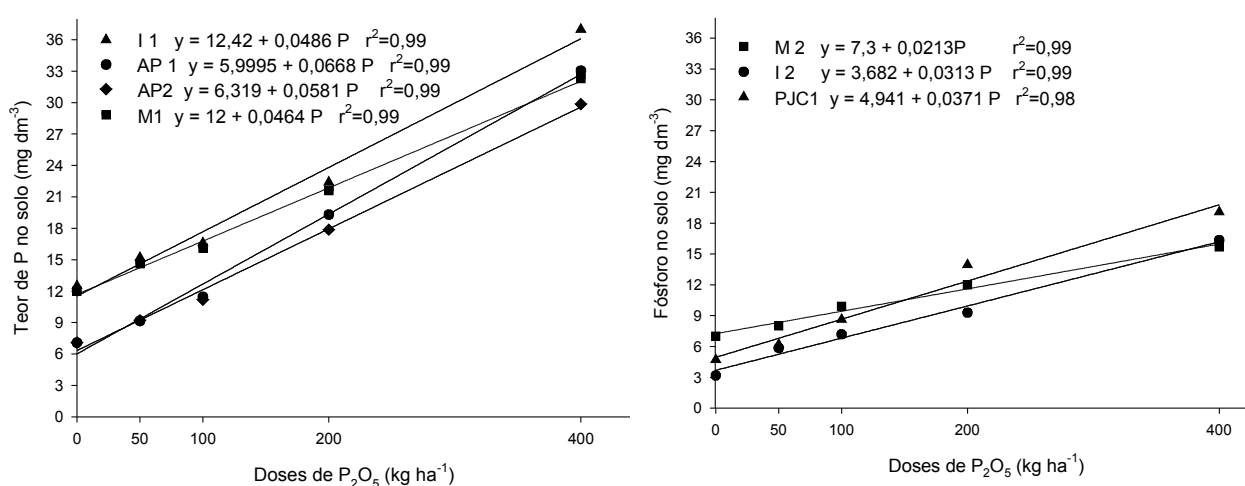


FIGURA 55. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função da aplicação de doses de P_2O_5 nos experimentos com histórico de adubação fosfatada, à esquerda, (M1, I1, AP1 e AP2) e sem histórico de adubação fosfatada, à direita, (M2, I2 e PJC1).

Na Figura 55 foi verificado que os solos aqui chamados de solos sem histórico de adubação, apresentaram um incremento médio de $3,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para cada 100 kg de P_2O_5 aplicado. E no caso dos solos com histórico de adubação esse incremento médio foi de $5,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P para cada 100 kg de P_2O_5 . Isto significa que as áreas com históricos de adubação tiveram incremento superior de 46% quando comparada com as áreas sem históricos de adubação.

O comportamento dos diferentes solos estudados foram semelhantes quanto a criação de níveis de fósforo, lembrando que os mesmos diferiam na quantidade de argila variando de 250 g kg⁻¹ a 560 g kg⁻¹ de argila.

Os resultados aqui apresentados (Tabela 25 e 26) indicam que as respostas ao incremento dos níveis de fósforo no solo provocadas por adubação fosfatadas a lanço têm mais influência pelo teor inicial de fósforo no solo e o histórico de adubações das áreas, do que pelos teores de argila encontradas nos mesmos.

TABELA 28. Quantidade necessária de P₂O₅ em kg ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P em solos com histórico de adubação fosfatada sob SPD.

Experimento	Teor argila --g kg ⁻¹ --	r ²	Equação	Necessidade de P ₂ O ₅ para elevar 1 mg dm ⁻³ de P -----Kg ha ⁻¹ -----
M 1	250	0,99	Y = 12,0 + 0,046 P	21,6
I 1	470	0,99	Y = 12,4 + 0,048 P	20,6
AP 1	395	0,99	Y = 5,99 + 0,067 P	15,0
AP 2	470	0,99	Y = 6,32 + 0,058 P	17,2
Media	396	0,99	Y = 9,18 + 0,055 P	18,6

Na Tabela 28 podemos observar que serão necessários em média 18,6 kg de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ nas áreas com histórico de adubação, e separando os mesmos em duas classes texturais, isto é, uma de 250 a 400 g kg⁻¹ de argila M1 e AP1 e a outra de 410 até mais ou menos 600 g kg⁻¹ de argila AP2, podemos verificar que nos solos onde se tem menor teor de argila precisariam em média da adição de 18,3 kg de P₂O₅ ha⁻¹, e no caso dos que tem maior teor de argila 18,9 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ no solo. Esta diferença é de 1 kg de P₂O₅ considerando a classe textural.

TABELA 29. Quantidade adicionada de P₂O₅ em kg ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P em solos sem histórico de adubação fosfatada sob SPD.

Experimento	Teor argila --g kg ⁻¹ --	r ²	Equação	Necessidade de P ₂ O ₅ para elevar 1 mg dm ⁻³ de P -----Kg ha ⁻¹ -----
M 2	250	0,99	Y = 7,30 + 0,021 P	46,9
I 2	355	0,99	Y = 3,68 + 0,031 P	31,9
PJC	560	0,98	Y = 4,94 + 0,037 P	27,0
Média	380	0,99	Y = 5,20 + 0,030 P	35,3
Média geral				25,7

Analisando a Tabela 29 podemos observar que serão necessários em média 35,3 kg de P_2O_5 para elevar 1 mg dm^{-3} nos experimentos que apresentam áreas sem histórico de adubação, os experimentos M2, I2 e PJC. Nota-se que neste caso também o efeito da textura foi pequeno, isto é, não significativo. E novamente seguindo a mesma linha de separar os solos em duas classes texturais, foi observado que os solos que estariam na faixa de 250 a 400 g kg^{-1} de argila (experimentos M2 e I2) e aqueles que estão entre a faixa de 410 a 600 g kg^{-1} de argila (experimento PJC), isto é, solos que tem menor teor de argila, necessitam 39,4kg de $P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$ e os de maior teor de argila necessitam 27,0 kg de $P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$ para elevar 1 mg dm^{-3} no solo. Então neste caso temos uma diferença de 31,5% entre a quantidade de P_2O_5 necessárias para se elevar os níveis no solo. Lembrando aqui que os resultados obtidos não eram esperados, isto é, que quanto mais teor de argila normalmente o esperado é que aumente a necessidade de P_2O_5 para elevação do teor de P no solo. Este comportamento pode ser atribuído ao numero reduzido de solos estudados neste projeto. Deste modo, estima-se que outros fatores de manejo com o passar dos anos poderão influenciar nos resultados e desta forma interferir no efeito da textura.

Observa-se desta forma que a média geral de todos os experimentos conduzidos são necessários 27 kg de $P_2O_5 \text{ ha}^{-1}$ para elevar 1 mg dm^{-3} de P no solo.

Neste sentido (Figura 56), foi verificado com os resultados obtidos, que o teor de argila não teria muita influência no que diz respeito à elevação do fósforo no solo em áreas manejadas com o sistema plantio direto e com históricos de adubação, e por outro lado, a influência e a importância do teor inicial de fósforo de cada solo em questão.

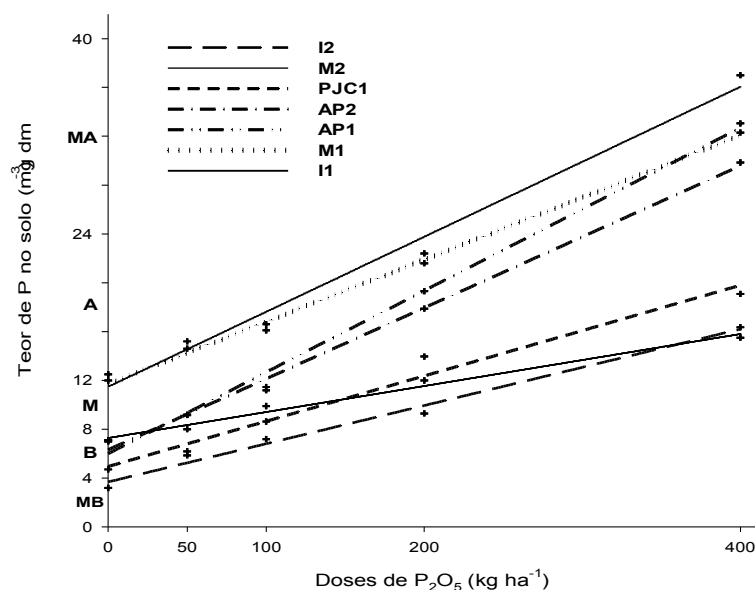


FIGURA 56. Incremento do teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função de doses de P₂O₅ aplicado. Faixas de fertilidade do solo: Muito Baixo (MB), Baixo (B), Alto (A) e Muito Alto (MA).

Analisando a Figura 56 podemos notar que os experimentos M2, I2, AP1, AP2 e PJC1 tiveram inicialmente um teor baixo de fertilidade (B) apresentando desta forma respostas com tendências lineares com relação à criação dos níveis de fósforo. Por outro lado os experimentos AP1 e AP2 que apresentaram teores iniciais semelhantes ao do M2 e maiores quando comparados com os experimentos I2 e PJC, verificam respostas maiores com relação à construção dos níveis de fósforo à medida que aumenta as doses de fósforo aplicadas ao solo. Isto pode ser atribuído ao preenchimento anterior ou pré-existente dos sítios de adsorção de fósforo, neste sentido, o fósforo aplicado terá uma adsorção de menor energia, tendo como resultado um aumento mais rápido no que diz respeito aos teores de fósforo no solo para cada unidade de fósforo adicionado ao solo.

Os resultados aqui obtidos sugerem que na adoção do sistema plantio direto, o mesmo, apresenta uma fase inicial, na qual a construção de níveis de fósforo necessita uma quantidade maior de fertilizantes fosfatados. No entanto, com o passar dos anos a saturação dos sítios mais ávidos por fósforo, possibilita, que a construção dos níveis de fósforo aconteça de forma mais acelerada e intensa. Além dos fatores ligados à química do solo, não devemos esquecer de outros fatores ligados a atividade biológica, ao aumento da Matéria Orgânica, ciclagem de nutrientes e de redução das perdas de fósforo. Onde devemos considerar e dar ênfase neste

fato, considerando que não são incomuns os casos de produtores rurais que costumam conservar a mesma dose de fósforo em áreas sob sistema de plantio direto por vários anos, onde os mesmos têm como resultado teores maiores a 40 mg dm^{-3} de P no solo.

Portanto, a disponibilidade do fósforo está diretamente relacionada à textura e a concentração de óxidos de Fe e Al, especialmente em sistemas que tenham revolvimento do solo. Já no caso do sistema plantio direto, os fertilizantes são aplicados sobre a superfície, e sem revolvimento do solo, junto com a deposição dos restos culturais, que também estão na superfície do solo, os quais facilitam a ciclagem nessa camada do solo, obtendo-se também uma diminuição nas perdas de fósforo e com isso ocorre um acúmulo na superfície do solo (Muzilli, 1983). Segundo Guertal et al.(1983) nessa camada, isto é, na superfície do solo, sua sorção é menor, o que está relacionado com a saturação dos sítios de adsorção e na diminuição da energia de ligação do fosfato com os colóides do solo, com isso, se obtém um aumento de fósforo em formas mais lábeis. Conseqüentemente, temos a hipótese de que a concentração superficial de fósforo estaria favorecendo a saturação dos sítios, dessa forma estaria aumentando a disponibilidade, neste sentido a textura e a concentração de óxidos de Fé e Al apresentarão uma menor influência no que diz respeito à disponibilidade de fósforo no solo.

Segunda etapa do projeto

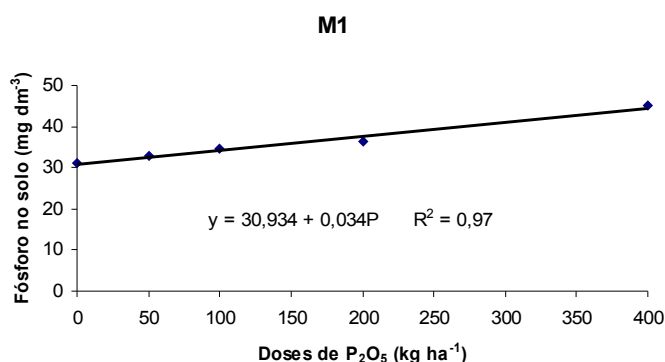


FIGURA 57. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento M1 com textura de 250 g kg⁻¹ de argila.

Observa-se na Figura 57 que o experimento M1 apresenta aumento nos teores de fósforo no solo com o aumento das doses, também foi verificado que para cada 100 kg de P₂O₅ aplicado neste solo houve um acréscimo de 3,4 mg dm⁻³ de P no solo.

No caso do solo do experimento I2 (Figura 58), apresenta o mesmo comportamento do M1, onde foram aumentando os teores com o aumento das doses, e foi verificado um acréscimo igual ao obtido no M1, isto é, de 3,4 mg dm⁻³ de P no solo.

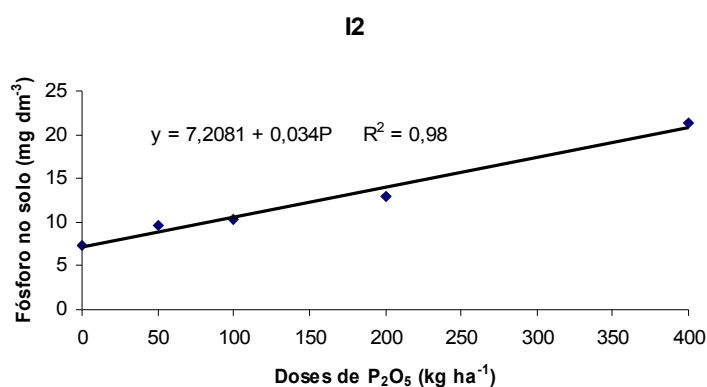


FIGURA 58. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento I2 com textura de 360 g kg⁻¹ de argila.

Na Figura 59 observou-se que para cada 100 kg de P₂O₅ aplicado para o solo AP1 houve um acréscimo de 6,1 mg dm⁻³ de P no solo. E na Figura 60 para o solo de AP2 esse acréscimo foi de 5,0 mg dm⁻³ de P no solo, tendo em conta que estes dois solos são solos que apresentam uma das maiores quantidades de argila, onde que os acréscimos foram similares, isto confirma o que já foi verificado na primeira etapa do projeto onde o efeito da textura foi pequeno.

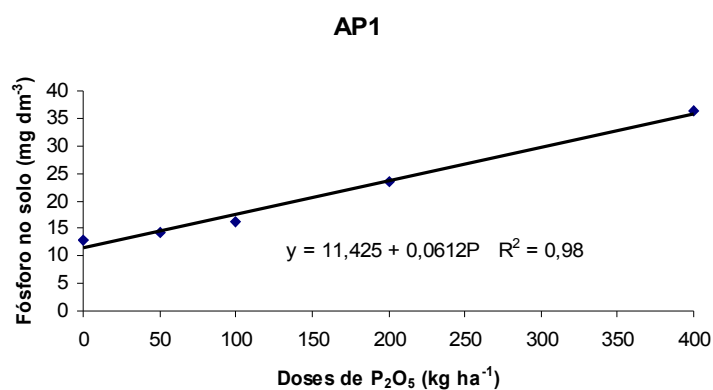


FIGURA 59. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento AP1 com textura de 395 g kg⁻¹ de argila.

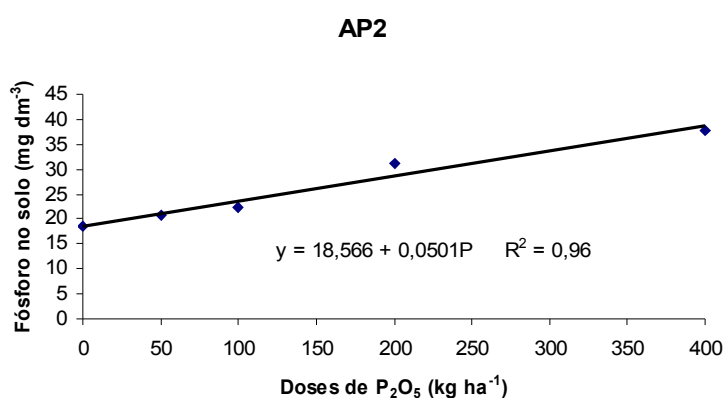


FIGURA 60. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento AP2 com textura de 470 g kg⁻¹ de argila.

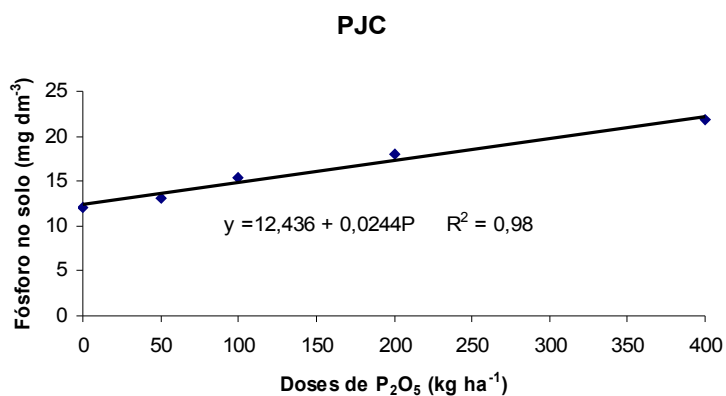


FIGURA 61. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função da aplicação de diferentes doses de P₂O₅, experimento PJC com textura de 560 g kg⁻¹ de argila.

No solo do experimento PJC (Figura 61) para cada 100 kg de P₂O₅ aplicado, houve um acréscimo de 2,4 mg dm⁻³ de P no solo. Este quando comparado com os experimentos de AP1 e AP2 apresentou um valor menor no acréscimo para cada 100 kg de P₂O₅ aplicado.

Os experimentos AP1 e AP2 foram os que apresentaram maiores valores de elevação nos teores de fósforo no solo por unidade de P₂O₅ aplicado do que os experimentos M1 e I2. Comportamento também verificado na primeira etapa do projeto.

Assim como na primeira etapa do projeto também consideramos o fator histórico e manejo de adubação fosfatadas das áreas em estudo, para tal efeito, foram separados os diferentes experimentos em dois grupos, o primeiro onde foram inseridas os experimentos I2 e PJC, que provém de áreas com manejo inadequado do solo ou chamados aqui sem histórico de adubação fosfatada, isto se refere, que nas mesmas, as doses aplicadas anteriormente foram muito baixas ou quase não receberam adubação fosfatada, mantendo desta forma uma quantidade de fósforo pouco disponível. Os experimentos M1, AP1 e AP2 fazem parte do segundo grupo as quais são áreas quem vem sendo manejadas com SPD a mais de 12 anos em média e com uma utilização racional de adubação fosfatada, então seriam um grupo de solos com histórico de adubação e o outro sem histórico de adubação (Figura 62).

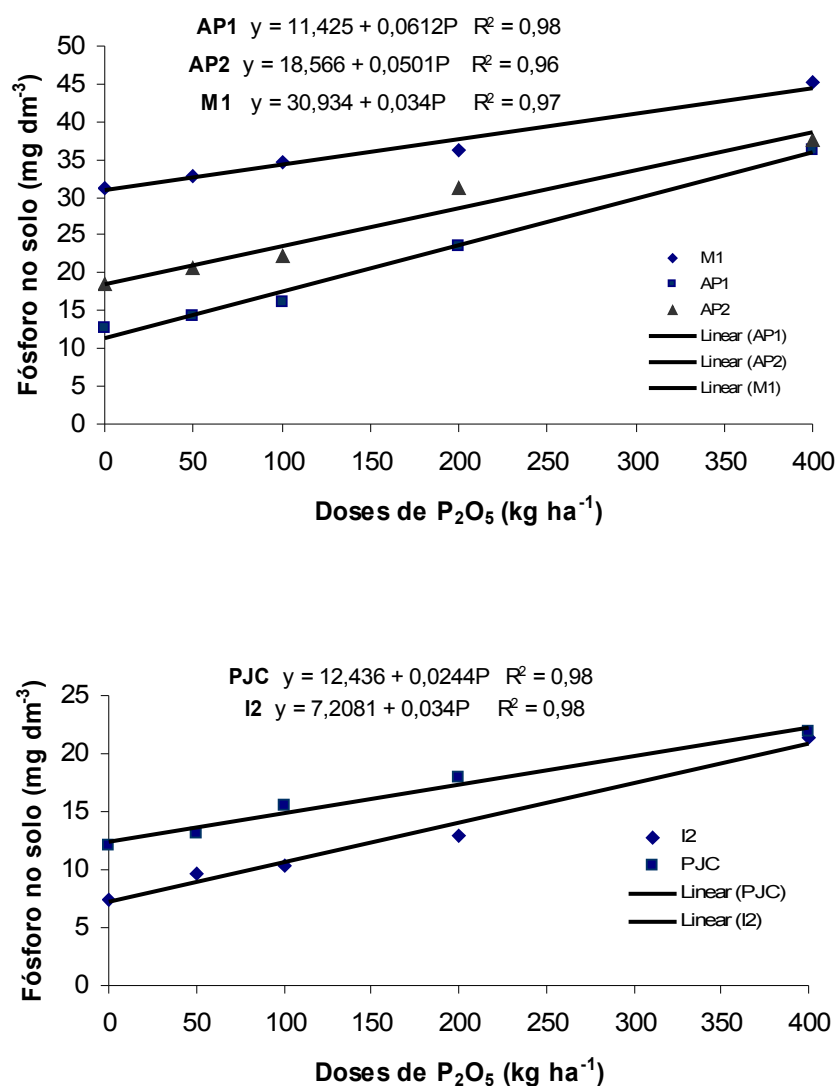


FIGURA 62. Teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função da aplicação de doses de P₂O₅ nos experimentos com histórico de adubação fosfatada, acima, (M1, AP1 e AP2) e sem histórico de adubação fosfatada, abaixo, (I2 e PJC).

Na Figura 62 foi verificado que os solos aqui chamados de solos sem histórico de adubação, apresentaram um incremento médio de 2,9 mg dm⁻³ para cada 100kg de P₂O₅ aplicado. E no caso dos solos com histórico de adubação esse incremento médio foi de 4,9 mg dm⁻³ de P para cada 100 kg de P₂O₅. Isto significa que as áreas com históricos de adubação tiveram incremento superior de 40% quando comparada com as áreas sem históricos de adubação.

O comportamento dos diferentes solos estudados foram semelhantes quanto a criação de níveis de fósforo, lembrando que os mesmos diferiam na quantidade de argila variando de 250 g kg⁻¹ a 560 g kg⁻¹ de argila.

Os resultados aqui apresentados (Tabela 30 e 31) indicam que as respostas ao incremento dos níveis de fósforo no solo provocadas por adubação fosfatadas a lanço têm mais influência pelo teor inicial de fósforo no solo e o histórico de adubações das áreas, do que pelos teores de argila encontradas nos mesmos. Comportamento similar foi verificado na primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005).

TABELA 30. Quantidade necessária de P₂O₅ em kg ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P em solos com histórico de adubação fosfatada sob SPD.

Experimento	Teor argila --g kg ⁻¹ --	r ²	Equação	Necessidade de P ₂ O ₅ para elevar 1 mg dm ⁻³ de P -----Kg ha ⁻¹ -----
M 1	250	0,97	y = 30,934 + 0,034P	30
AP 1	395	0,98	y = 11,425 + 0,0612P	16
AP 2	470	0,96	y = 18,566 + 0,0501P	20
Média	371	0,97	Y = 20,308 + 0,0485P	22

Na Tabela 30 podemos observar que serão necessários em média 22 kg de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ nas áreas com histórico de adubação, e separando os mesmos em duas classes texturais, isto é, uma de 250 a 400 g kg⁻¹ de argila M1 e AP1 e a outra de 410 até mais ou menos 600 g kg⁻¹ de argila AP2, podemos verificar que nos solos onde se tem menor teor de argila precisariam em média da adição de 23 kg de P₂O₅ ha⁻¹, e no caso dos que tem maior teor de argila 20 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ no solo. Esta diferença é de 3 kg de P₂O₅ considerando a classe textural.

Fazendo uma análise geral do projeto e considerando os experimentos com histórico de adubação, temos que na primeira etapa do projeto foi verificado para os solos classe 2, isto é, solos com menor teor de argila, precisariam em média 18,3 kg de P₂O₅ ha⁻¹, e para o solo classe 1, com maior teor de argila, precisariam em média 18,9 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ no solo. E na segunda etapa do projeto precisariam de 23 e 20 kg de P₂O₅ há⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ no solo respectivamente. E fazendo uma média geral do projeto dos solos com histórico de adubação, temos que serão necessários em média 20,65 kg de P₂O₅ ha⁻¹ para

os solos classe 2, isto é, solos com menor teor de argila, e para o solo classe 1, com maior teor de argila, será necessários em média 19,45 kg de P_2O_5 ha^{-1} para elevar 1 mg dm^{-3} no solo.

TABELA 31. Quantidade adicionada de P_2O_5 em kg ha^{-1} para elevar 1 mg dm^{-3} de P em solos sem histórico de adubação fosfatada sob SPD.

Experimento	Teor argila	r^2	Equação	Necessidade de P_2O_5 para elevar 1 mg dm^{-3} de P
	--g kg^{-1} --			-----Kg ha^{-1} -----
I 2	355	0,98	$y = 7,2081 + 0,034P$	31
PJC	560	0,98	$y = 12,436 + 0,0244P$	40
Média	457	0,98	$Y = 9,82205 + 0,0292P$	35,5
Média geral				27,4

Na Tabela 31 podemos observar que serão necessários em média 35,5 kg de P_2O_5 para elevar 1 mg dm^{-3} nas áreas sem histórico de adubação I2 e PJC. Neste caso podemos observar que a diferença entre os dois experimentos é de 9 kg ha^{-1} , e considerando o efeito da argila, também não seria muito significativo lembrando que nesta segunda etapa do projeto não foi conduzido o experimento M2 que provavelmente deixaria esse efeito ainda menor. Foi observado que os solos que estariam na faixa de 250 a 400 g kg^{-1} de argila, isto é, solo classe 2, (I2) e aqueles que estão entre a faixa de 410 a 600 g kg^{-1} de argila, solo classe 1, PJC, isto é, solos que tem menor teor de argila, necessitam 31kg de P_2O_5 ha^{-1} , um valor de 39,4 kg de P_2O_5 ha^{-1} foi verificado na primeira etapa do projeto, e os de maior teor de argila necessitam 40 kg de P_2O_5 ha^{-1} para elevar 1 mg dm^{-3} no solo, um valor de 27 kg de P_2O_5 ha^{-1} foi verificado na primeira etapa do projeto. Neste sentido, no caso da segunda etapa do projeto temos uma diferença de 22,5% entre a quantidade de P_2O_5 necessárias para se elevar os níveis de P no solo. E fazendo uma média geral do projeto dos solos sem histórico de adubação, temos que será necessário em média 35,2 kg de P_2O_5 ha^{-1} para os solos classe 2, isto é, solos com menor teor de argila, e para o solo classe 1, com maior teor de argila, será necessários em media 33,5 kg de P_2O_5 ha^{-1} para elevar 1 mg dm^{-3} no solo.

Observa-se desta forma que a média geral de todos os experimentos conduzidos na segunda etapa do projeto são necessários 28,75 kg de P_2O_5 ha^{-1} para elevar 1 mg dm^{-3} de P no solo. Um valor de 27 kg de P_2O_5 ha^{-1} foi verificado na primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005). Agora analisando o projeto globalizado, temos uma média de 27,87 kg de P_2O_5 ha^{-1} para elevar 1 mg dm^{-3} de P no solo. Considerando essa necessidade para cada etapa do projeto

temos na primeira etapa para os solos com histórico de adução onde foram necessários em media 18,6 Kg de P_2O_5 ha^{-1} , e para os solos sem histórico de adubação foram necessários 35,3 Kg de P_2O_5 ha^{-1} . No caso da segunda etapa do projeto temos um valor de 22 Kg de P_2O_5 ha^{-1} para solos com histórico de adubação, e para os solos sem adubação 35,5 Kg de P_2O_5 ha^{-1} . Fazendo uma média geral destes resultados vemos que para o solos com histórico de adubação são necessários 20,3 Kg de P_2O_5 ha^{-1} , e para os solos sem histórico de adubação são necessários 35,4 Kg de P_2O_5 ha^{-1} para elevar 1 $mg\ dm^{-3}$ de P no solo.

Quando analisamos os experimentos tendo em conta o teor de argila sem o histórico de adubação temos, para os solos classe 1, na primeira etapa do projeto será necessários 21,6 Kg de P_2O_5 ha^{-1} , e para o solo classe 2, será necessários 28,85 Kg de P_2O_5 ha^{-1} para elevar 1 $mg\ dm^{-3}$ de P no solo. Analisando a segunda etapa do projeto temos, para os solos classe 1, será necessários 30 Kg de P_2O_5 ha^{-1} , e para o solo classe 2, será necessários 25,6 Kg de P_2O_5 ha^{-1} para elevar 1 $mg\ dm^{-3}$ de P no solo. Fazendo uma média geral destes resultados vemos que para o solos classe 1, são necessários 25,8 Kg de P_2O_5 ha^{-1} , e para os solos classe 2, são necessários 27,22 Kg de P_2O_5 ha^{-1} para elevar 1 $mg\ dm^{-3}$ de P no solo.

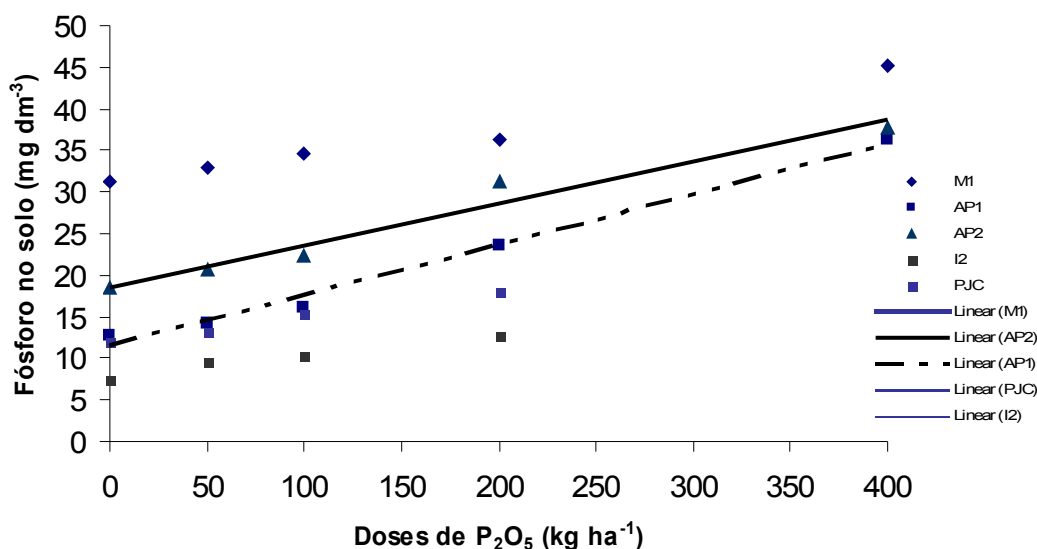


FIGURA 63. Incremento do teor de fósforo no solo extraído por Mehlich⁻¹ em função de doses de P_2O_5 aplicado.

Todos os experimentos que foram conduzidos tiveram uma resposta linear à criação dos níveis de P (Figura 63). Os experimentos AP1 e PJC que apresentaram teores de fósforo

iniciais similares, tiveram repostas diferentes, isto é, o experimento AP1 teve uma maior resposta na construção dos níveis de P com os aumentos nas doses de P_2O_5 aplicado ao solo.

5.18 Aplicação de P_2O_5 nos diferentes níveis de fertilidade construídos na primeira e segunda etapa do projeto.

Aqui serão descritas as necessidades de P_2O_5 para alcançar o teor crítico para cada solo estudado na primeira e segunda etapa do projeto.

Neste sentido para cada experimento, isto é, para cada solo estudado, foi calculada uma equação de aumento do teor de P_2O_5 no solo em função das doses 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 aplicadas na adubação de manutenção das culturas na primeira etapa do projeto, e no caso da segunda etapa do projeto foram aplicadas mais uma dose específica na dose 120 no nível 200. Isto é, no experimento de AP1, I2 e PJC das safras de milho e soja 2004-2005 foram aplicadas as doses de criação, mais duas doses de 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 respectivamente. Nos experimentos M1, AP2 e I2 da safra de trigo 2005 foram aplicadas as doses de criação, mais duas doses de 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , mais uma dose específica na dose 120 no nível 200. E nos experimentos AP2, I2 e PJC da safra de milho e soja 2005-2006 foram aplicadas as doses de criação, mais duas doses de 0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de P_2O_5 , mais duas doses específicas na dose 120 no nível 200.

Com as equações obtidas foi calculada a necessidade para alcançar o teor crítico nos solos que se encontravam com teores menores a este.

Primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005)

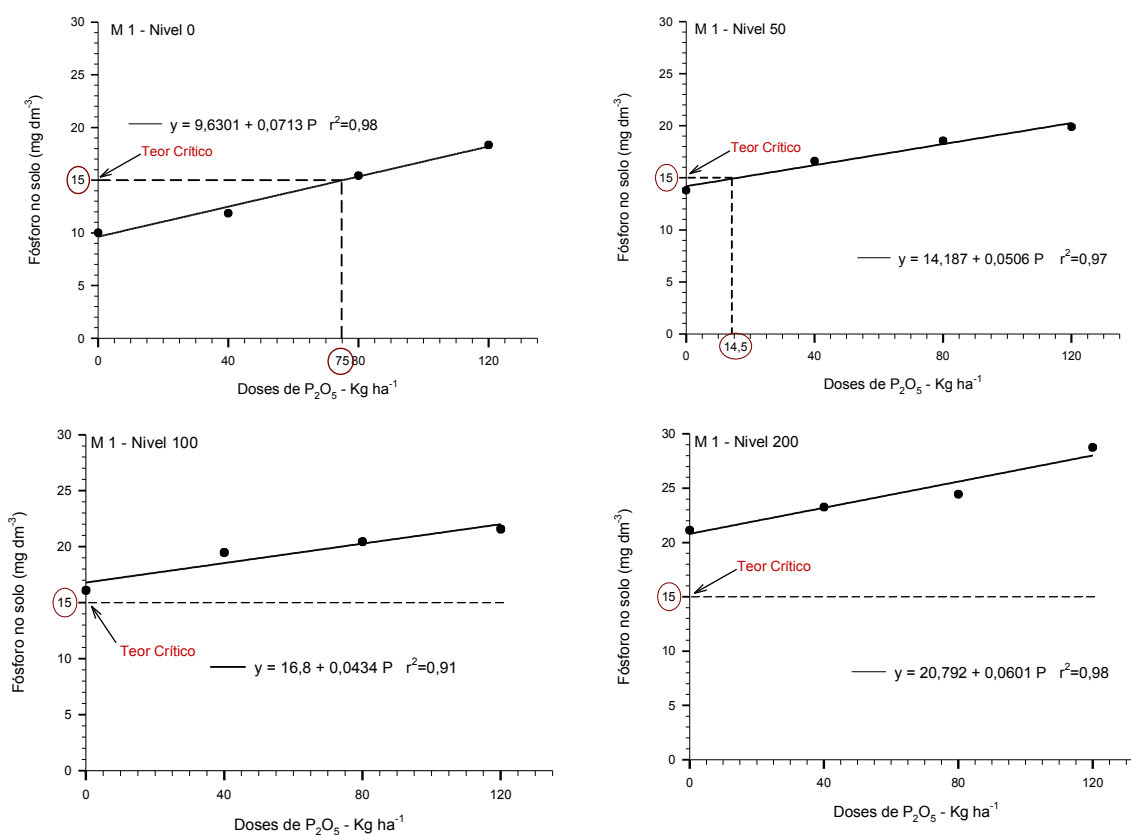


FIGURA 64. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento M1.

Analisando a Figura 64 podemos notar que no nível 0 com teor inicial de 9,6 mg dm⁻³ de P no solo considerado como uma faixa baixa de fertilidade, foi necessário 75 kg ha⁻¹ para alcançar o teor crítico, no caso do nível 50 com um teor inicial de 14,2 mg dm⁻³ de P no solo faixa média de fertilidade, a necessidade diminuiu para 14,5 kg ha⁻¹. E desde o nível 100 e 200 com faixas consideradas altas de fertilidade, não foram necessários a adição da dose de manutenção para alcançar o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. Salientando que à medida que o teor inicial de P no solo aumenta, a necessidade de adição de adubo diminui para alcançar o teor crítico. Neste caso o experimento M1, aumentou em média, 5,6 mg dm⁻³ de P no solo, para cada 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado.

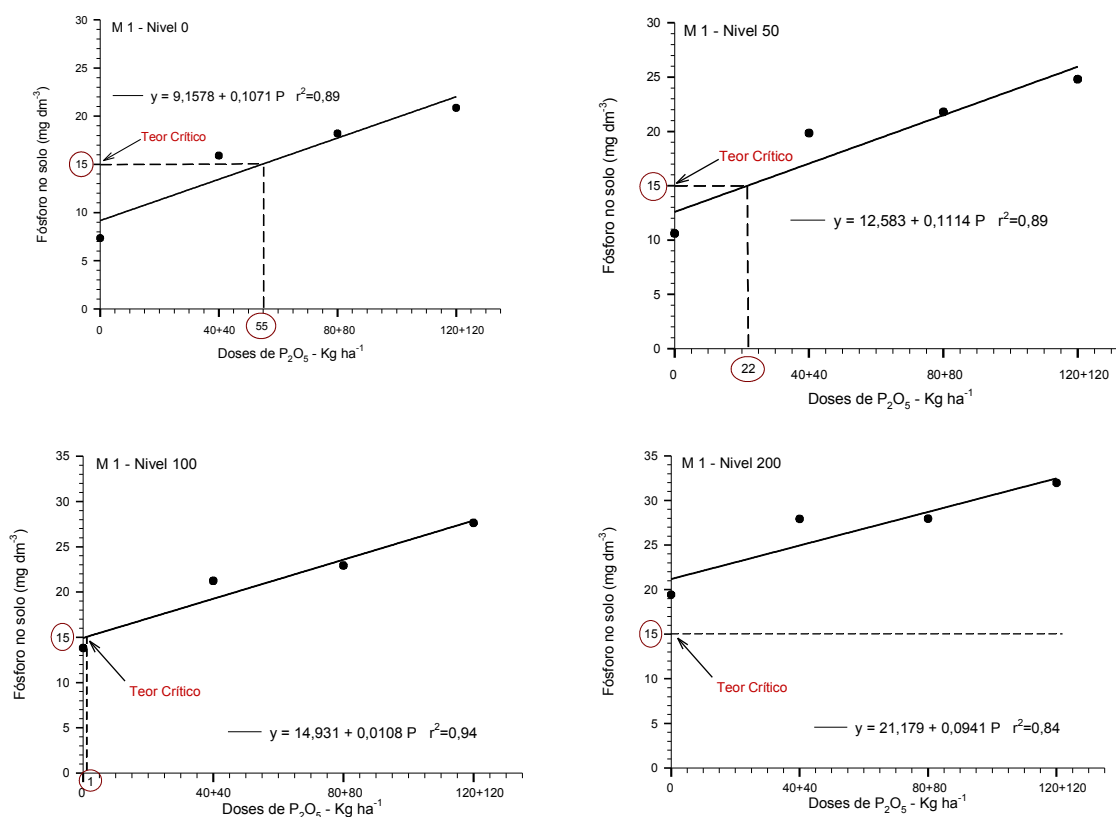


FIGURA 65. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a reaplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento M1.

Considerando o mesmo experimento, isto é, o M1 (Figura 65), mas neste caso analisando a reaplicação das doses de fósforo, podemos notar um aumento maior no teor de P no solo a cada 100 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados. Apresentando neste caso um incremento em média de 8 mg dm⁻³ de P no solo para cada 100 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, isto é, uns 30% maior quando comparada com a primeira aplicação. Podemos notar também que no nível 0 com teor inicial de 9,2 mg dm⁻³ de P no solo considerado como uma faixa baixa de fertilidade, foi necessário 95 kg ha⁻¹ para alcançar o teor crítico, o qual seria, 20 kg ha⁻¹ a mais que a primeira aplicação. No caso do nível 50 com um teor inicial de 12,6 mg dm⁻³ de P no solo faixa média de fertilidade, a necessidade foi de 22 kg ha⁻¹ para alcançar o nível crítico, sendo assim 7,5 kg ha⁻¹ a mais que a primeira aplicação. No nível 100 com teor de 14,9 mg dm⁻³, notamos que foi necessário 1 kg ha⁻¹ para alcançar o nível crítico. E no nível 200 com faixas consideradas altas de fertilidade, não foram necessários à adição da dose de manutenção para alcançar o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. Salientando que à medida que o teor inicial de P no solo aumenta, a necessidade de adição de fertilizante diminui para alcançar o teor crítico. Considerando aqui, que os sítios mais ávidos pela adsorção de fósforo estão mais preenchidos.

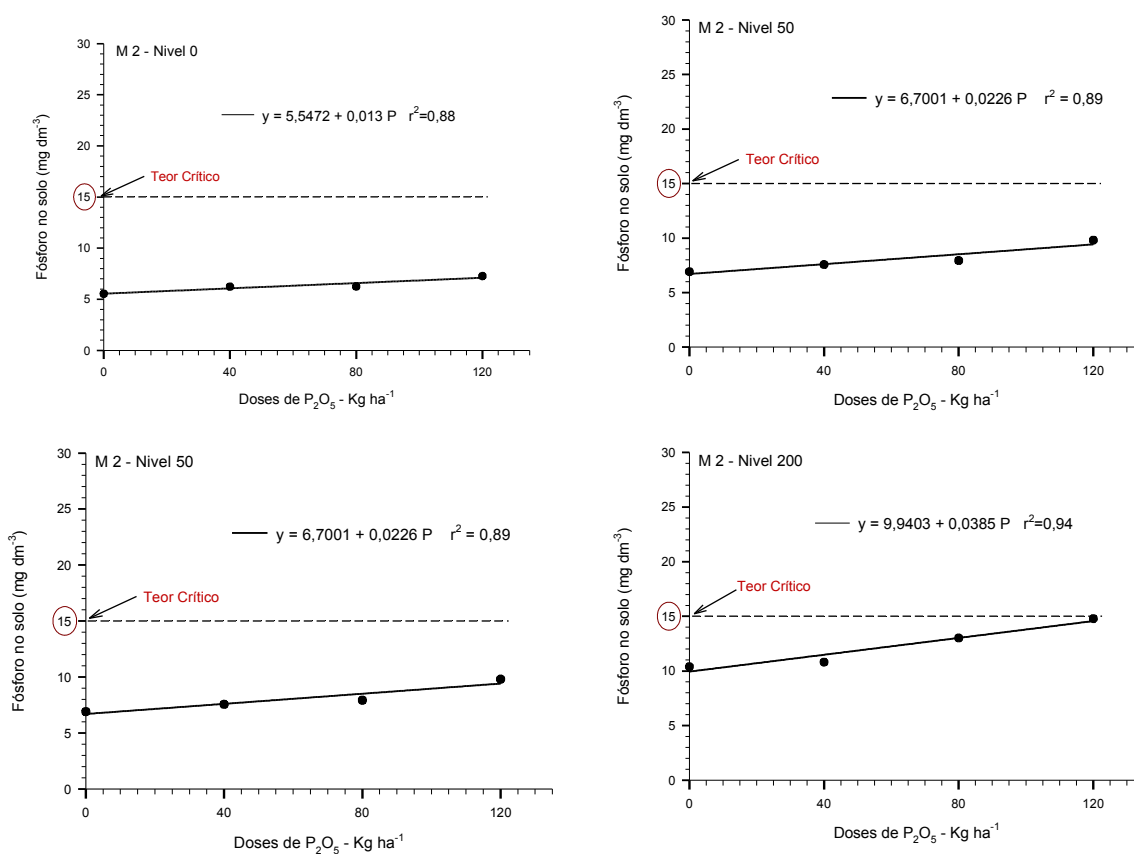


FIGURA 66. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento M2.

Analisando o experimento M2 que esta descrita na Figura 66, nota-se que, as diferentes doses de manutenção não foram suficientes para alcançar o nível crítico. Considerando que o solo em questão apresenta maior poder tampão quando comparado com o experimento M1, neste sentido, a necessidade de fósforo para elevar o teor do mesmo no solo é maior. O aumento em média aqui foi 2,4 mg dm⁻³ de P no solo, para cada 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado, isto é, um incremento de 50 % inferior quando comparado ao experimento M1.

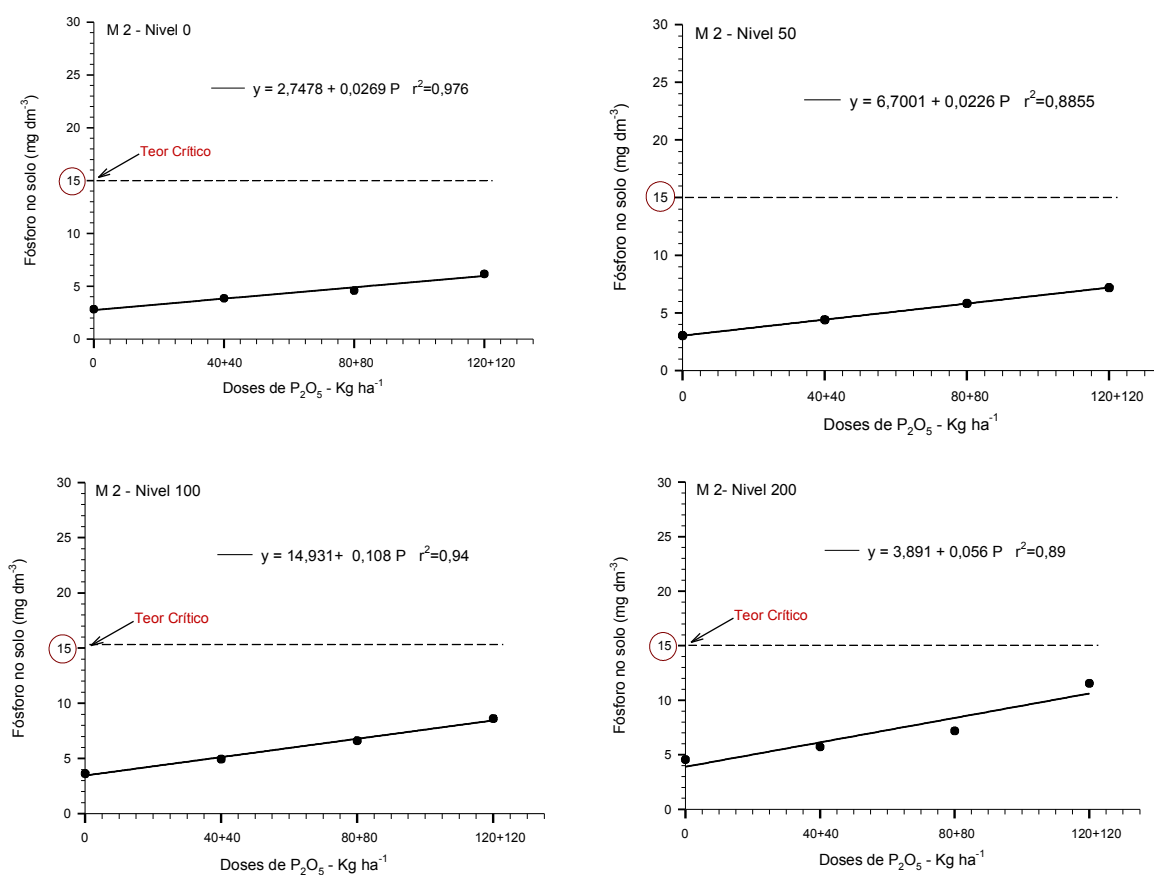


FIGURA 67. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a reaplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento M2.

Considerando o mesmo experimento, isto é, o M2 (Figura 67), mas neste caso analisando a reaplicação das doses de fósforo, podemos notar que nas diferentes doses de manutenção aplicadas não foram suficientes para alcançar o nível crítico como foi observado também na Figura 66. O aumento em média aqui foi 2,9 mg dm⁻³ de P no solo, para cada 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicado, salientando o alto poder tampão deste solo. Quando comparamos com o experimento M1 da Figura 65, observa-se que o M1 é 72% maior com relação ao aumento de fósforo no solo. Lembrando aqui, que os experimentos M1 e M2 apresentam o mesmo teor de argila com 250 g kg⁻¹, entretanto considerando o teor inicial de fósforo no solo e o histórico de adubação são diferentes.

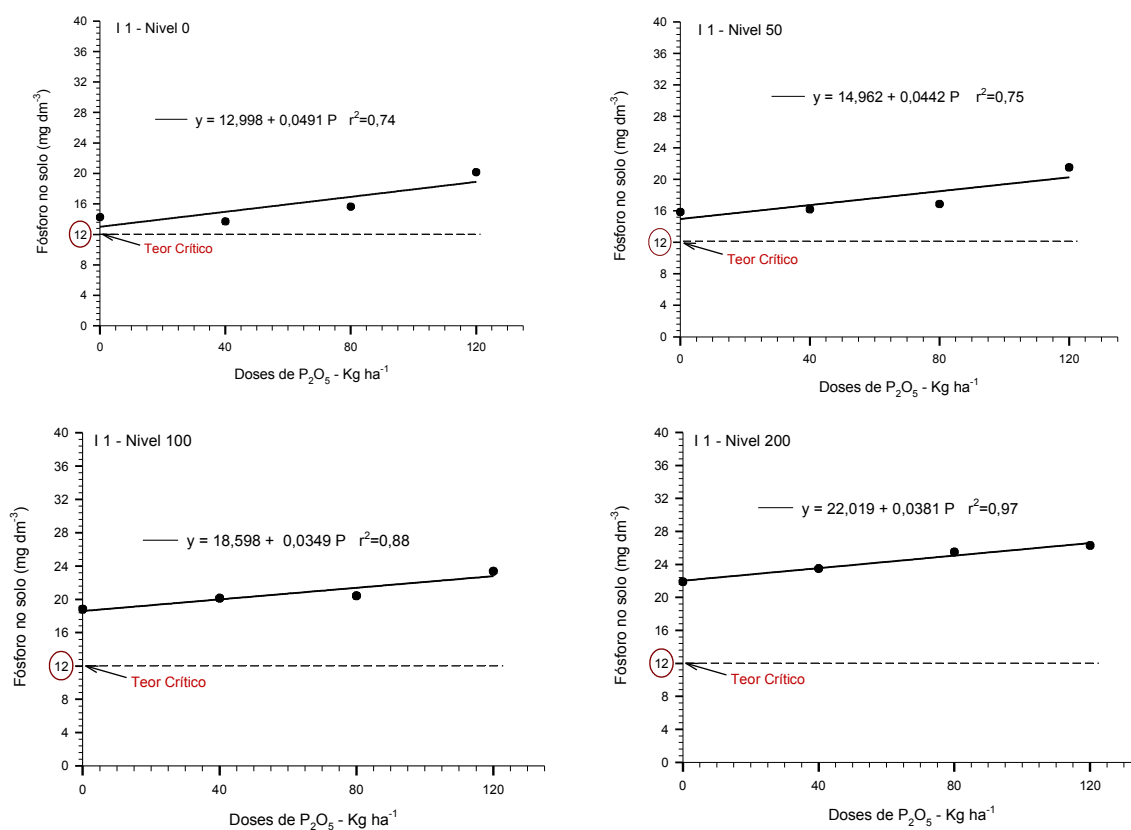


FIGURA 68. Teor de P extraído por Mehlich¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento II.

Analisando a Figura 68, o experimento II com faixas consideradas altas de fertilidade, não foram necessários à adição da dose de manutenção para alcançar o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. Observamos também que o mesmo tem um aumento médio de P no solo de 4,1 mg dm⁻³ para cada 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados.

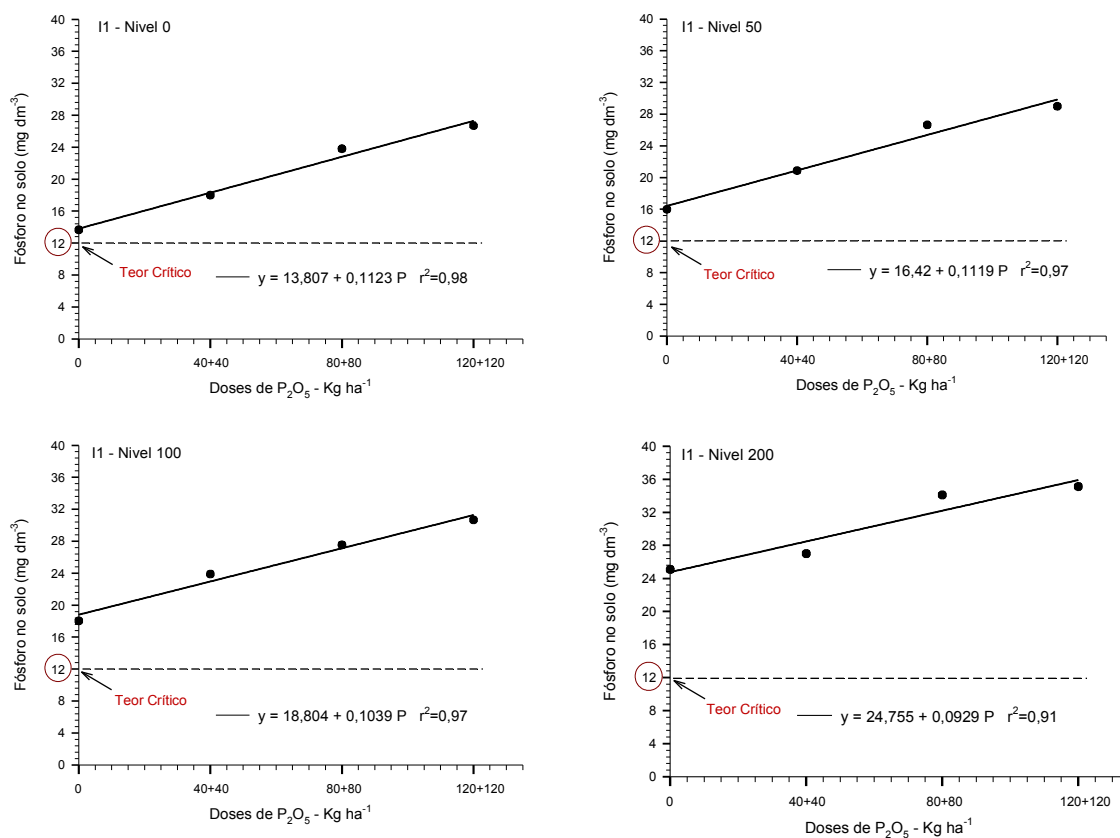


FIGURA 69. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a reaplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I1.

Considerando o mesmo experimento, isto é, o I1 (Figura 69), mas neste caso analisando a reaplicação das doses de fósforo, foi verificado a mesma tendência anterior, onde o teor inicial de P no solo, já está acima do teor crítico. Apesar disso podemos notar um aumento maior no teor de P no solo a cada 100 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados. Apresentando neste caso um incremento em média de 10,3 mg dm⁻³ de P no solo para cada 100 Kg ha⁻¹ de P₂O₅, isto é, 60% maior quando comparada com a primeira aplicação.

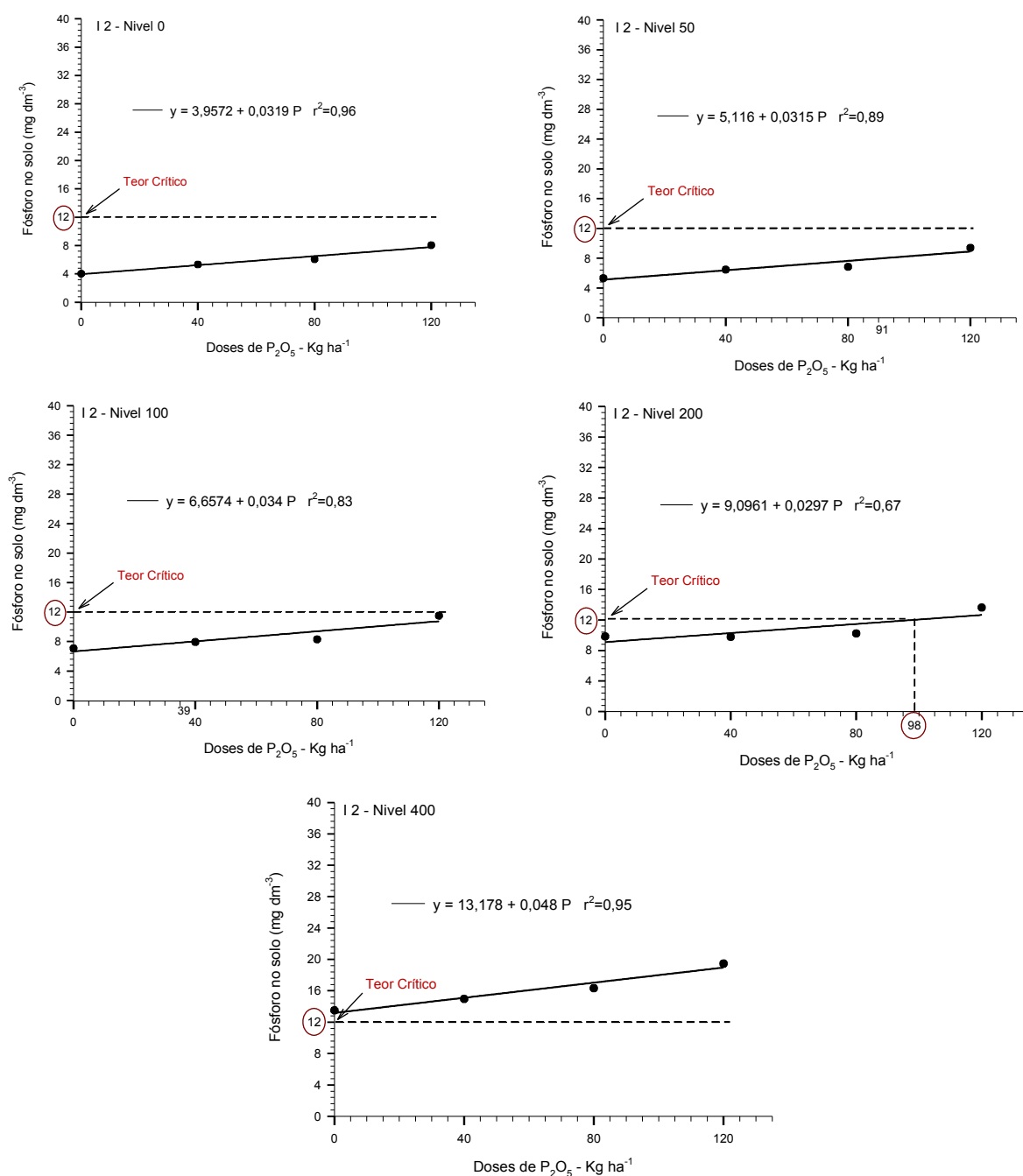


FIGURA 70. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2.

Quando analisamos a Figura 70 onde está descrita o experimento I2, podemos observar que no nível 0, apresenta um teor inicial de 3,9 mg dm⁻³ de P no solo considerado como uma faixa muito baixa de fertilidade, na qual a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ não foram suficientes para alcançar o teor crítico. No caso dos níveis 50 e 100 a mesma tendência foi verificada. Já com relação ao nível 200 com um teor inicial de 9 mg dm⁻³ de P no solo

faixa média de fertilidade, a necessidade foi de 98 kg ha⁻¹ para alcançar o nível crítico. No nível 400, onde o mesmo é considerado como faixa alta de fertilidade, não foram necessários a aplicação da doses para alcançar o teor crítico, já que o mesmo se encontra acima desse nível crítico.

Outra vez com os dados aqui obtidos ratificamos que à medida que o teor inicial de P no solo aumenta, a necessidade de adição de fertilizante diminui para alcançar o teor crítico.

No experimento I2, foi verificado um incremento em média, de 3,2 mg dm⁻³ para cada 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aplicados no solo, confirmando assim o alto poder tampão do mesmo.

Observamos na Figura 71, onde está descrita o experimento AP1, que no nível 0 com teor inicial de 8,1 mg dm⁻³ de P no solo considerado como uma faixa baixa de fertilidade, foi necessário 89 kg ha⁻¹ para alcançar o teor crítico. No caso do nível 50 com um teor inicial de 12,6 mg dm⁻³ de P no solo faixa média de fertilidade, a necessidade foi de 35 kg ha⁻¹ para alcançar o nível crítico. E no nível 100 com faixas consideradas altas de fertilidade, não foi necessária a adição da dose de manutenção para alcançar o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. O mesmo comportamento foi verificado para os níveis 200 e 400 com faixas alta e muito alta de fertilidade respectivamente.

Neste sentido no experimento AP1 foi verificado um incremento em média de 6,2 mg dm⁻³ para cada 100 kg de P₂O₅ aplicados no solo.

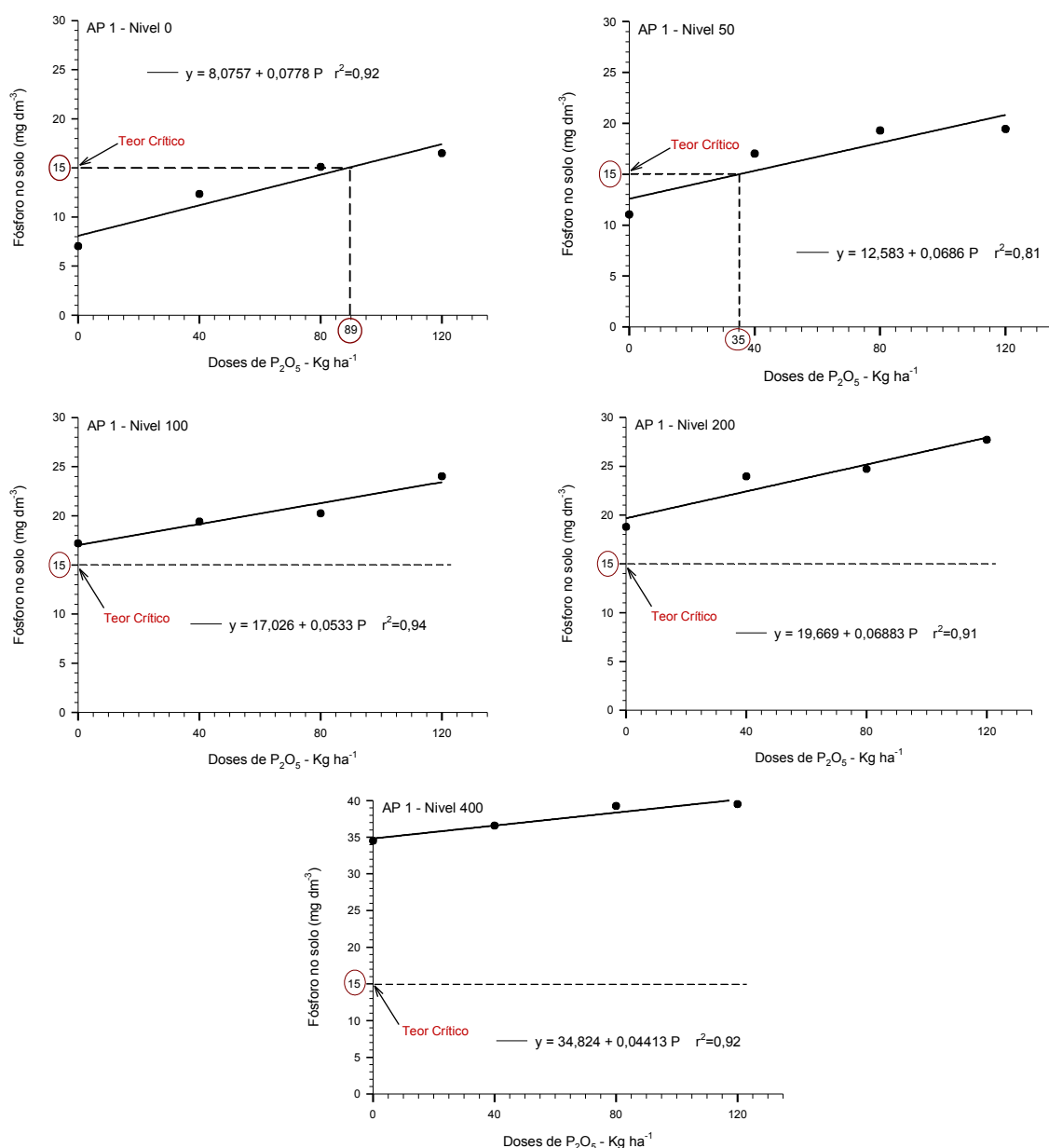


FIGURA 71. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P_2O_5 nos diferentes níveis criados, experimento AP1.

Analisando o experimento AP2 que está descrita na Figura 72, nota-se que o mesmo apresenta um comportamento semelhante ao experimento AP1, onde foi verificado um incremento em média de 6,9 mg dm^{-3} de P no solo, para cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 aplicado, isto é, um incremento de 10 % superior quando comparado ao experimento AP1. Lembrando aqui que o AP2 apresenta uma quantidade maior no que diz respeito à argila com 470 g kg^{-1} , desta maneira o mesmo tem um teor crítico menor.

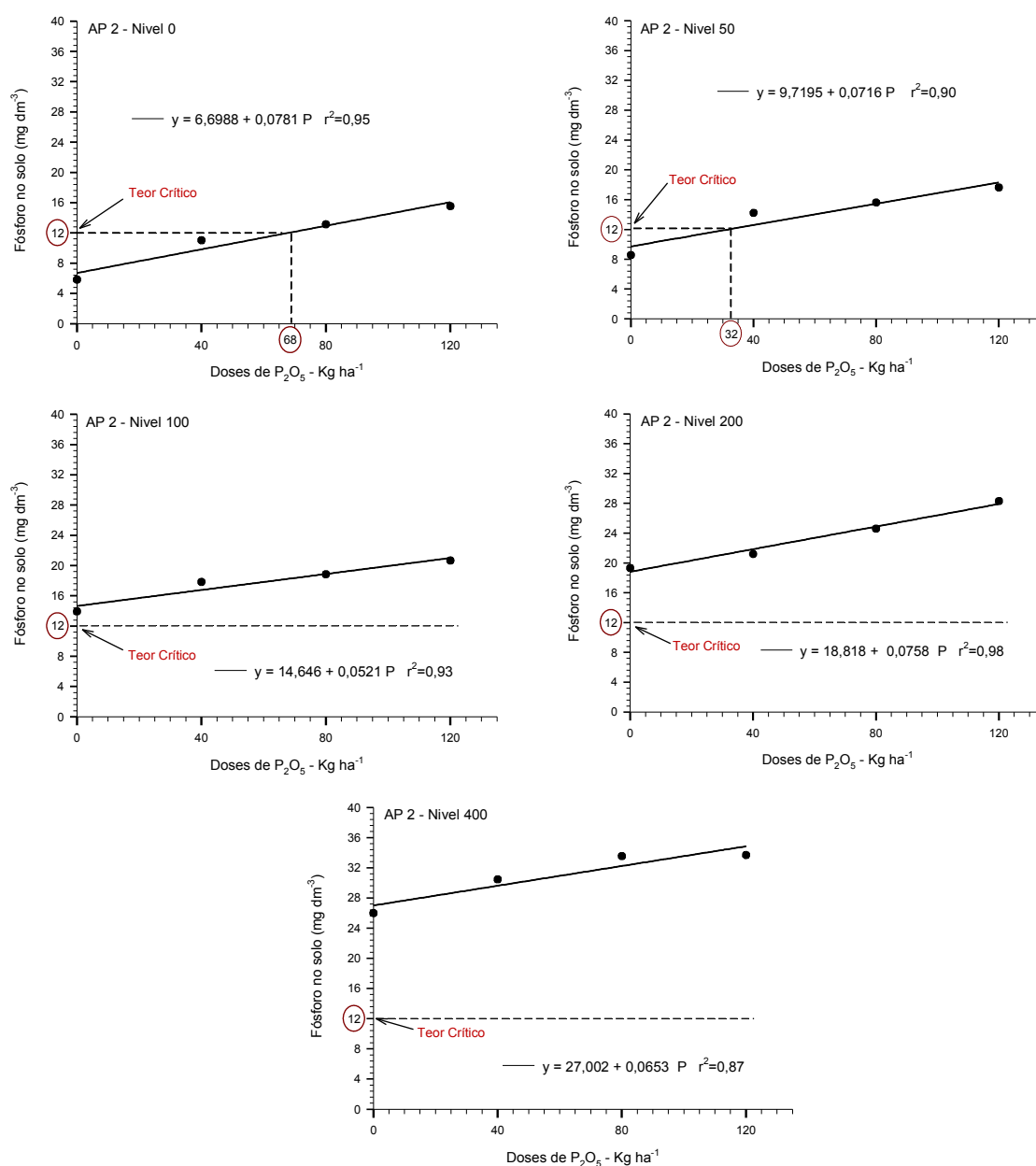


FIGURA 72. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP2.

Observando a mesma Figura 72, o experimento AP2, verificamos que no nível 0 com teor inicial de 6,7 mg dm⁻³ de P no solo considerado como uma faixa baixa de fertilidade, foi necessário 68 kg ha⁻¹ para alcançar o teor crítico. No caso do nível 50 com um teor inicial de 9,7 mg dm⁻³ de P no solo faixa média de fertilidade, a necessidade foi de 32 kg ha⁻¹ para alcançar o nível crítico. E no nível 100 com faixas consideradas altas de fertilidade, não foi necessária a adição da dose de manutenção para alcançar o teor crítico, isto é, os teores de P já

estavam acima do nível crítico. O mesmo comportamento foi verificado para os níveis 200 e 400 com faixas alta e muito alta de fertilidade respectivamente.

Analisando o experimento PJC descrita na Figura 73, nota-se que o mesmo apresenta um incremento em média de $4,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, para cada 100 kg há^{-1} de P_2O_5 aplicado, isto é, um incremento de 23 a 30 % inferior quando comparado com os experimentos AP1 e AP2. Lembrando aqui que o PJC apresenta uma quantidade maior entre todos os experimentos no que diz respeito à argila com 560 g kg^{-1} .

Observando a mesma Figura 73, o experimento PJC, verificamos que no nível 0 com teor inicial de $5,4 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo considerado como uma faixa baixa de fertilidade, na qual a aplicação de 120 kg há^{-1} de P_2O_5 não foram suficientes para alcançar o teor crítico. No caso do nível 50 a mesma tendência foi verificada. Já com relação ao nível 100 com um teor inicial de $7,4 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo faixa média de fertilidade, a necessidade foi de 115 kg há^{-1} para alcançar o nível crítico. E no nível 200, com teor inicial de $9,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo considerado como uma faixa media de fertilidade, a necessidade foi de 55 kg há^{-1} para alcançar o nível crítico. No entanto no nível 400, com um teor inicial de $12,8 \text{ mg dm}^{-3}$ considerado uma faixa alta de fertilidade, não foi necessária a adição da dose de manutenção para alcançar o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico.

Com os resultados até aqui obtidos, podemos observar que os experimentos PJC, I2 e M2 apresentaram um comportamento muito semelhante, onde podemos ratificar a grande importância que o histórico do manejo da adubação e o teor inicial de fósforo no solo representam com relação à influência na aplicação de fertilizantes fosfatados.

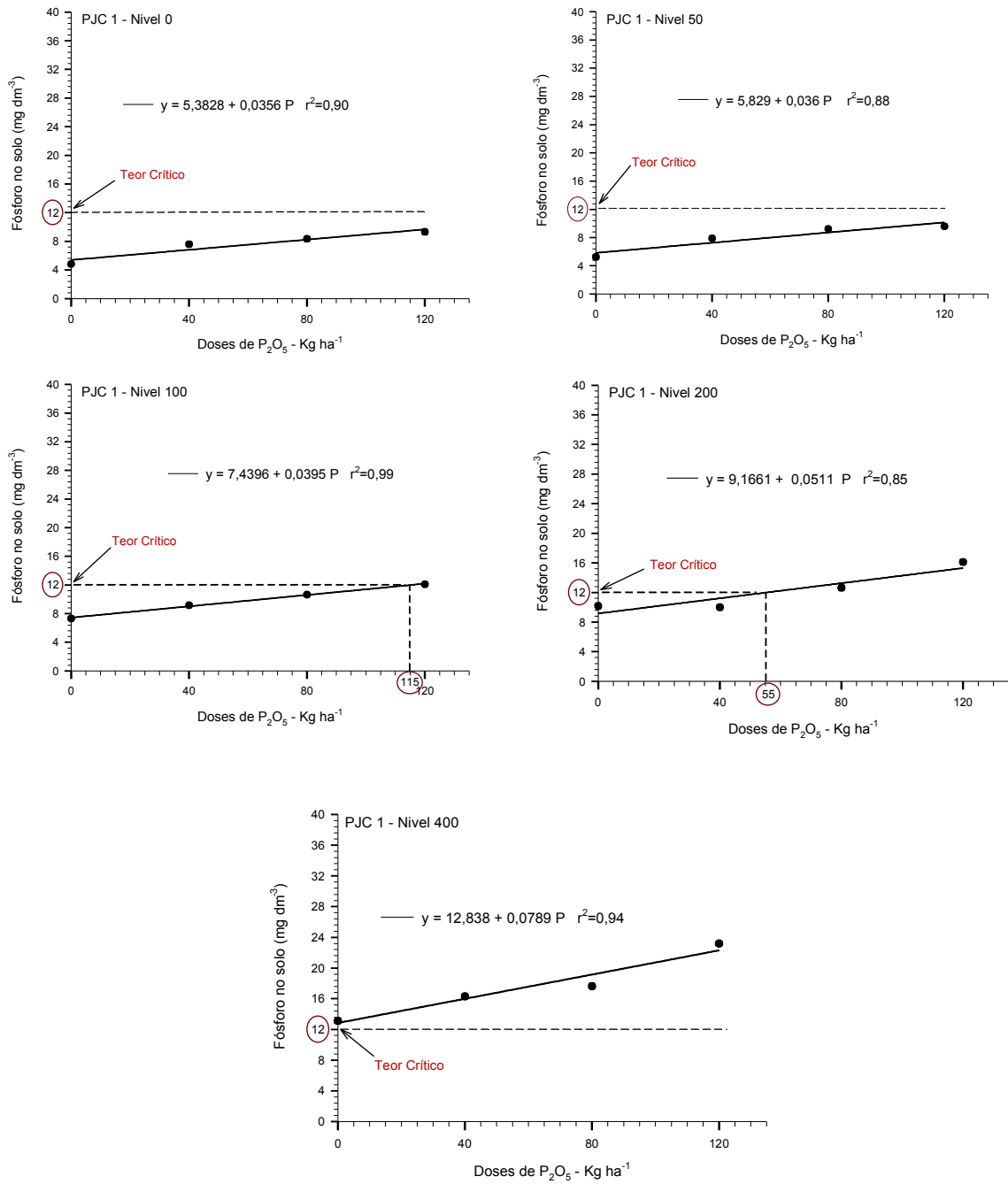


FIGURA 73. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento PJC.

Segunda etapa do projeto

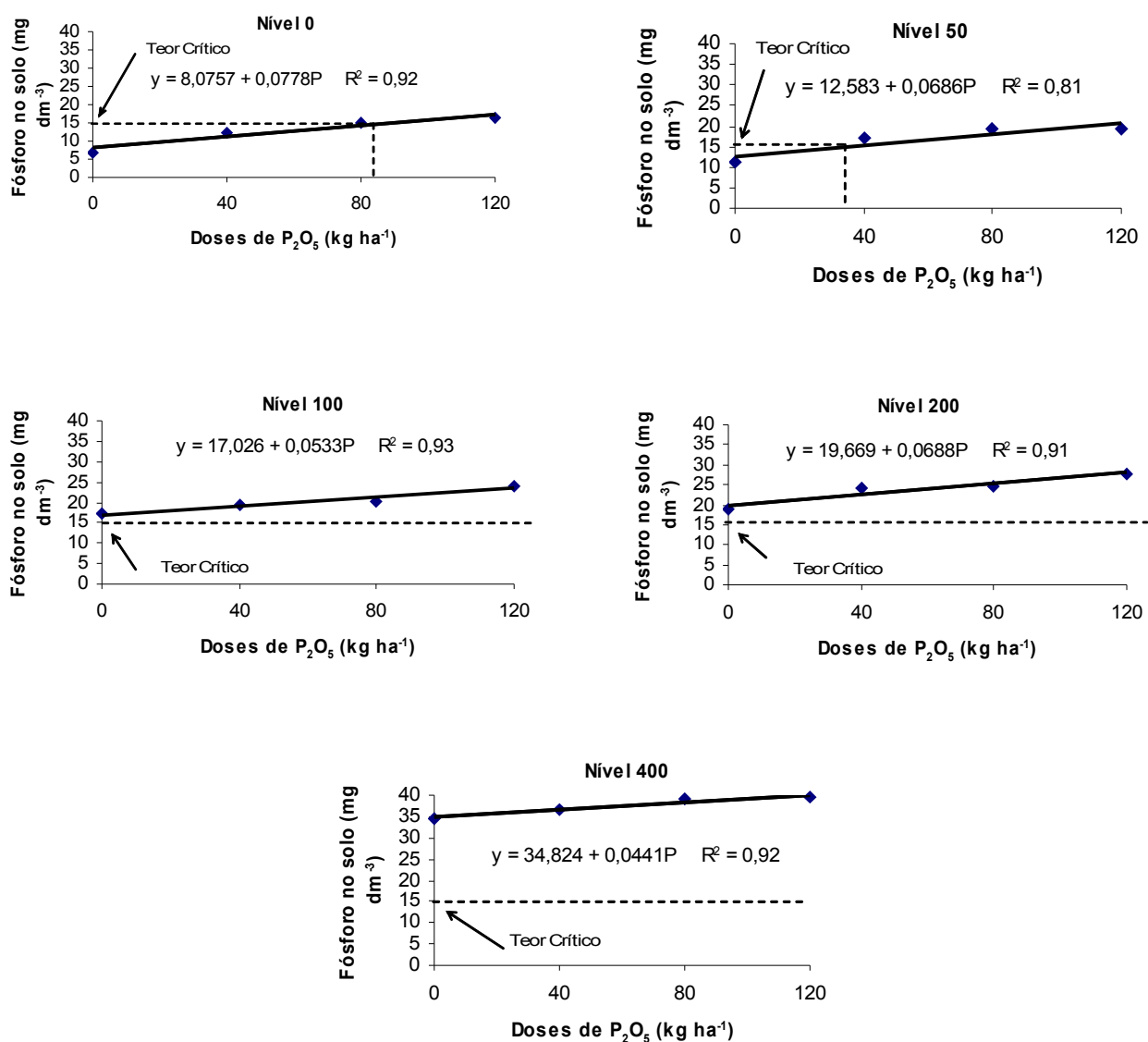


FIGURA 74. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP1, na safra 2004/2005.

Na Figura 74 podemos observar que no nível 0 com teor inicial de 7 mg dm⁻³ de P no solo considerado como uma faixa baixa de fertilidade, foram necessários 84 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico, e no caso do nível 50 com um teor inicial de 11 mg dm⁻³ de P no solo faixa média de fertilidade, a necessidade diminui para 35 kg ha⁻¹. E desde o nível 100 até o nível 400 faixa de alta e muita alta fertilidade, não foram necessários a adição da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. Salientando que à medida que o teor inicial de P no solo aumenta, a necessidade de adição de

adubo diminui para alcançar o teor crítico. Neste caso o experimento AP, aumentou em média, $6,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, para cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 aplicado.

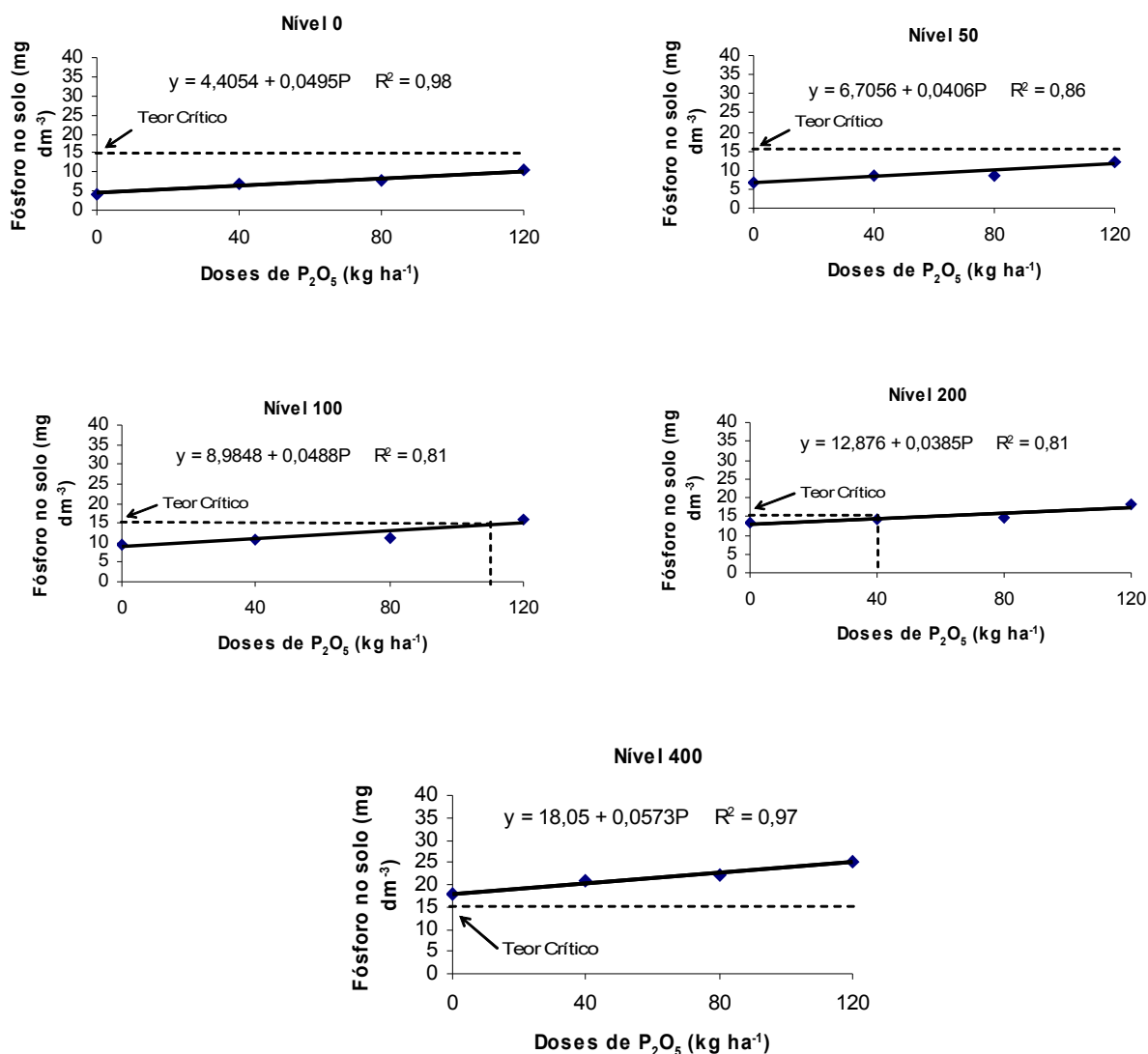
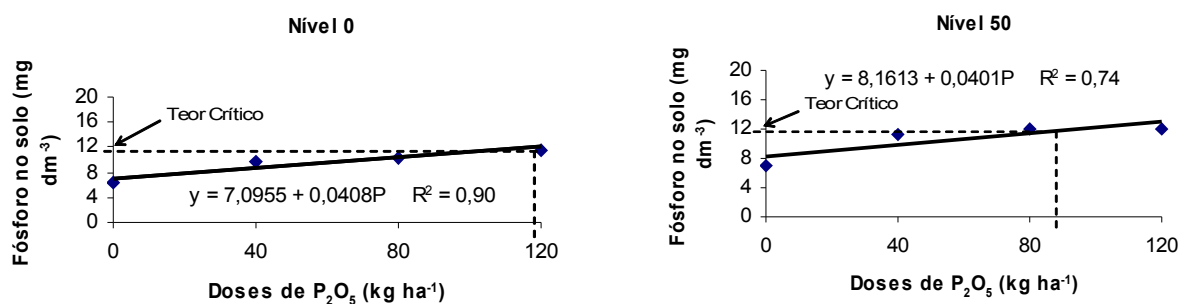


FIGURA 75. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P_2O_5 nos diferentes níveis criados, experimento I2, na safra 2004/2005.



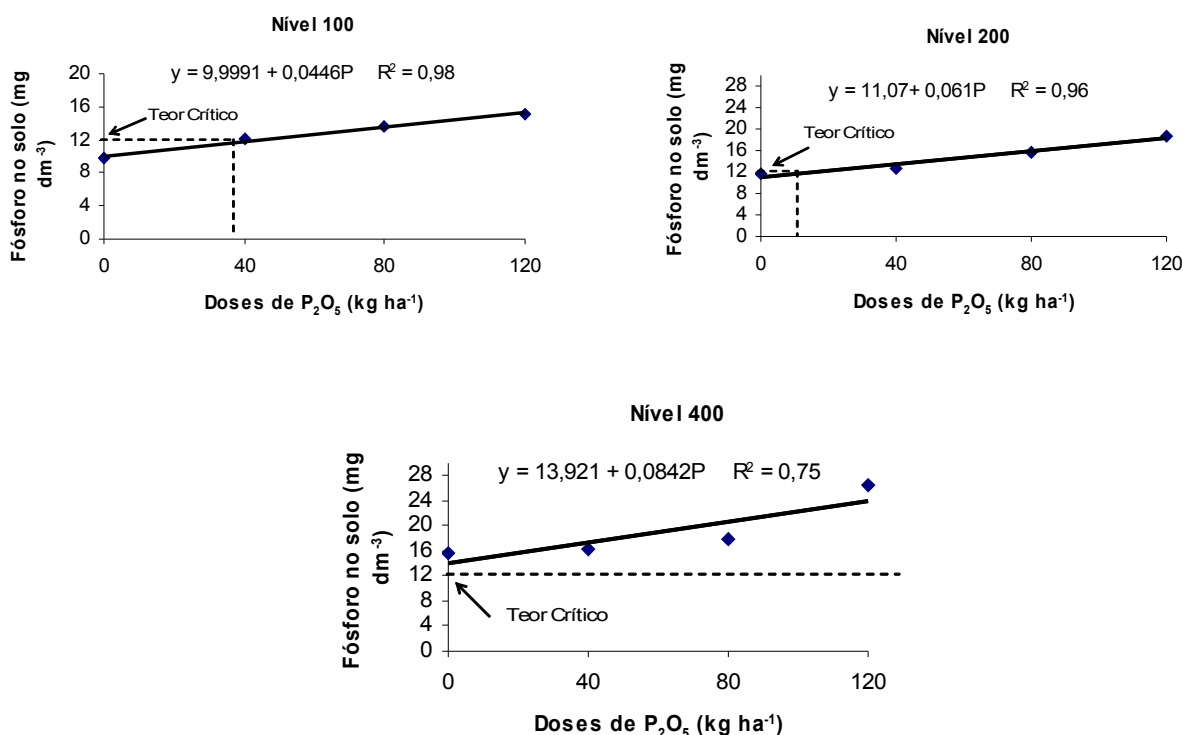


FIGURA 76. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento PJC, na safra 2004/2005.

Na Figura 75 no experimento I2 podemos observar que nos níveis 0 e 50 com teores iniciais baixo, nenhuma das doses de manutenção aplicadas foi suficiente para atingir o teor crítico, nos níveis 100 e 200 com teores baixo e médio, foram necessários 110 e 40 kg ha⁻¹ respectivamente para atingir o teor crítico. E no nível 400 não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. O experimento I2, aumentou em média, 4,4 mg dm⁻³ de P no solo, para cada 100 kg há⁻¹ de P₂O₅ aplicado.

Analisando a Figura 76 no experimento PJC podemos observar que no nível 0 com teor inicial de 6,4 mg dm⁻³ de P no solo considerado como uma faixa baixa de fertilidade, foram necessários 115 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico, e no caso do nível 50 com um teor inicial de 7 mg dm⁻³ de P no solo faixa também considerada baixa de fertilidade, a necessidade diminuiu para 87 kg ha⁻¹. E no nível 100 com teor inicial de 9,7 mg dm⁻³ de P no solo considerado como uma faixa média de fertilidade, foram necessários 36 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico, e no nível 200 com um teor inicial de 11,7 mg dm⁻³ de P no solo faixa também considerado média de fertilidade, a necessidade diminuiu mais ainda para 11 kg ha⁻¹. E no nível 400 não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor

crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. Observa-se que as doses diminuem quando aumenta o teor inicial no solo. O aumento em média aqui foi $5,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, para cada 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 aplicado.

No experimento M1 (Figura 77) observa-se que nos níveis 0, 50, 100, e 200 não foram necessárias às adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico, onde que no nível 400 com teor inicial de $9,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, considerado como uma faixa baixa de fertilidade foram necessários 45 kg ha^{-1} para atingir o teor crítico.

No experimento M1 (Figura 78) observa-se que nos níveis 0, 50, 200, e 400 não foram necessárias às adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico, onde que no nível 100 com teor inicial de $14,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo considerado como uma faixa media de fertilidade, foram necessários 4 kg ha^{-1} para atingir o teor crítico.

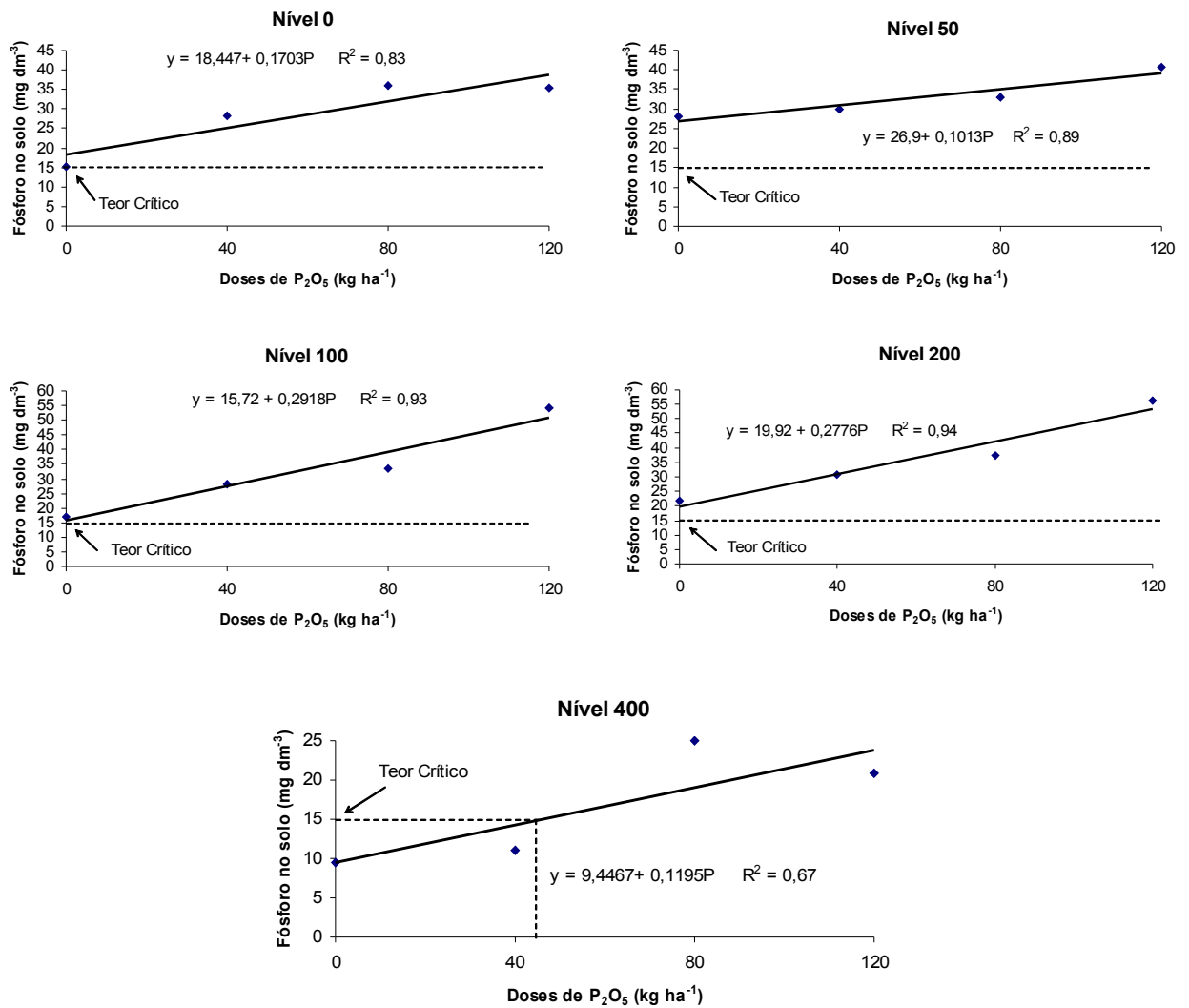


FIGURA 77. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento M1 trigo após soja, na safra 2005.

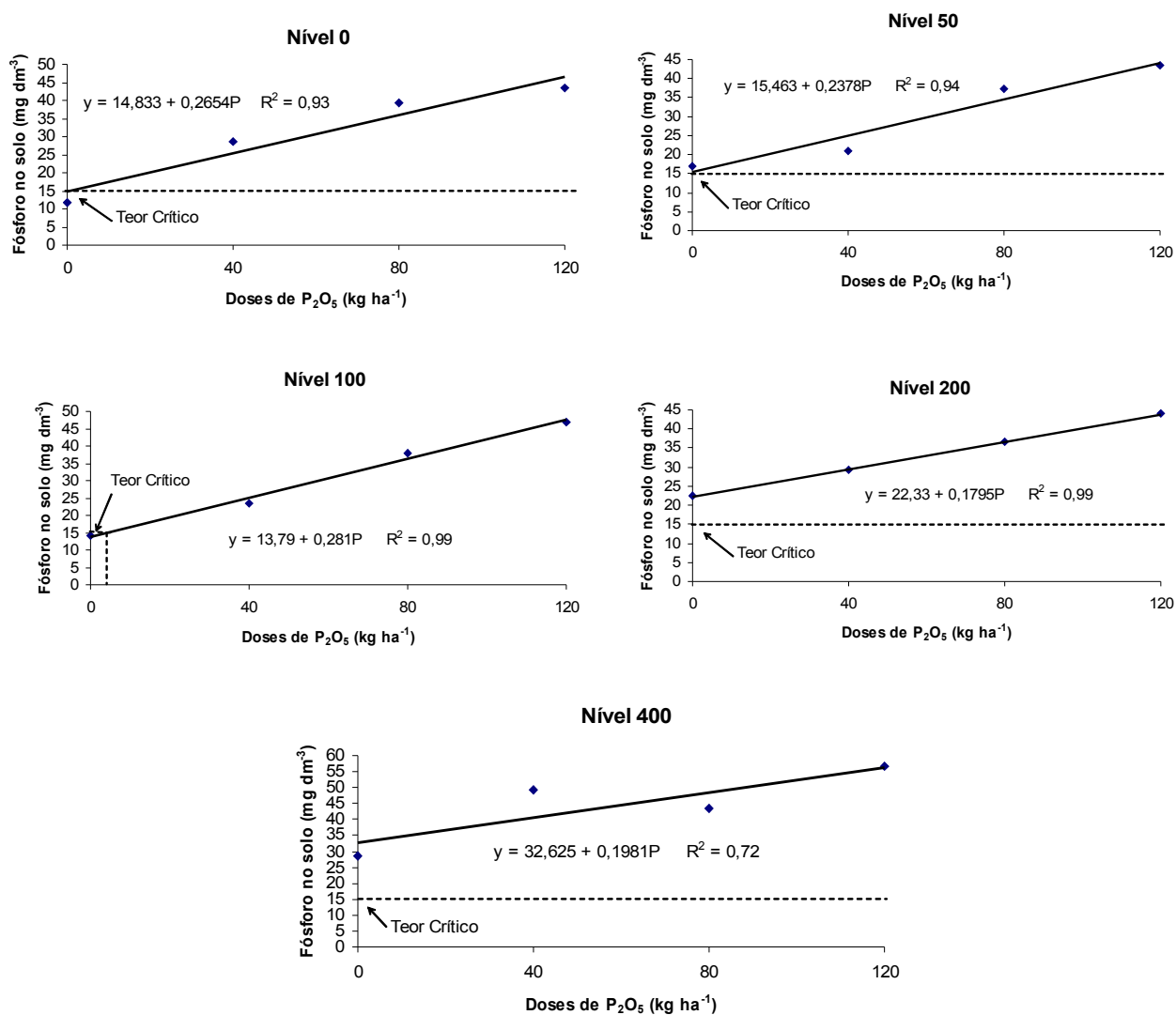
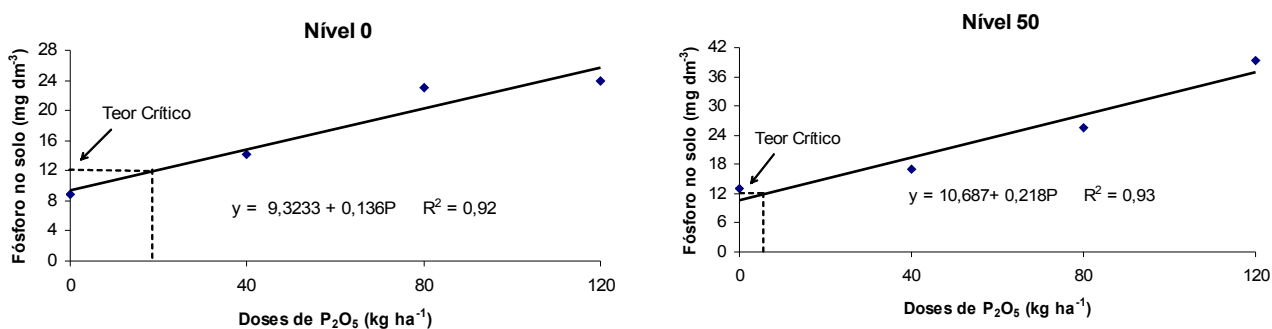


FIGURA 78. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo à aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento M1 trigo após milho, na safra 2005.



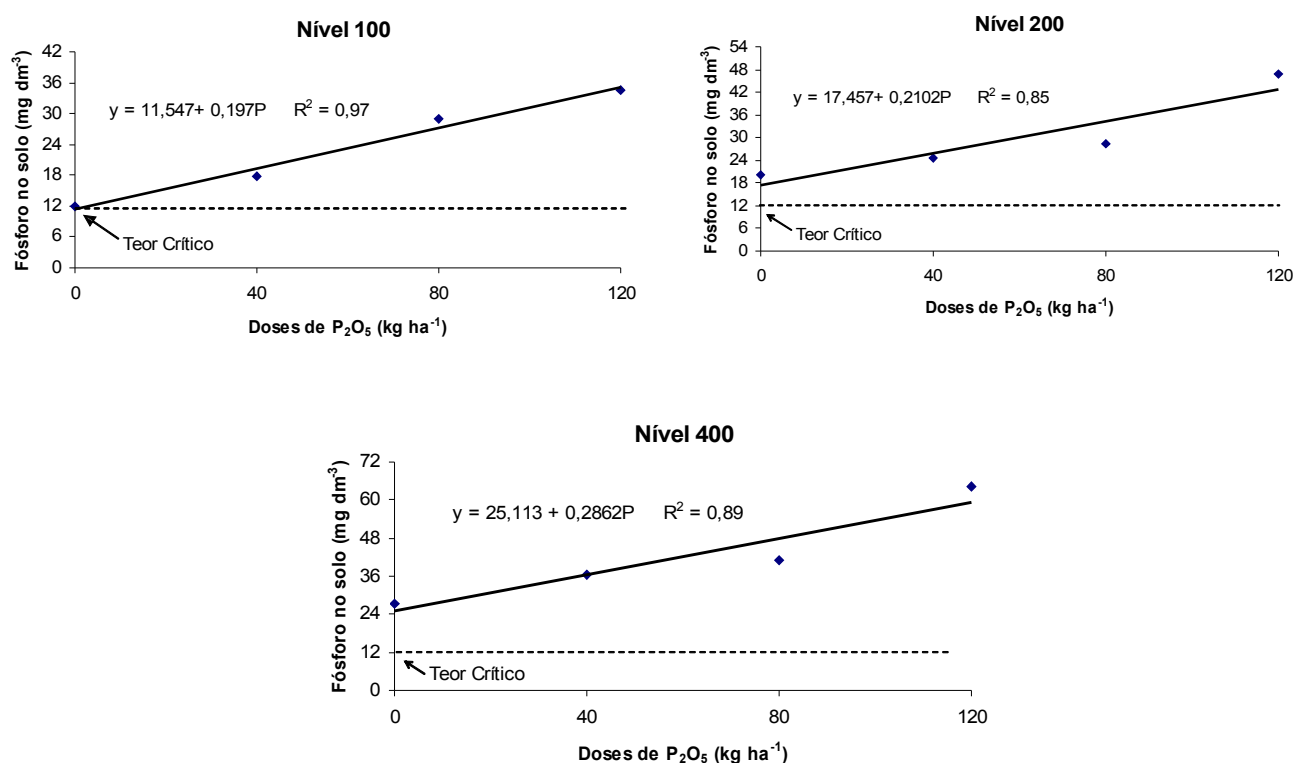
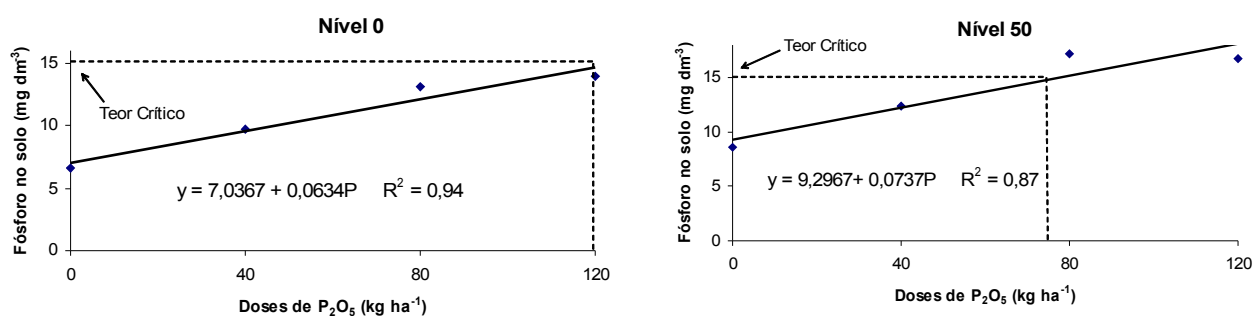


FIGURA 79. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP2 trigo após milho, na safra 2005.

Na Figura 79 no experimento AP2 podemos observar que no nível 0 com teor inicial de 8,8 mg dm⁻³ de P no solo considerado como uma faixa média de fertilidade, foram necessários 18 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico, e no caso do nível 50 com um teor inicial de 13,1 mg dm⁻³ de P no solo faixa considerada de alta fertilidade, a necessidade diminui para 5 kg ha⁻¹. E nos demais níveis não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico.



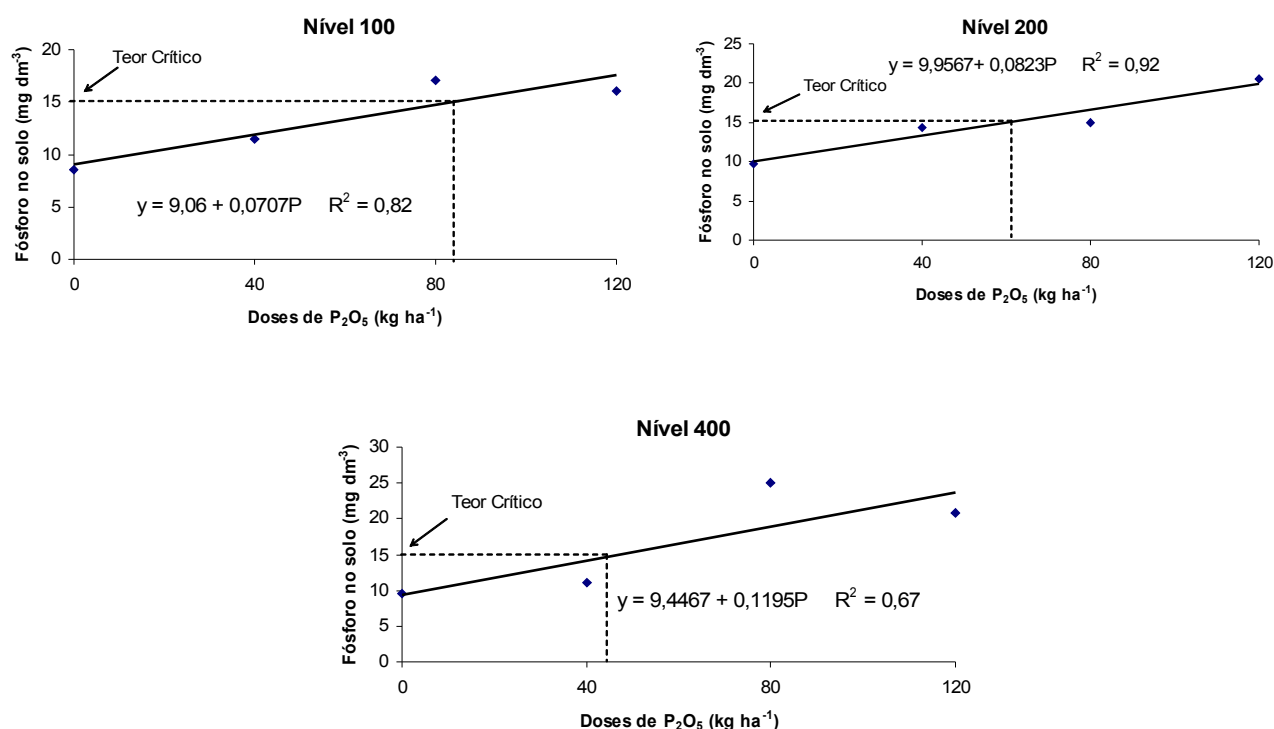


FIGURA 80. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2 trigo após soja, na safra 2005.

Na Figura 80 no experimento I2 podemos observar que no nível 0 com teor inicial de 6,6 mg dm⁻³ de P no solo, considerado como uma faixa baixa de fertilidade, foram necessários 120 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico, e no nível 50 com um teor inicial de 8,6 mg dm⁻³ de P no solo, faixa também considerada baixa de fertilidade, a necessidade diminui para 74 kg ha⁻¹. E no nível 100 com teor inicial de 8,6 mg dm⁻³ de P no solo, considerado como uma faixa baixa de fertilidade, foram necessários 84 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico, no nível 200 com um teor inicial de 9,7 mg dm⁻³ de P no solo, faixa também considerado baixa de fertilidade, a necessidade diminui para 61 kg ha⁻¹. E no nível 400 com um teor inicial de 9,5 mg dm⁻³ de P no solo, faixa também considerado baixa de fertilidade, a necessidade diminui mais ainda para 44 kg ha⁻¹. O aumento em média aqui foi de 8,1 mg dm⁻³ de P no solo, para cada 100 kg há⁻¹ de P₂O₅ aplicado.

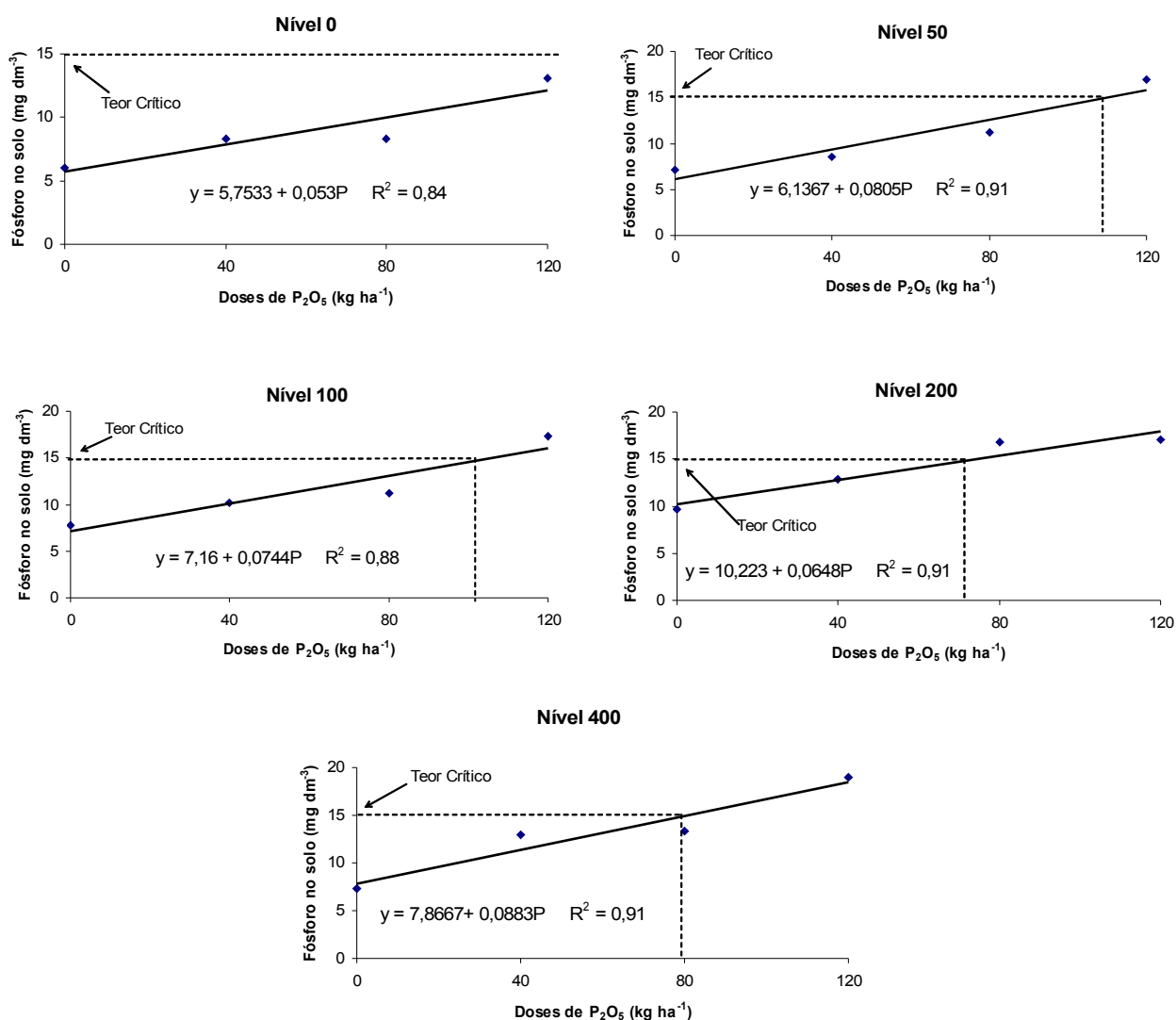


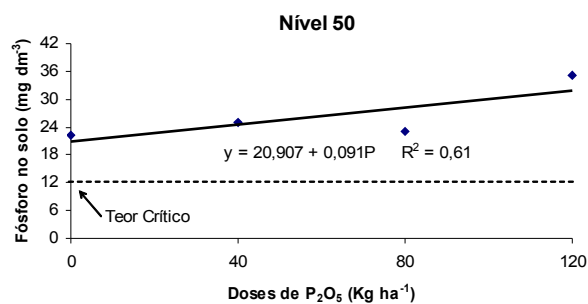
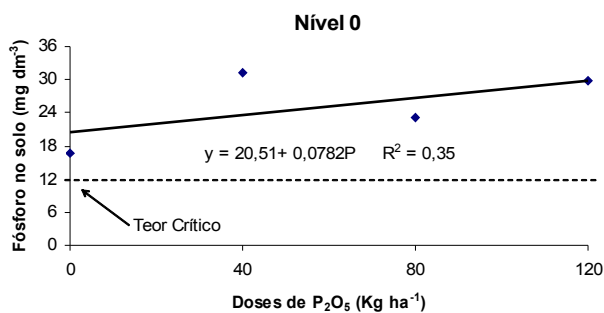
FIGURA 81. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2 trigo após milho, na safra 2005.

Na Figura 81 no experimento I2 podemos observar que no nível 0 com teor inicial de 6,0 mg dm⁻³ de P no solo, considerado como uma faixa baixa de fertilidade nenhuma das doses de manutenção aplicadas foi suficiente para atingir o teor crítico, e no nível 50 com um teor inicial de 7,1 mg dm⁻³ de P no solo faixa também considerada baixa de fertilidade, foram necessários 108 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico. E no nível 100 com teor inicial de 7,7 mg dm⁻³ de P no solo, considerado como uma faixa baixa de fertilidade foram necessários 102 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico, no nível 200 com um teor inicial de 9,7 mg dm⁻³ de P no solo, faixa também considerado baixa de fertilidade, a necessidade diminui para 71 kg ha⁻¹. E no nível 400 com um teor inicial de 7,3 mg dm⁻³ de P no solo, faixa também considerado baixa

de fertilidade, foram necessários 80 kg ha^{-1} para atingir o teor crítico. O aumento em média aqui foi de $7,1 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, para cada 100 kg há^{-1} de P_2O_5 aplicado.

Na Figura 82 no experimento AP2 podemos observar que nos diferentes níveis não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. Em média houve um incremento de P no solo de $17,8 \text{ mg dm}^{-3}$ para cada 100 kg há^{-1} de P_2O_5 aplicados.

Na Figura 83 no experimento AP2 podemos observar que nos diferentes níveis também não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. Em média houve um incremento de P no solo de $19,2 \text{ mg dm}^{-3}$ para cada 100 kg há^{-1} de P_2O_5 aplicados.



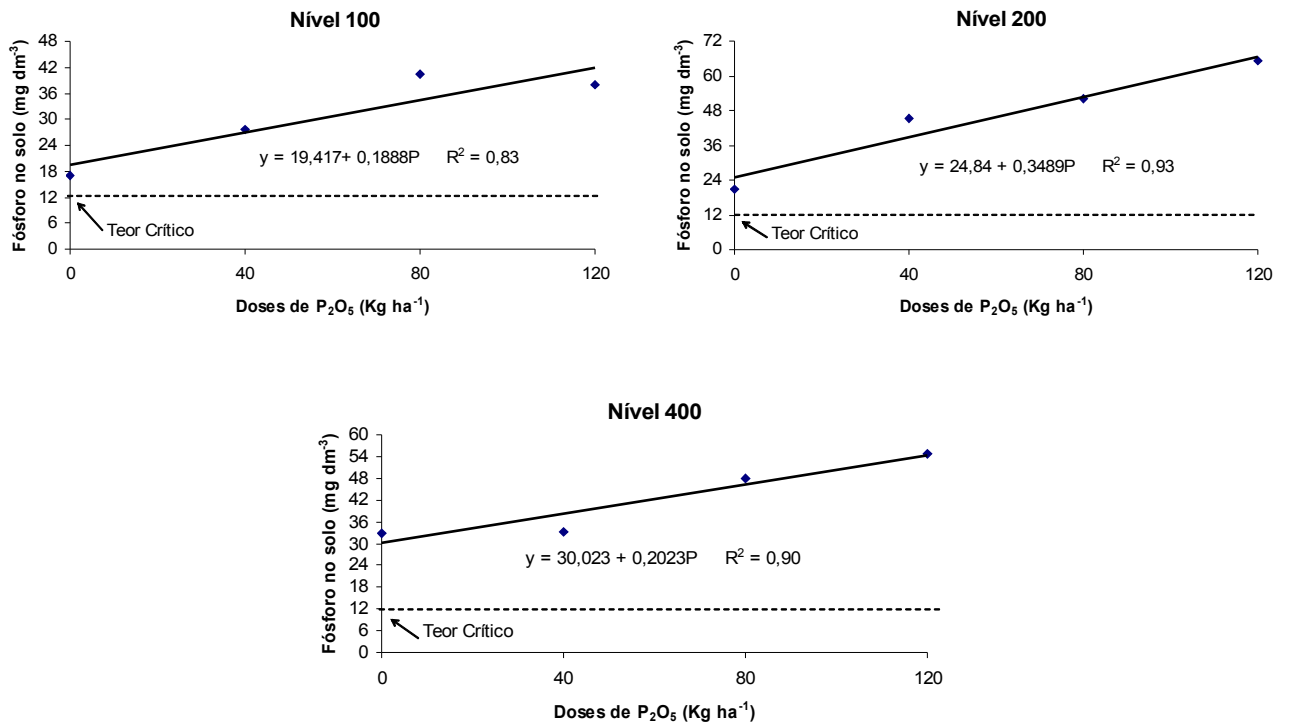
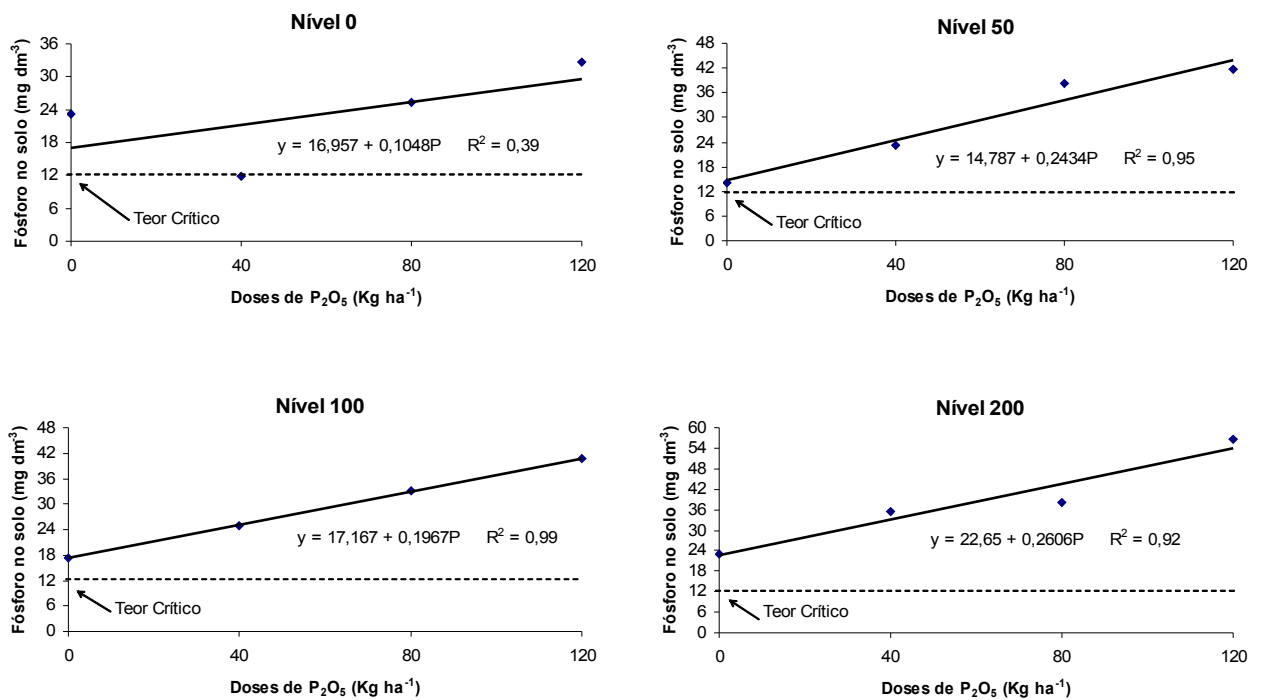


FIGURA 82. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP2 milho, na safra 2005/2006.



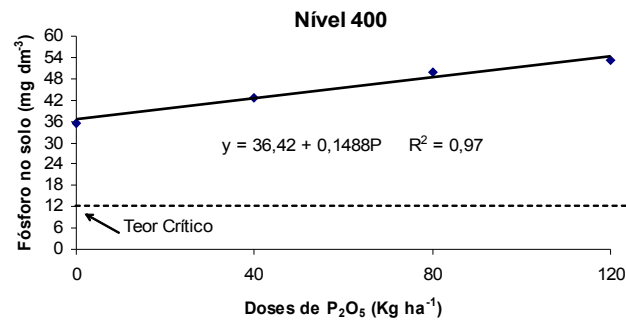


FIGURA 83. Teor de P extraído por Mehlich¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento AP2 soja, na safra 2005/2006.

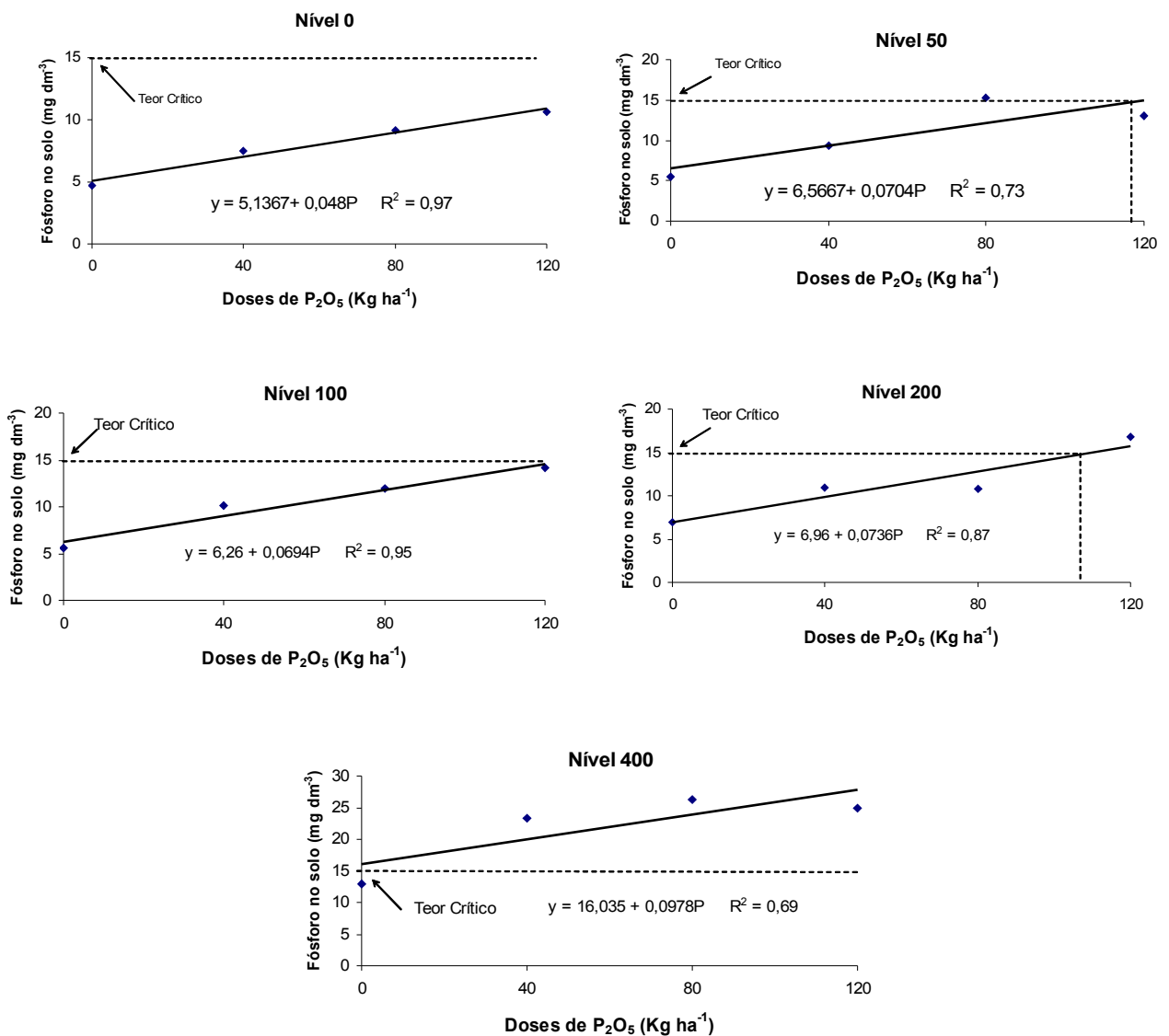


FIGURA 84. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2 milho, na safra 2005/2006.

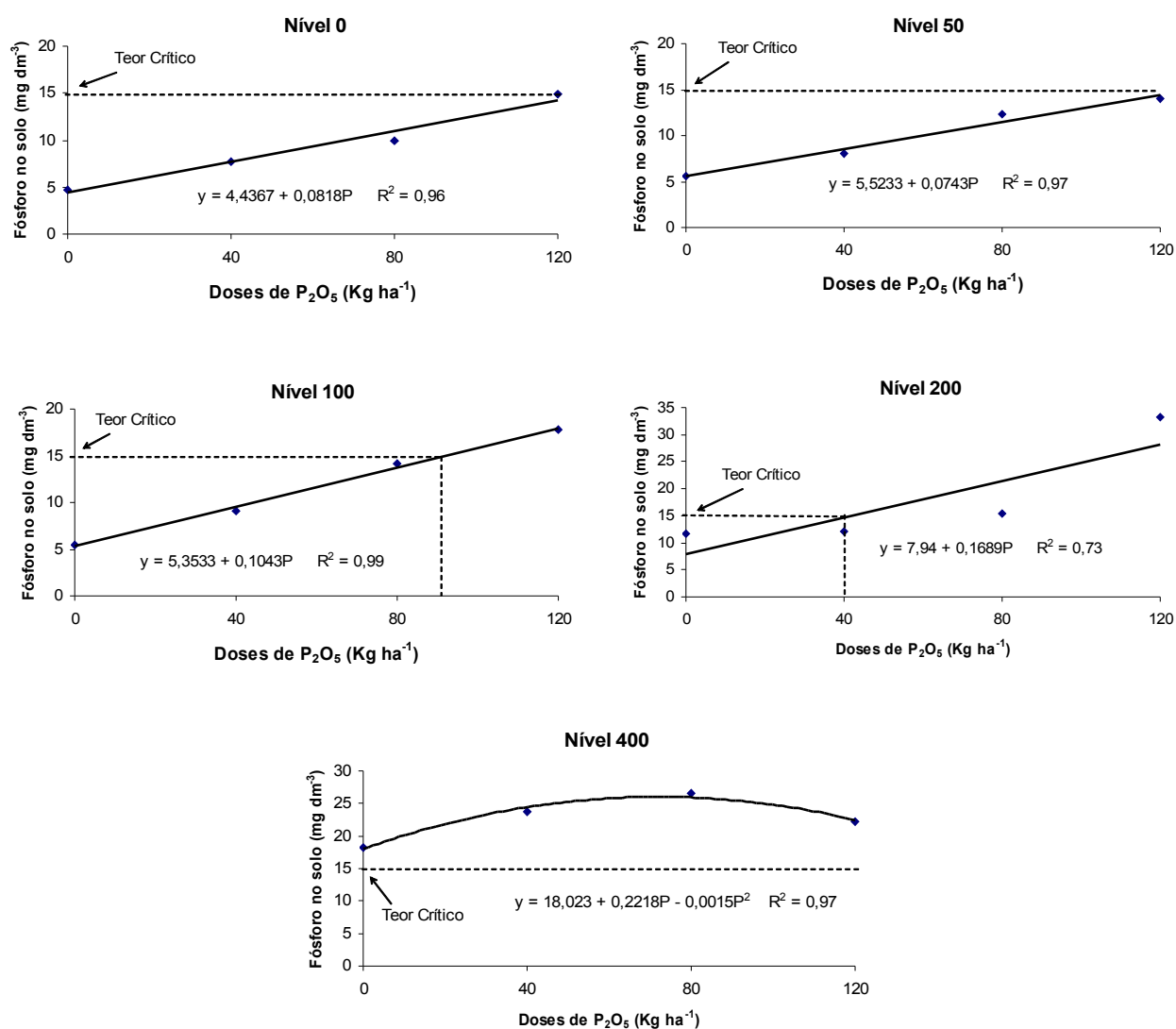


FIGURA 85. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento I2 soja, na safra 2005/2006.

Na Figura 84 no experimento I2 podemos observar que no nível 0 com teor inicial de $4,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo considerado como uma faixa muito baixa de fertilidade nenhuma das doses de manutenção aplicadas foi suficiente para atingir o teor crítico, e no nível 50 com um teor inicial de $5,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, faixa considerada baixa de fertilidade, foram necessários 116 kg ha^{-1} para atingir o teor crítico. E no nível 100 com teor inicial de $5,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, considerado como uma faixa baixa de fertilidade, também nenhuma das doses de manutenção aplicadas foi suficiente para atingir o teor crítico, no nível 200 com um teor inicial de $7,7 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, faixa também considerado baixa de fertilidade, foram necessários 106 kg ha^{-1} para atingir o nível crítico. E no nível 400 com um teor inicial de 13 mg dm^{-3} de P no solo, faixa considerado média de fertilidade, não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico.

No experimento I2 (Figura 85) podemos observar que no nível 0 e 50 com teores iniciais de $4,8$ e $5,6 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo considerados como faixa muito baixa e baixa de fertilidade respectivamente, nenhuma das doses de manutenção aplicadas foi suficiente para atingir o teor crítico. No nível 100 com teor inicial de $5,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, considerado como faixa baixa de fertilidade, foram necessárias 91 kg ha^{-1} para atingir o nível crítico. No nível 200 com um teor inicial de $11,8 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, faixa considerado média de fertilidade, foram necessários 40 kg ha^{-1} para atingir o nível crítico. E no nível 400 com um teor inicial de $18,3 \text{ mg dm}^{-3}$ de P no solo, faixa considerado alta de fertilidade, não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico.

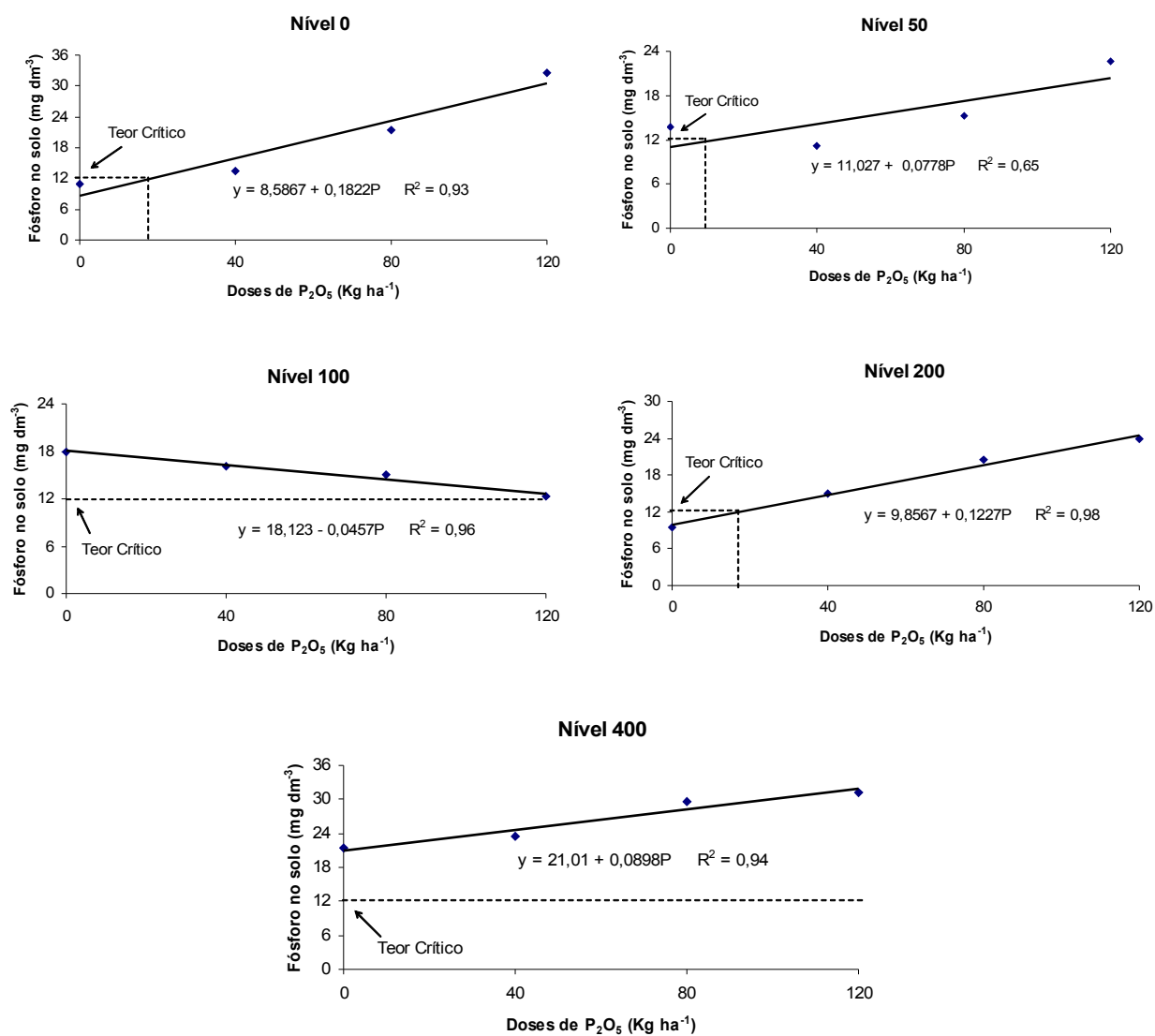


FIGURA 86. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento PJC soja, na safra 2005/2006.

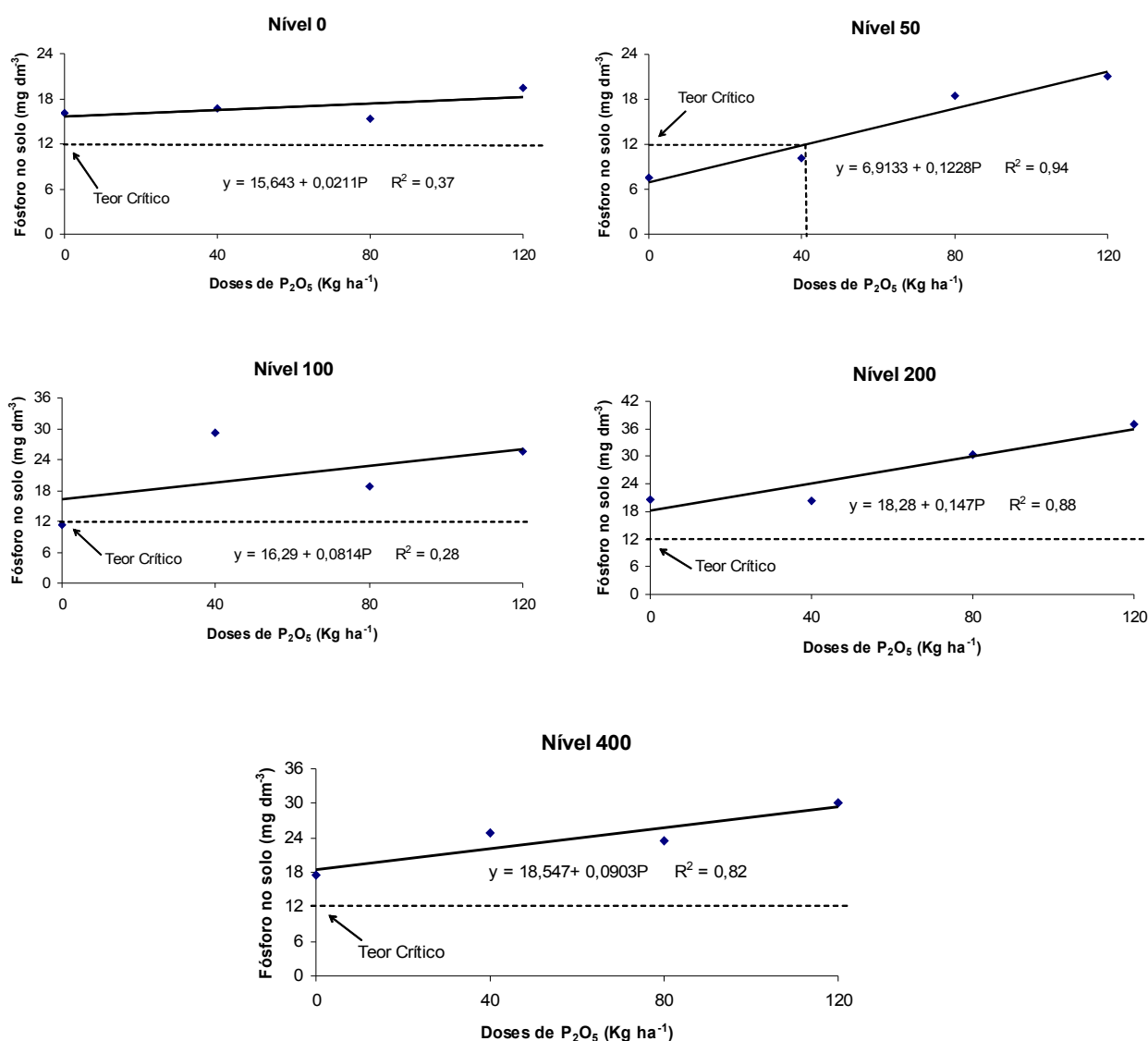


FIGURA 87. Teor de P extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo a aplicação de P₂O₅ nos diferentes níveis criados, experimento PJC milho, na safra 2005/2006.

No experimento PJC (Figura 86) podemos observar que no nível 0 com teor inicial de 10,9 mg dm⁻³ de P no solo, considerado como uma faixa média de fertilidade, foram necessários 17 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico, no nível 50 com um teor inicial de 13,7 mg dm⁻³ de P no solo, faixa também considerada média de fertilidade, a necessidade diminui para 9 kg ha⁻¹. E no nível 100 com teor inicial de 18 mg dm⁻³ de P no solo, considerado como uma faixa alta de fertilidade, não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. No nível 200 com um teor inicial de 9,5 mg dm⁻³ de P no solo, faixa considerado média de fertilidade, foram necessários 17 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico. E no nível 400 com um teor inicial de 21,3

mg dm⁻³ de P no solo, faixa considerado alta de fertilidade, não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico. O aumento em média aqui foi de 10,3 mg dm⁻³ de P no solo, para cada 100 kg há⁻¹ de P₂O₅ aplicado.

No experimento PJC (Figura 87) podemos observar que no nível 0 com teor inicial de 16,2 mg dm⁻³ de P no solo, considerado como uma faixa alta de fertilidade, não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico. No nível 50 com um teor inicial de 7,5 mg dm⁻³ de P no solo, faixa considerada baixa de fertilidade, foram necessários 41 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico. E nos demais níveis de 100, 200 e 400 com teores iniciais de 11,3, 20,7 e 17,5 mg dm⁻³ de P no solo, faixas consideradas média, alta e alta de fertilidade respectivamente, também não foram necessárias as adições da dose de manutenção para atingir o teor crítico, isto é, os teores de P já estavam acima do nível crítico.

5.19 Recomendações preliminares para fósforo.

Neste item serão apresentadas as propostas de recomendações preliminares que foram obtidas, considerando os dados da primeira e segunda etapa do projeto para as culturas de soja, milho e trigo, para os Solos Classe 1 e 2 e para os solos classificados em; com histórico e sem histórico, (Tabelas 32, 33 e 34 respectivamente), onde cabe salientar que os valores obtidos na segunda etapa do projeto foram de vital importância para aumentar o banco de dados do projeto, e ter mais confiabilidade dos resultados e recomendações aqui propostos.

TABELA 32. Proposta preliminar de recomendação de fósforo para soja, milho, e trigo sob sistema plantio direto no Paraguai.

Classe	Recomendação para três cultivos		
	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo
	kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅		
Muito baixo	105 + M	63 + M	42 + M
Baixo	52 + M	32 + M	21 + M
Médio	30 + M	M	M
Alto	M	M	M
Muito alto	0	0	0

R= reposição (exportação das culturas). O valor R para as seguintes culturas é: trigo: 10 kg de P₂O₅, milho: 8 kg de P₂O₅ e soja: 12 kg de P₂O₅ por toneladas de grãos produzidos.

M= manutenção (R x 1,25). O fator 1,25 corresponde a possíveis perdas de nutrientes do sistema de manejo.

Neste estudo a proposta preliminar de adubação sugerido, foi um ajuste da recomendação de adubação que atualmente esta sendo utilizado no Brasil, especificamente nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A recomendação aqui ajustada tem como finalidade uma adubação de correção, para os teores que se encontram abaixo do nível crítico, e para os teores acima do nível crítico a adubação será de manutenção e reposição. Neste sentido esta proposta preliminar de adubação será uma adubação corretiva gradual integrada por uma adubação de manutenção. Deste modo as doses para a correção foram calculadas com objetivo de alcançar o nível crítico no decorrer de três safras, isto é, para três cultivos. Com os valores encontrados nas duas etapas do projeto onde os mesmos estão descritos na Tabela 32, onde se tem uma media geral, na qual foi verificado que são necessários a adição de 26,4 kg de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ de P disponível no solo. Neste sentido, a dose de correção de P₂O₅ para os teores muito baixo e baixo foi obtida multiplicando-se o valor que foi estimado pela diferença entre o valor do nível crítico e o valor superior da faixa em questão (Comissão, 2004). Para a aplicação das doses dos valores que foram calculados para os teores de baixo e

muito baixo, foi considerado três cultivos, onde as doses foram divididas em 50, 30 e 20%, que serão aplicados em cada um dos três cultivos. Já no caso do teor médio, foi estimado um valor de 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, lembrando que o mesmo será recomendado só para o primeiro cultivo.

TABELA 33. Proposta preliminar de recomendação de adubação fosfatada corretiva em kg de P₂O₅ ha⁻¹, de acordo com o teor de argila.

Teor de argila g kg ⁻¹	Teor de P (mg dm ⁻³) - Mehlich ¹		
	Muito Baixo	Baixo	Médio
410 - 600	200	100	25
210 - 400	216	108	27

Com os resultados obtidos neste estudo na primeira e segunda etapa do projeto (Tabela 33), foi estimado as quantidades de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ o teor de P no solo para as duas classes de solo que foram estabelecidas, isto é, no caso do solo Classe 1(410 - 600 g kg⁻¹ de argila) esta quantidade estimada é de 25 kg P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ o teor de P no solo, que aqui seria o valor do teor médio, e para o solo Classe 2 (210 - 400 g kg⁻¹ de argila) a quantidade estimada é de 27 kg de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ no solo. Considerando os valores que estão descritos na Tabela 29, foi estimado que, em média, havia necessidade de adicionar 25 kg de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ de P disponível no solo para o solo classe 1, e 27 kg de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ de P disponível no solo para o solo classe 2 . Neste sentido, a dose de correção de P₂O₅ para os teores muito baixo e baixo foi obtida multiplicando-se o valor estimado pela diferença entre o valor do nível crítico e o valor superior da faixa em questão (Comissão, 2004).

TABELA 34. Proposta preliminar de recomendação de adubação fosfatada corretiva em kg de P₂O₅ ha⁻¹, de acordo com o histórico de adubação.

Teor de argila g kg ⁻¹	Teor de P (mg dm ⁻³) - Mehlich - 1		
	Muito Baixo	Baixo	Médio
Sem histórico	280	140	35
Com histórico	160	80	20

No caso dos solos com e sem históricos (Tabela 34) também foram estimados quantidades de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ o teor de P no solo, onde foi estimado a quantidade de 35 kg de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ o teor de P no solo para os solos sem histórico e para os solos com histórico foi estimado a quantidade de 20 kg de P₂O₅ para elevar 1 mg dm⁻³ no solo. Valores estes que são similares aos valores verificadas na primeira etapa do projeto (Cubilla, 2005). Na qual aqui também foi calculado da mesma maneira do quadro anterior, isto é, a dose de correção de P₂O₅ para os teores muito baixo e baixo foi obtida multiplicando-se o valor estimado pela diferença entre o valor do nível crítico e o valor superior da faixa em questão (Comissão, 2004).

A possibilidade de resposta das plantas é muito baixa ou nula quando o teor de P no solo está acima do nível crítico, onde que abaixo, essa possibilidade de resposta das plantas aumenta à medida que o teor de P no solo se afasta do teor crítico. Seguindo essa mesma linha de pensamento o limite inferior da classe denominado “alto” coincide com o teor crítico, e onde se tem a possibilidade de se obter rendimentos que se aproximem à máxima eficiência econômica das culturas.

E considerando o teor “muito alto”, este corresponde geralmente a teores que se encontram acima do dobro do teor crítico, isto é, contém altas quantidades do nutriente para o desenvolvimento das plantas. Onde o teor mais apropriado para um bom desenvolvimento das culturas e a produtividade das mesmas depara-se na classe denominado “alto”. Uma vez alcançada esta classe “alto”, o tipo de adubação será à de manutenção, onde devem ser o suficiente para repor as quantidades que serão exportadas pelos grãos, massa seca, etc, mais uma quantidade específica para suprir ocasionais perdas do sistema que possam acontecer, tais como erosão, lixiviação, etc. No teor do solo denominado classe “muito alto” as adubações podem ser somente de arranque ou em alguns casos até podem ser exoneradas onde as expectativas de preços forem baixos ou fazer um investimento em outros nutrientes que poderiam estar prejudicando as produtividades. Quando o teor no solo se encontra nas classes denominado “médio”, “baixo” ou “muito baixo”, as adubações devem suprir as

necessidades das culturas, mais uma quantidade específica para poder atingir o teor crítico no solo, para desta maneira alcançar o teor ideal para o bom desenvolvimento das culturas que está na classe denominado “alto” de P no solo.

Comissão, 2004 a exportação de kg de P_2O_5 por tonelada de grãos retirados pelas culturas de trigo e milho esta em média entre 10 e 8 kg respectivamente, onde que a cultura da soja tem uma maior taxa de exportação quando comparada com a do trigo e milho, essa exportação por tonelada produzida da soja está em torno de 14 kg de P_2O_5 por tonelada. Com tudo para o Boletim de pesquisa de Soja (Fundação MT, 2005) a exportação para a soja esta em torno de 10,1 kg de P_2O_5 ha^{-1} (COAMO/CODETEC,1998; Pauletti, 1998; EMBRAPA - Soja, 2002; Altman & Pavinato, 2001).

Neste estudo foi considerado uma média dos valores encontrados pela Fundação MT, 2005 e Comissão, 2004, desta forma obtendo-se um valor para a reposição de 12 kg de P_2O_5 ha^{-1} exportado. Com a obtenção desses valores foi calculado as doses de manutenção, multiplicando-os por 1,25, onde que desta forma foi estabelecido uma dose de manutenção de 10 kg ha^{-1} de P_2O_5 para o trigo, 12,5 kg ha^{-1} de P_2O_5 para o milho e de 15 kg ha^{-1} de P_2O_5 para a soja por tonelada de grãos exportados.

Quando os teores no solo estão abaixo do teor denominado crítico, o principal objetivo de uma recomendação, é ir construindo uma fertilidade no solo até alcançar a classe denominado “alto”, onde as possibilidades de resposta são baixas. Uma vez que o teor no solo consiga alcançar a classe denominado “alto” o objetivo da recomendação será a de manter o teor nesta classe, isto é, ficar sempre acima do teor crítico onde a possibilidade de resposta é muito baixa. E quando esse teor no solo se encontra na classe denominado “muito alto”, neste caso pode-se deixar de aplicar por um período de tempo determinado, ou fazer pequenas aplicações de doses, para que desta forma se possa economizar e construir a fertilidade de outro nutriente, e também nos dá a possibilidade de corrigir outros problemas que poderiam estar limitando a produtividade das culturas.

O modo ou forma de aplicações dos adubos pode ser feito tanto a lanço como na linha, pois apresentaram a mesma eficiência sempre e quando os teores de P no solo se enquadram acima do teor crítico (Klepker & Anghinoni, 1996; Wietholter et al., 1998, Ceretta & Pavinato, 2003).

Para saber se o objetivo foi alcançado é necessário fazer outra análise de solo depois de três cultivos. Se o resultado da análise mostrar que o objetivo foi alcançado, desta maneira as adubações serão somente de manutenção, onde a quantidade adicionada deve suprir o total da exportação pela cultura e possíveis perdas que podem acontecer, geralmente estas possíveis

perdas variam em torno de 25%. E no caso de que o objetivo não foi alcançado, é necessário reformular uma nova recomendação para poder alcançar o objetivo proposto.

POTÁSSIO

5.20 Potássio na primeira e segunda etapa do projeto.

Neste ponto será apresentada uma análise geral dos resultados de rendimento de grãos das culturas de trigo, milho e soja, influenciados por doses de potássio cultivados sob sistema de plantio direto, que foram obtidos na primeira etapa do projeto (Wendling, 2005) e na segunda etapa do projeto. Com base nisto, foram calculados os rendimentos relativos das culturas, utilizados posteriormente para a calibração dos valores de K determinados com o método Mehlich¹.

Após a obtenção da curva de calibração para cada experimento, foi determinado o teor crítico. A partir deste, foram definidas matematicamente as faixas de fertilidade do potássio no solo para as culturas trigo, milho e soja nos solos investigados.

Os altos teores de K que já foram encontrados em quase todos os experimentos na primeira etapa do projeto (Wendling, 2005), o mesmo comportamento foi observado na segunda etapa do projeto, isto é, que as respostas das culturas soja, milho e trigo, foram muito baixas ou não existiram, os experimentos do Departamento de Misiones foram os únicos que apresentam solos arenosos e conseqüentemente com teores mais baixos de K, onde que as mesmas apresentaram respostas à adubação potássica.

5.21 Produtividade das culturas em função das doses de potássio.

Primeira etapa do projeto (Wendling, 2005)

5.22 Produtividade do trigo, na safra 2003 em função das doses de potássio.

Analisando a Figura 88, nota-se uma ampla diferença com relação às produtividades obtidas nos experimentos M1 e I1, onde ambos apresentaram baixa resposta à aplicação de K, comportamento este que pode ser atribuído ao fato de que as aplicações foram realizadas a lança sobre a superfície do solo, onde a mesma poderia ser um dos motivos da baixa resposta, especificamente no experimento M1. Para um melhor entendimento, lembramos aqui, que o processo de difusão, tem muita influência na absorção de K pelas plantas, onde a mesma está diretamente afetada pela água disponível no solo. Neste sentido considerando, que nesta safra ocorreu um déficit hídrico, isto é, as precipitações foram baixas, e por outro lado às aplicações

de K foram a lançar, conseqüentemente as raízes não tiveram muito contato com o elemento adicionado.

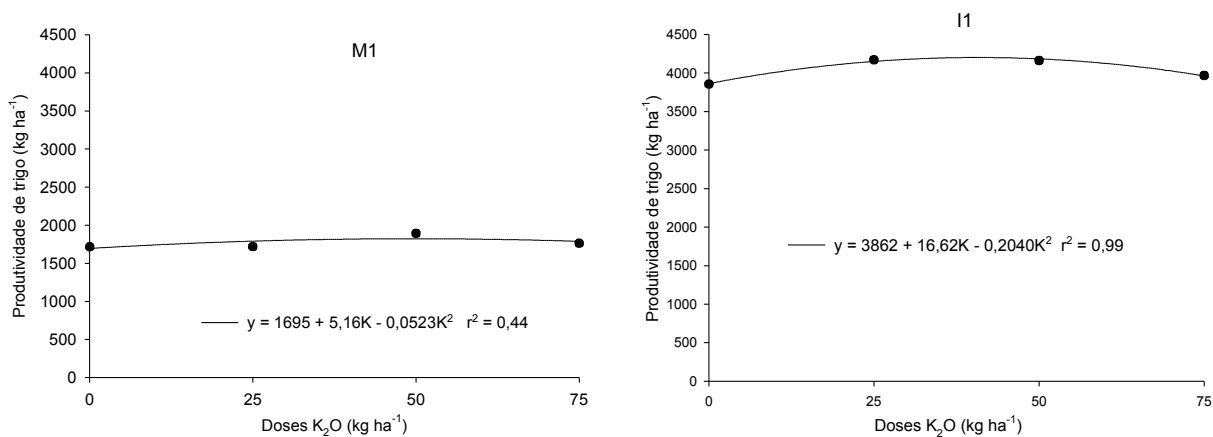


FIGURA 88. Produtividade de grãos de trigo, na safra 2003 em função das doses de potássio adicionadas ao solo.

5.23 Produtividade do trigo, na safra 2004 em função das doses de potássio.

Considerando o experimento M1, a cultura do trigo (Figura 89), nota-se que o mesmo apresentou uma maior resposta às aplicações de K quando comparado com a safra de trigo de 2003. O qual pode ser atribuído ao fato de que este experimento já tinha recebido duas aplicações anteriores, a de trigo de 2003 e milho e soja de 2003/2004, isto é, já teria um residual de K, na qual está contribuindo na maior resposta aqui verificada.

Podemos observar na Figura 90, no experimento M1, que os dados obtidos com o trigo após a soja, onde, a equação quadrática foi a que melhor se ajustou aos mesmos, com um retorno de 12,42 kg de trigo por kg de K₂O aplicado. Mas para o mesmo experimento com os dados obtidos com o trigo após o milho a equação que melhor se ajustou foi uma linear (Figura 89).

Analisando o experimento I1, nas Figuras 89 e 90, observamos que para a cultura do trigo, não houve nenhuma resposta à aplicação de K, que nos indica que o solo tem um alto potencial de suprir K com quantidades necessárias para as plantas, onde esse suprimento pode ser, até mesmo, depois de duas, três ou mais safras seguidas sem aplicação de K. A mesma tendência foi verificada no experimento I2, evidenciando esse potencial que tem o solo de

suprir as necessidades das plantas, lembrando que os solos de Itapúa são solos que já apresentavam um alto teor de K no solo.

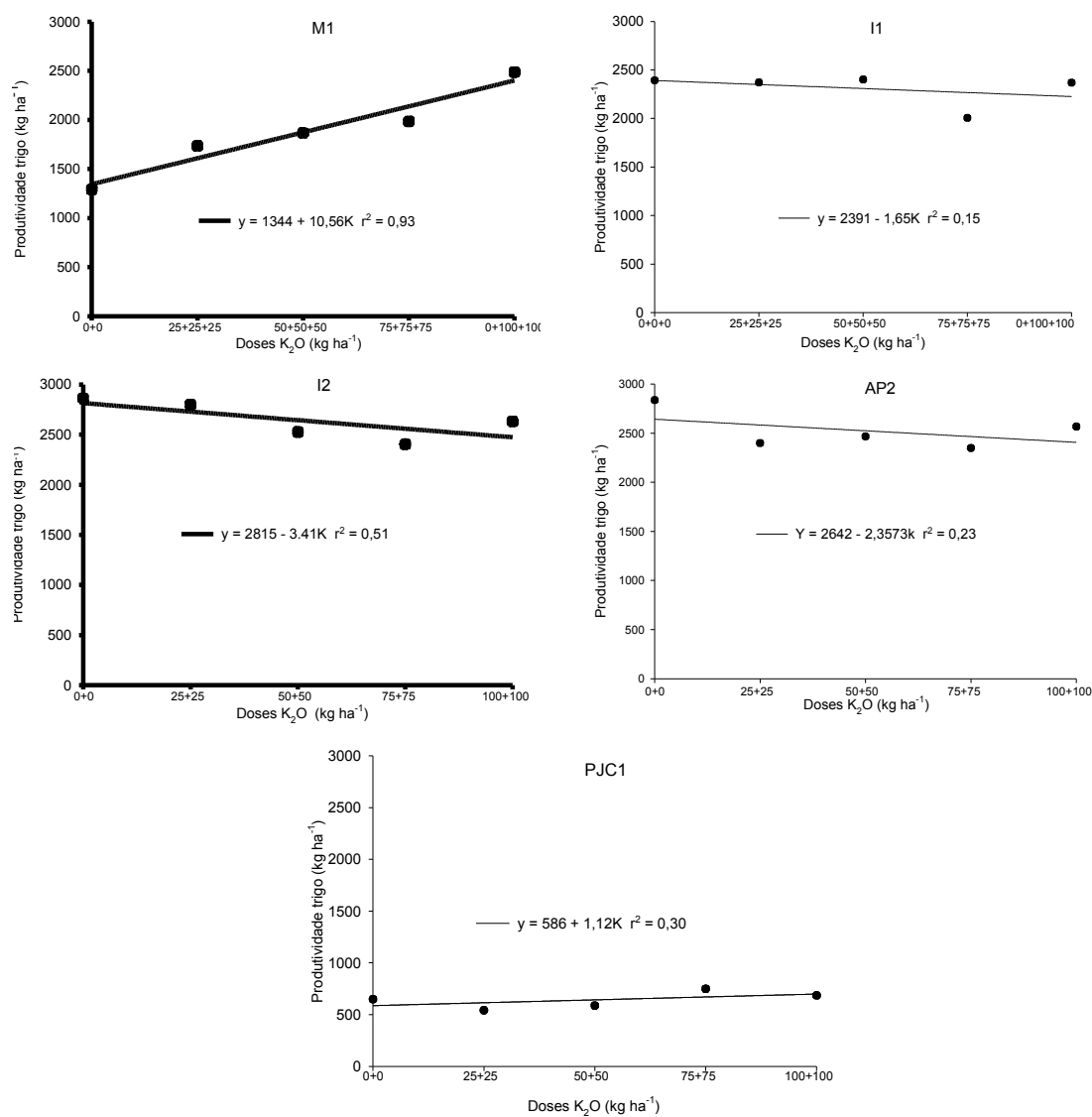


FIGURA 89. Produtividade de grãos de trigo, após o milho, na safra 2004 em função das doses de potássio adicionadas.

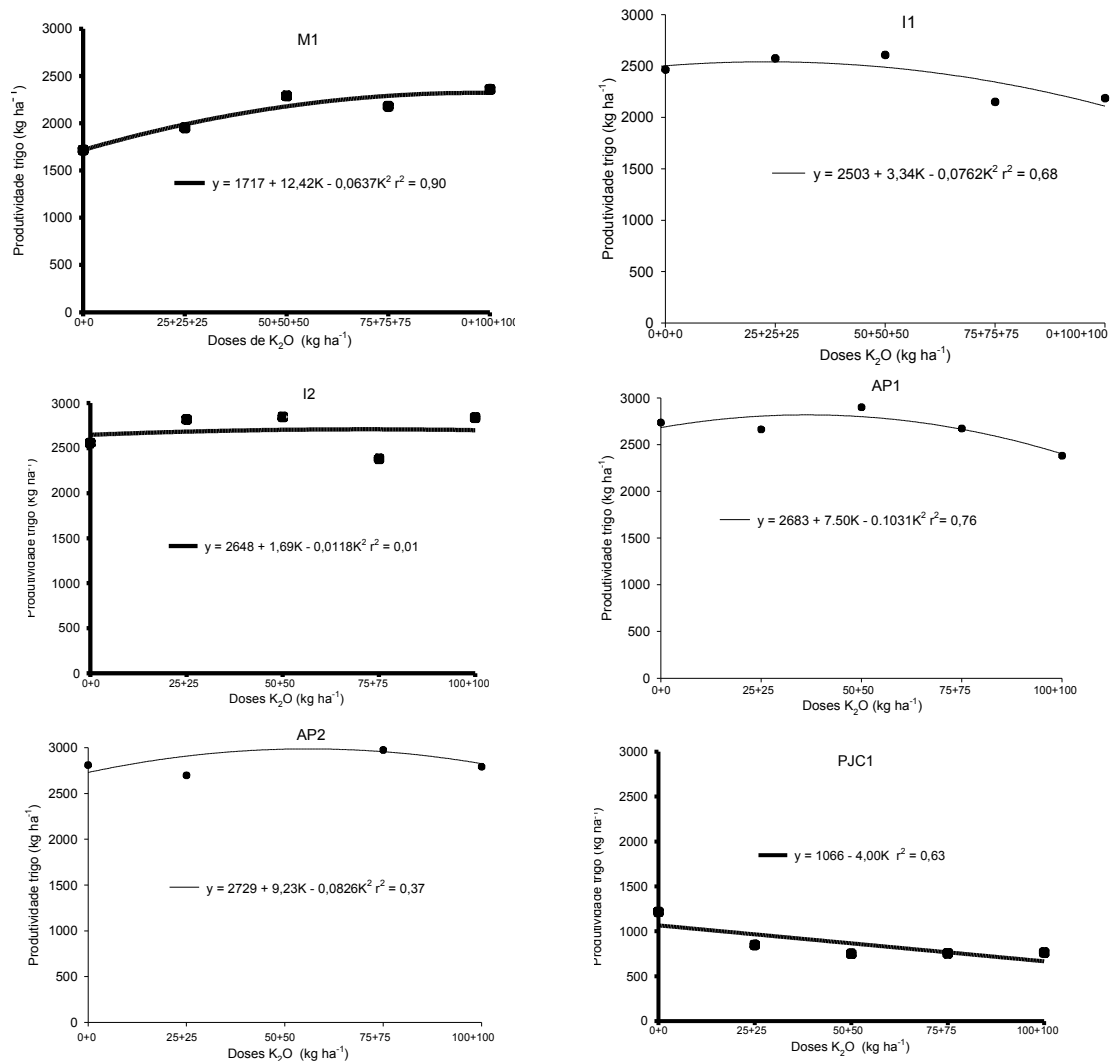


FIGURA 90. Produtividade de grãos de trigo após a soja, na safra 2004 em função das doses de potássio adicionadas.

5.24 Produtividade do milho, na safra 2003/2004 em função das doses de potássio.

Quando analisamos a Figura 91, podemos observar que o experimento M1 apresentou uma resposta à aplicação de K, com aumentos na produtividade em até 883 kg ha⁻¹, esta resposta por kg de K₂O aplicado foi de 11,70 kg de milho, valores similares foram verificados no trigo de 2004 que estão descritas nas Figuras 89 e 90.

Continuando a análise da Figura 91, nota-se também que o experimento que apresentou maior resposta foi o experimento M2, com aumentos na produtividade de 926 kg ha⁻¹ de milho com uma dose de 71 kg ha⁻¹ de K₂O. Observamos também que a equação que melhor se ajustou neste caso foi uma equação quadrática, onde o mesmo apresentou um fator “b” de 25,96.

Considerando que os experimentos M1 e M2 (Tabela 35) apresentam diferenças nos teores de K no solo nas parcelas testemunhas, com 50 e 130 mg dm⁻³ respectivamente, e os mesmos, apresentaram RR similares em torno de 81%. Observamos também aqui, que o experimento M1 apresenta uma resposta crescente acima das doses de K aplicadas, tendência que não ocorreu com o experimento M2, aqui fica evidenciada que não foi alcançada a máxima eficiência técnica com as doses aplicadas.

Na Tabela 35, analisando também os experimentos I1, I2, AP2 e PJC1, podemos observar que os mesmos apresentaram RR superiores a 90%, desta forma evidenciando que existe uma baixa probabilidade de resposta quando se têm teores altos de K no solo. Mielniczuk (1969a) observou o mesmo comportamento, isto é, baixas respostas das culturas quando já se têm teores altos de K no solo.

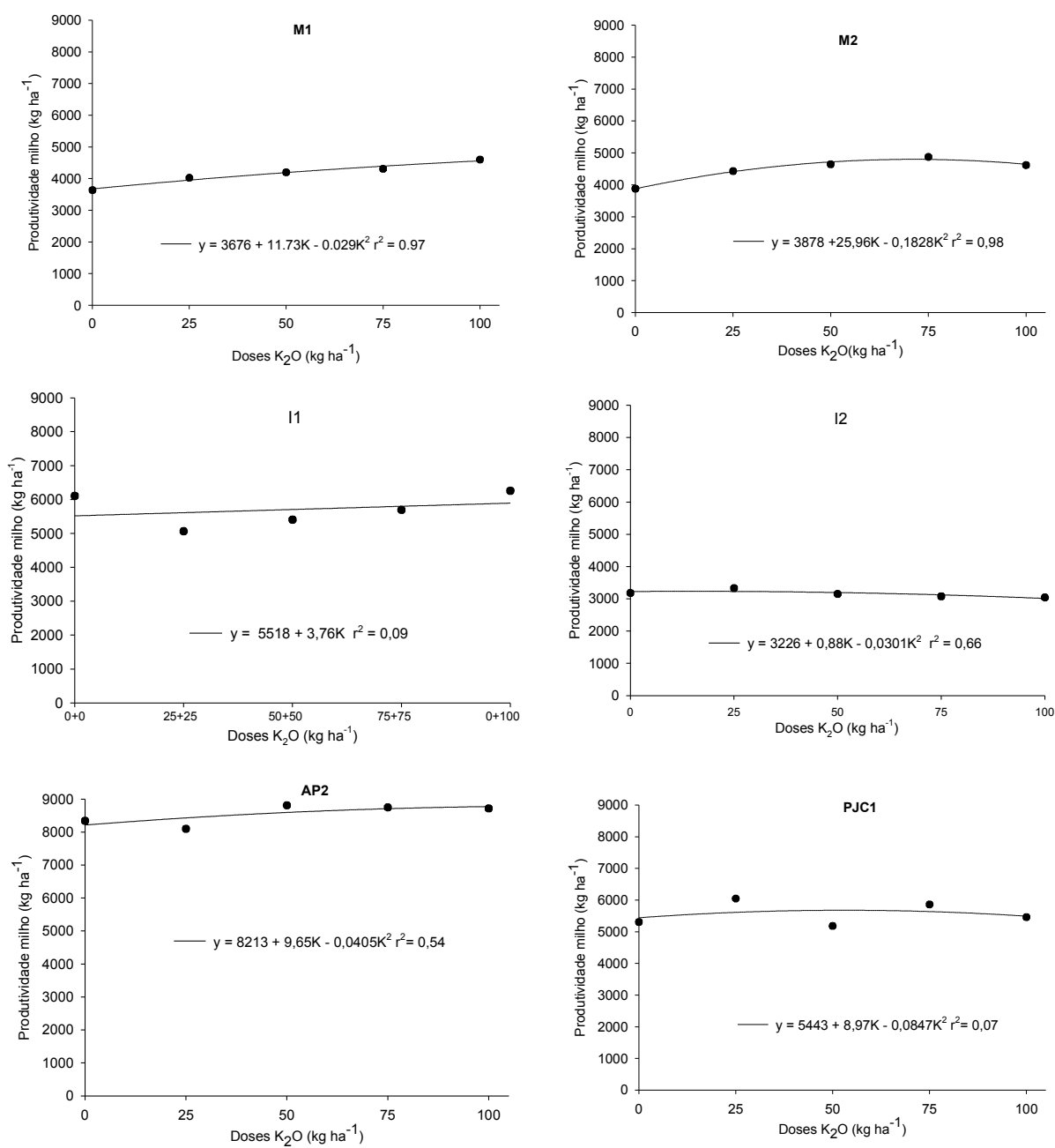


FIGURA 91. Produtividade de grãos de milho, na safra 2003/2004 em função das doses de potássio adicionadas.

5.25 Produtividade da soja, na safra 2003/2004 em função das doses de potássio.

Considerando a cultura da soja que está descrita na Tabela 35, observa-se que os experimentos M1 e M2, apresentaram respostas menores à aplicação de K quando comparadas com o milho da safra anterior, com RR de 89,3 e 96,3% respectivamente. Neste caso, as produtividades não foram altas, evidenciando que a cultura da soja não precisou de quantidades altas de K para concluir seu ciclo, fato que pode ser atribuído à menor resposta quando comparado com o milho que precisa absorver quantidades altas de K para poder concluir seu ciclo produtivo.

Na Tabela 35, nos experimentos I1, I2, AP1, AP2 e PJC, observa-se que os mesmos apresentaram RR superiores a 90%, desta forma evidenciando que existe uma baixa probabilidade de resposta quando se tem teores altos de K no solo. Do mesmo modo os experimentos I2, AP1 e PJC apresentaram uma diminuição na produtividade com as doses de K aplicadas, contudo foram muito baixos os coeficientes de correlação dos mesmos, evidenciando que se tem baixa correlação entre as doses e as produtividades. VIDOR et al. (1973) não observaram respostas na produtividade de soja com a aplicação de K, em solos com teores acima de 80 mg dm^{-3} .

Com os resultados aqui obtidos podemos verificar que os solos do Paraguai, na sua grande maioria se encontram com teores de K muito alto, neste sentido seria possível reduzir ou até mesmo eliminar as aplicações de adubações potássicas. Considerando este fato, o Paraguai pode usar esta situação como uma estratégia no que diz respeito à não aplicação de adubação potássica, especialmente em casos onde a expectativa de preço é baixa, ou depois de uma safra frustrada, considerando aqui que geralmente os produtores se encontram numa situação financeira baixa, onde se pode economizar neste fator, o qual não afetaria a produtividade. Não podemos esquecer neste caso, que quanto menor aplicação realizada, mais acelerado será o esgotamento da reserva do nutriente no solo, com isto, serão necessárias as adubações de manutenção com o passar do tempo. Considerando que com estes teores altos apresentados neste estudo, podemos dizer que o produtor tem uma reserva que poderá ser aproveitado em anos de necessidade.

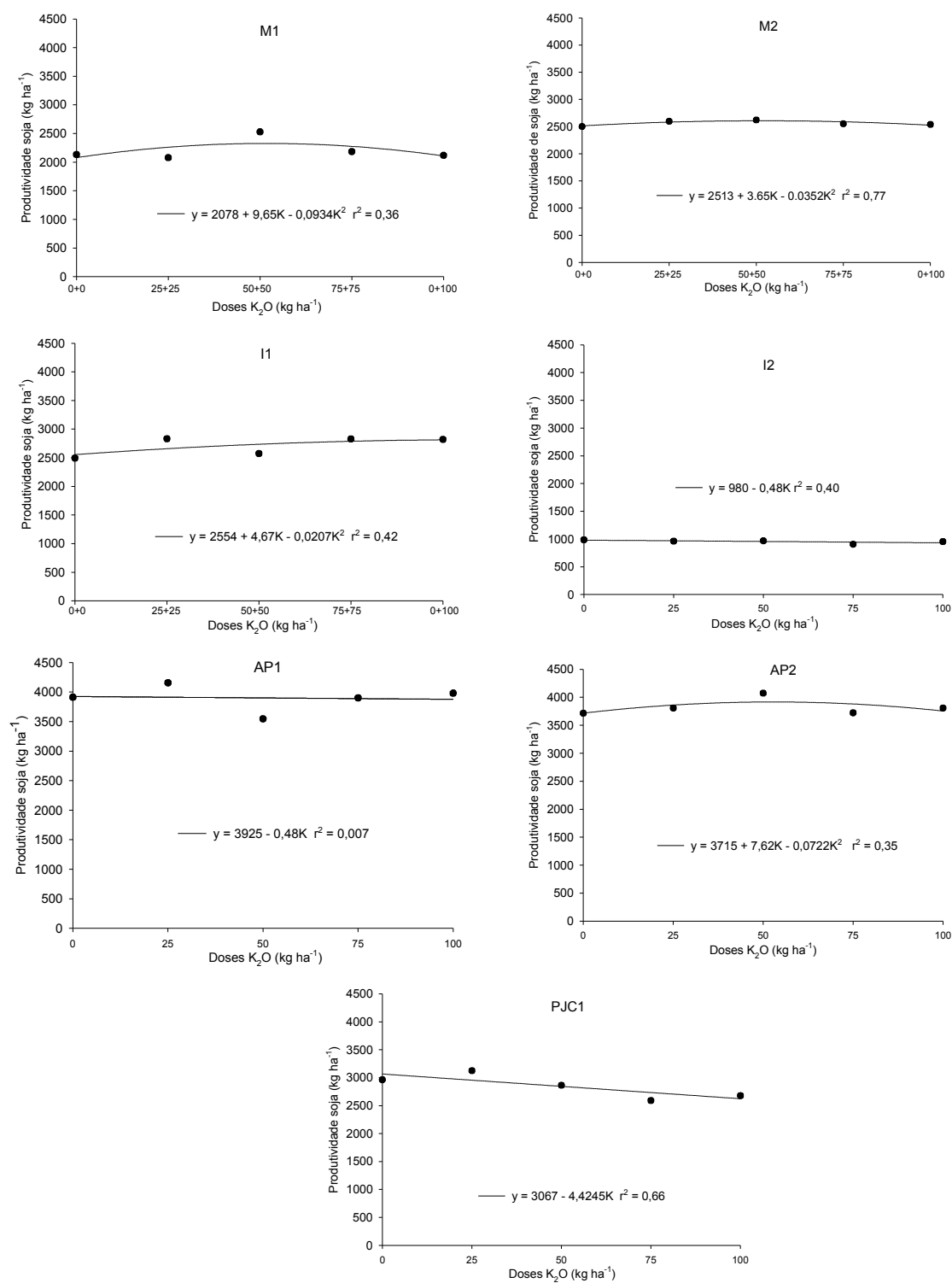


FIGURA 92. Produtividade de grãos de soja, na safra 2003/2004 em função das doses de potássio adicionadas.

Segunda etapa do projeto

5.26 Produtividade da soja safra, na 2004/2005 em função das doses de potássio na segunda etapa do projeto.

Aqui serão apresentados os rendimentos de soja de três experimentos AP1, I2 e PJC (Figura 93), nas quais foram possíveis conduzir a safra da soja 2004/2005, onde nas mesmas foram aplicadas três vezes as doses de K, isto é, as doses de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O.

O experimento de AP1 já tinha uma faixa inicial muito alta de potássio que representa como duas vezes a mais do que o teor crítico encontrado, tanto na primeira como na segunda etapa do projeto, o que resultaria numa reposição inexistente com 100% de RR, com uma produtividade de 1978,7 kg ha⁻¹ na MET, o qual foi verificado neste experimento (Figura 93), observa-se também um decréscimo de produtividade com o incremento do fertilizante.

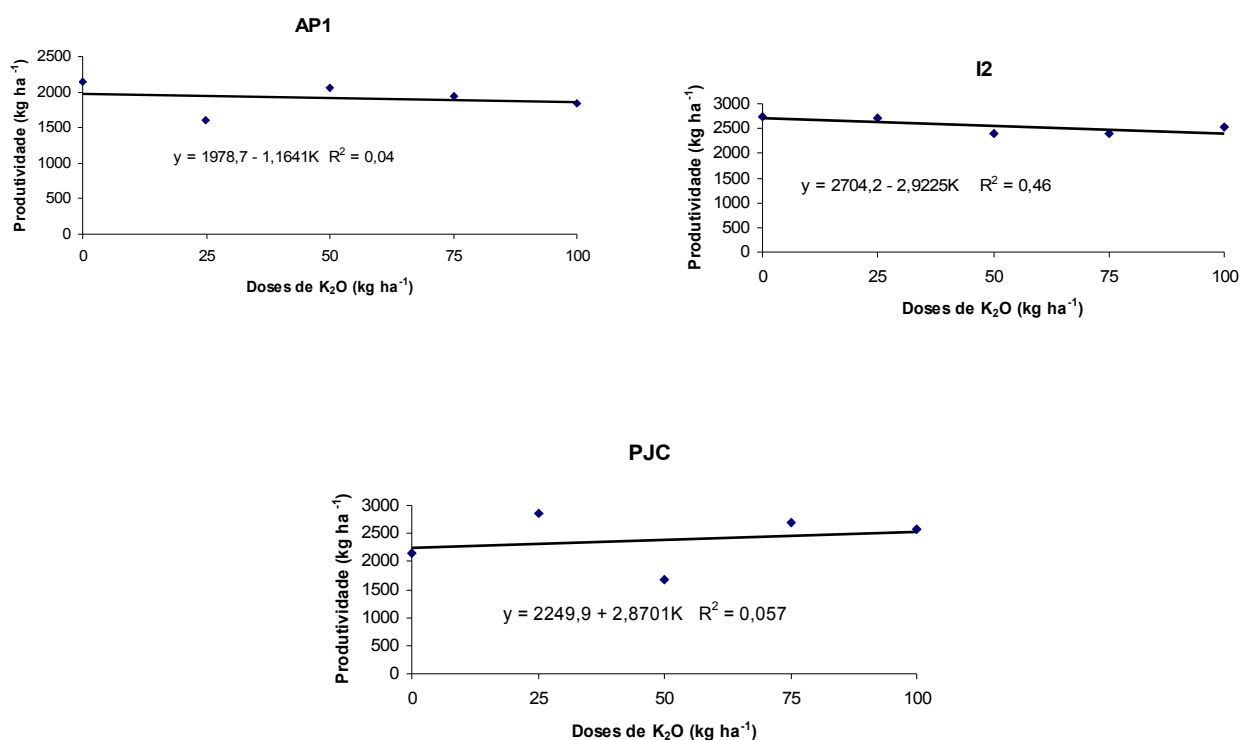


FIGURA 93. Produtividade de grãos de soja, na safra 2004/2005 nos experimentos AP1, I2 e PJC em função das doses de Potássio, segunda etapa do projeto.

No experimento de I2, novamente não houve resposta à aplicação de K (Figura 93), e também se observa um decréscimo na produtividade com o incremento do fertilizante, o que já era de se esperar pelo fato de que neste experimento o nível inicial também era muito alto.

O experimento de PJC (Figura 93) apresenta uma pequena resposta à aplicação de potássio, a mesma poderia ser ocasional pelo fato de que o mesmo já apresentava também teores altos de potássio conforme a Tabela 36.

5.27 Produtividade do milho, na safra 2004/2005 em função das doses de potássio na segunda etapa do projeto.

Aqui serão apresentados os rendimentos de milho de dois experimentos I2 e PJC (Figura 94), nos quais foi possível conduzir a safra de milho 2004/2005, onde que as mesmas foram aplicadas três vezes as doses de K, isto é, as doses de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O.

O experimento I2 (Figura 94) não apresenta resposta à aplicação de K, com um rendimento de 2857 kg ha⁻¹ na MET, e um RR de 100%. No caso do experimento PJC quando comparado ao I2, onde mostra um maior rendimento em produção de grãos, mas também não foi observada resposta à aplicação de K, com um RR também de 100%.

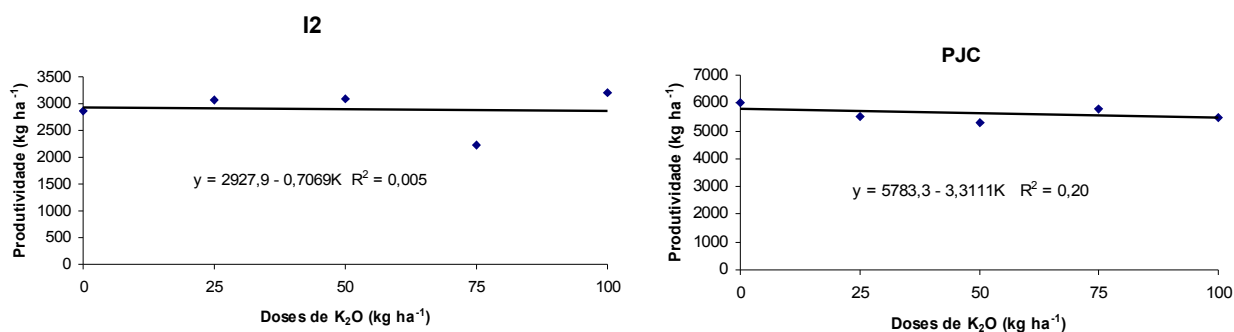


FIGURA 94. Produtividade de grãos de milho, na safra 2004/2005 nos experimentos I2 e PJC em função das doses de Potássio, segunda etapa do projeto.

5.28 Produtividade do trigo, na safra 2005 em função das doses de potássio na segunda etapa do projeto.

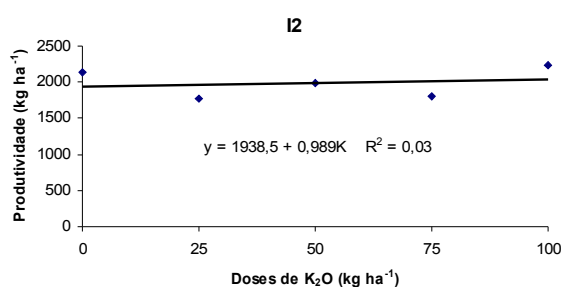
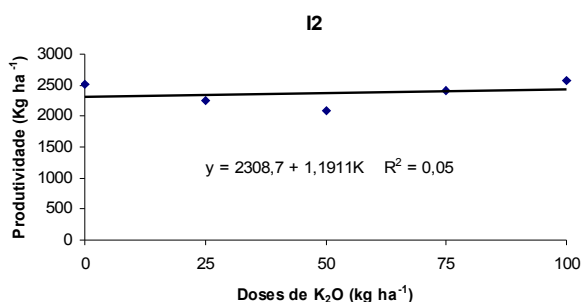
Aqui serão apresentados os rendimentos de trigo de três experimentos I2 e M1 e AP2 (Figura 95) nas quais foram possíveis conduzir a safra de trigo 2005, onde que para I2 foram aplicadas 3 doses de K, mais uma aplicação específica na dose 25 kg ha⁻¹. No M1 foram aplicadas também 3 doses de K, mais uma aplicação específica na dose 25 kg ha⁻¹, e no

experimento AP2 foram aplicadas duas doses de K, mais uma aplicação específica na dose de 25 kg ha⁻¹.

Nesta safra do trigo 2005 no experimento de I2 (Figura 95) foi verificada uma baixa resposta à aplicação de potássio com RR de 95%, considerando sempre que o mesmo já se encontrava com uma faixa alta de potássio, onde tiveram rendimentos na dose testemunha de 2036 e 1938 kg ha⁻¹.

O experimento M1 apresentou melhor resposta à aplicação de K, quando se comparado com os experimentos I2 e AP2 com RR de 80 e 85 % como nos mostra a Tabela 33, comportamento que já era esperado pelo fato de que o experimento M1 é um dos experimentos com a menor faixa, apresentada no nível inicial dos experimentos, fato que já era sabido também na primeira etapa do projeto.

O experimento AP2 também não apresentou resposta à aplicação do potássio com um RR de 98%, lembrando sempre que quase todos os experimentos já apresentavam níveis altos de potássio, por tanto às respostas seriam inexistentes ou casuais verificado aqui nestes resultados. Mostrando desta forma o alto potencial que estes solos apresentam em fornecer quantidades suficientes de K para as culturas.



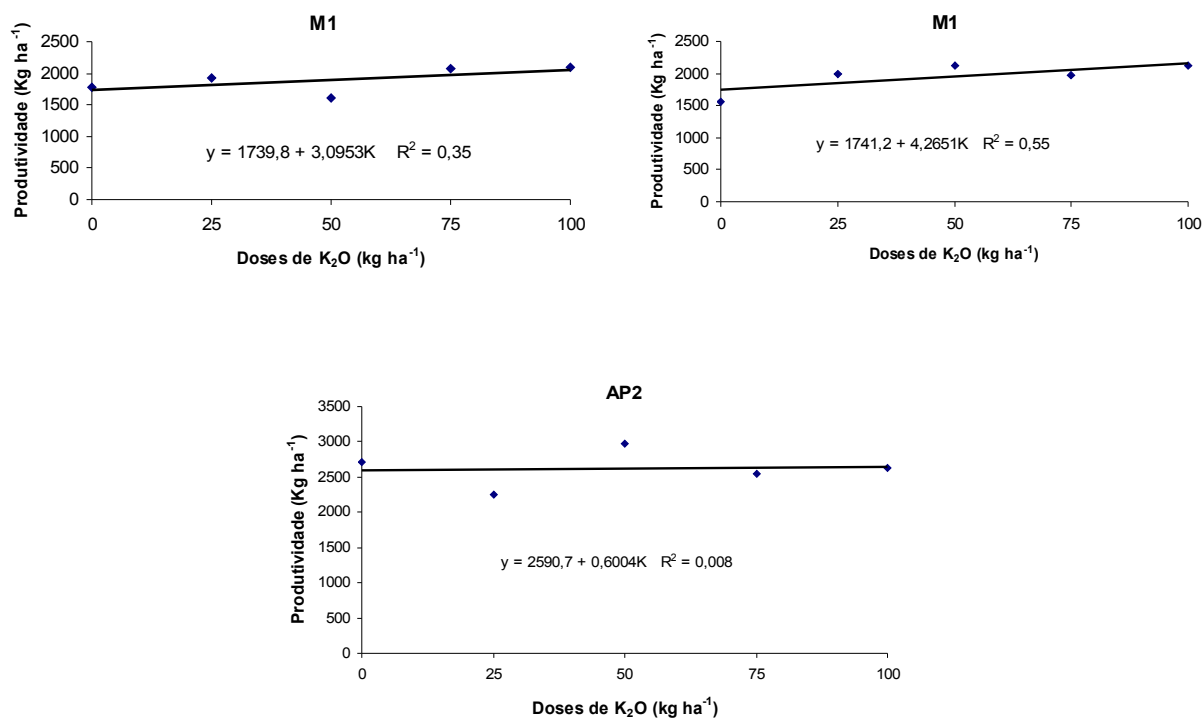


FIGURA 95. Produtividade de grãos de trigo, na safra 2005, nos experimentos I2, M1 e AP2 em função das doses de Potássio.

5.29 Produtividade da soja, na safra 2005/2006 em função das doses de potássio na segunda etapa do projeto.

Aqui serão apresentados os rendimentos de trigo de três experimentos I2, PJC e AP2 (Figura 96) nas quais foram possíveis conduzir a safra de soja 2005/2006, onde que nas mesmas foram aplicadas três vezes às doses de K, isto é, as doses de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, mais duas aplicações específicas na dose 25 kg ha⁻¹.

No experimento I2 foi observada uma resposta à aplicação do K, com um RR de 83% e com uma MET de 3756 kg ha⁻¹, o mesmo quando comparado com os experimentos de PJC e AP2, foi a que melhor respondeu a aplicação do K.

No caso do experimento de PJC, também foi verificada uma resposta à aplicação de potássio, mesmo apresentando teores iniciais considerados altos de K, o mesmo teve um RR de 85%, com uma MET de 4195 Kg ha⁻¹.

O AP2 não apresentou resposta à aplicação de K, com um RR de 100%, o que já era de se esperar por ele apresentar um teor de K de 374 mg dm^{-3} , teor considerado muito alto.

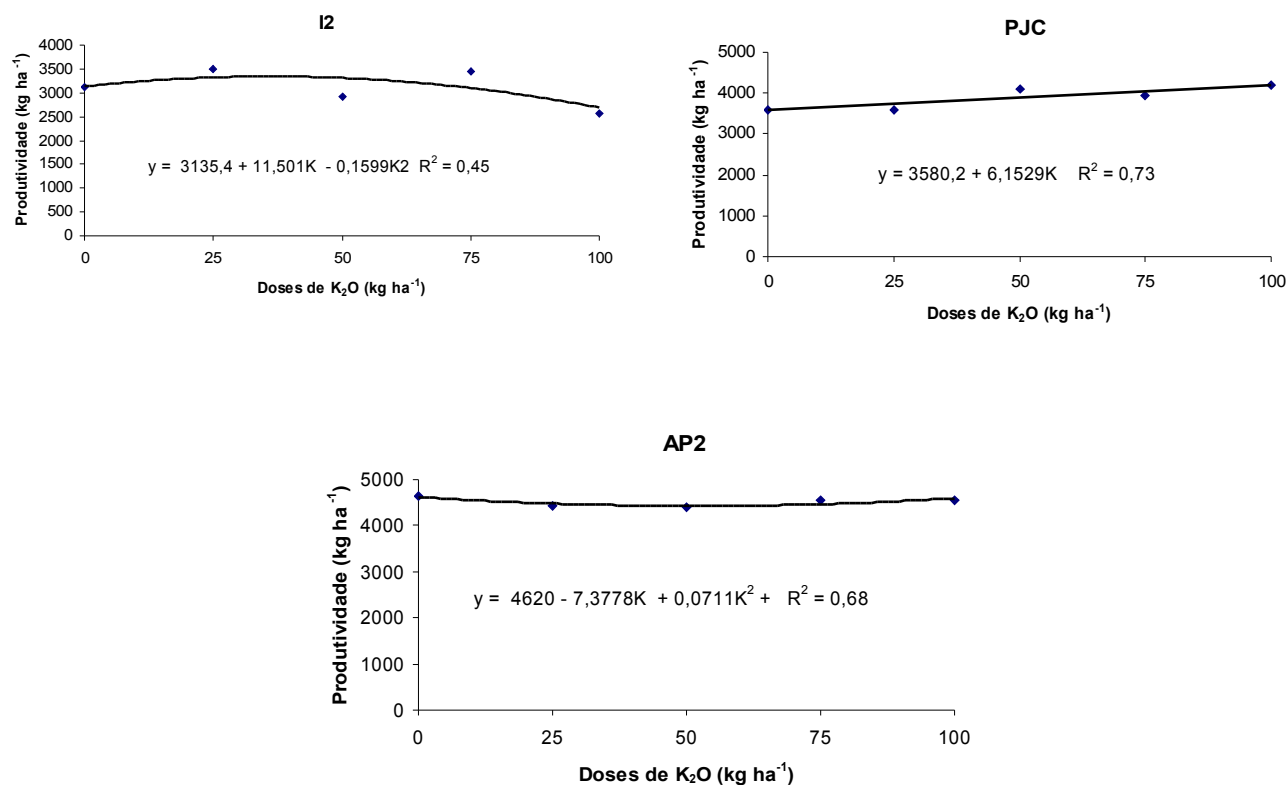


FIGURA 96. Produtividade de grãos de soja, na safra 2005/2006, nos experimentos I2, PJC e AP2 em função das doses de Potássio.

5.30 Produtividade do milho, safra 2005/2006 em função das doses de potássio na segunda etapa do projeto.

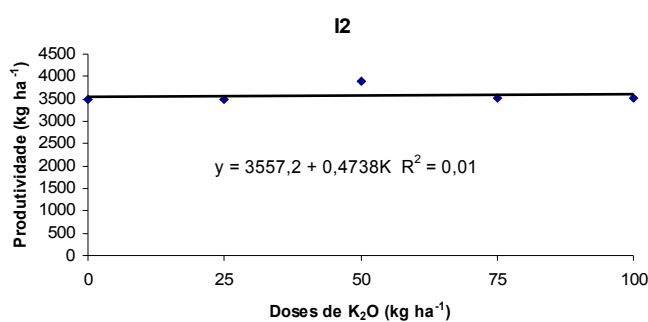
Aqui serão apresentados os rendimentos de milho de três experimentos I2, PJC e AP2 (Figura 97), nas quais foram possíveis conduzir a safra de milho 2005/2006, onde que nas mesmas foram aplicadas três vezes as doses de K, isto é, as doses de 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha^{-1} de K_2O , mais duas aplicações específicas na dose 25 kg ha^{-1} .

O experimento I2 não apresentou resposta à aplicação de K, com um RR de 99%, com uma MET de 3605 kg ha^{-1} (Tabela 36), devemos lembrar que estes experimentos já estão com

residual de K aplicado nas safras anteriores, além de que o mesmo já tinha um teor inicial alto.

Em PJC apresentou resposta à aplicação de K (Tabela 36), com RR de 83% com um teor no solo de 290 mg dm^{-3} , o mesmo comportamento foi verificado na safra da soja do mesmo ano, e quando o comparamos com o I2 o mesmo apresenta maiores valores na produção de grãos de milho nas diferentes doses de K.

E no experimento de AP2 também apresentou resposta, embora um pouco menor à de PJC, com um RR de 89%, e esta quando comparada com os experimentos I2 e PJC, foi a que maior produção de grãos obteve. No geral quase todos os experimentos apresentaram RR altos com pouca ou nada de resposta à aplicação de K (Tabela 36), mostrando a baixa probabilidade de resposta quando se tem alto teor de K no solo.



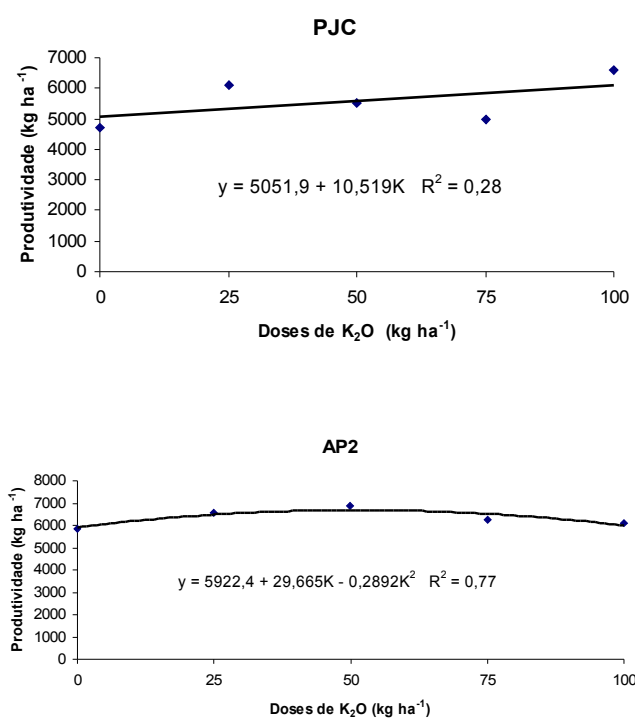


FIGURA 97. Produtividade de grãos de milho, na safra 2005/2006, nos experimentos I2, PJC e AP2 em função das doses de Potássio.

Os resultados obtidos nesta segunda etapa do projeto nos permitem reforçar o que já foi verificado na primeira etapa do projeto, isto é, que em quase todos os experimentos conduzidos nos diferentes locais, os solos estão com um teor alto de K, onde se teve um RR médio maior que 90%, neste caso, é possível diminuir ou até mesmo suprimir as adubações potássicas.

5.31 Doses de máxima eficiência técnica nas duas etapas do projeto.

Primeira etapa do projeto (Wendling, 2005).

TABELA 35. Experimento, safra de condução, dose de máxima eficiência técnica, produtividade máxima, K extraível por Mehlich⁻¹ e rendimento relativo do trigo, milho e soja em função das doses de K₂O aplicadas sob sistema plantio direto.

Experimento	Máxima eficiência técnica (kg ha ⁻¹)		K no solo mg dm ⁻³	RR ---%---	
	Dose K ₂ O	Produtividade			
----- Trigo safra 2003 -----					
M1	Após soja	49	1822	47	93,0

I1	Após soja	41	4200	200	92,0
----- Trigo safra 2004 -----					
M1	Após soja	97	2322	49	73,9
I1	Após soja	22	2540	283	98,5
I2	Após soja	72	2708	183	97,8
AP1	Após soja	36	2819	200	95,2
AP2	Após soja	56	1987	364	91,4
PJC1	Após soja	0	1066	231	100
Média			2433		92,7
M1	Após milho	100	2400	37	56,0
I1	Após milho	0	2391	245	100
I2	Após milho	0	2815	182	100
AP2	Após milho	0	2642	336	100
PJC1	Após milho	100	698	263	84,0
Média			2189		88,0
----- Milho safra 2003/04 -----					
M1	Após trigo	100	4559	50	80,6
M2	Após pastagem	71	4804	130	80,7
I1	Após trigo	100	5894	179	93,6
I2	Após pousio	14	3232	185	99,8
AP2	Após trigo	100	8773	200	93,6
PJC	Após pousio	53	5680	263	95,8
Média			5490		90,7
----- Soja safra 2003/04 -----					
M1	Após trigo	52	2327	50	89,3
M2	Após pastagem	52	2608	130	96,3
I1	Após trigo	100	2814	245	90,8
I2	Após pousio	0	980	183	100
AP1	Após aveia	0	3925	200	100
AP2	Após trigo	53	2916	364	93,1
PJC	Após pousio	0	3067	231	100
Média			2662		95,6

Analisando a Tabela 35 onde estão descritos os experimentos, e considerando os experimentos M1 e M2, observa-se que as culturas alcançaram o máximo rendimento desde 49 kg ha^{-1} de K_2O , onde que a produtividade máxima não foi alcançada com a dose de 100 kg ha^{-1} , neste sentido, tem-se a possibilidade de considerar que, para que se possam alcançar as produtividades máximas são necessárias doses a partir de 50 kg ha^{-1} , considerando que neste caso não foi encontrado a dose máxima à que as plantas respondem.

Considerando os experimentos com a cultura do trigo após a soja (Figura 35), podemos observar que os mesmos alcançaram uma produtividade máxima em média de 2433 kg ha^{-1} com um RR de 92,7%. E com relação a cultura do trigo, mas após o milho, essa produtividade máxima foi em média de 2189 kg ha^{-1} com um RR de 88%. Na cultura do milho a produtividade máxima em média foi de 5490 kg ha^{-1} , e o RR foi de 90,7%. No caso da soja

esta produtividade máxima em média foi de 2662 kg ha⁻¹, com um RR de 95,6%, verificando aqui que a soja apresentou uma resposta baixa às aplicações de K. E numa análise geral, nota-se que os RR verificados foram altos, isto é, atribuído principalmente ao fato de que os solos onde foram conduzidos os experimentos, já se encontravam com altos teores de K no solo.

As produtividades máximas dos experimentos com soja 2004/2005 em AP1, I2 e PJC chegaram a 2310,9 kg ha⁻¹ em média, com um RR de 96,3 % (Tabela 36). No caso das máximas produtividades com milho para os experimentos I2 e PJC, foi de 4154,5 kg ha⁻¹ em média, obtendo-se um RR de 100%.

Também na Tabela 36, no caso do trigo 2005 nos experimentos I2, M1 e AP2, as máximas produtividades apresentaram valores de 2265,8 kg ha⁻¹ em média, com RR de 90,6%. E para as safras de soja e milho 2005/2006 as máximas produtividades foram de 4126,6 e 5464 kg ha⁻¹ em média, e com RR de 89,3 e 90,3% respectivamente. Como já foi verificado na primeira etapa do projeto e também nesta segunda etapa, os altos RR encontrados estão diretamente relacionados com o fato de que, os solos onde foram realizados estes experimentos apresentavam altos níveis de K inicial no solo.

Segunda etapa do projeto

TABELA 36. Experimento, safra de condução, dose de máxima eficiência técnica, produtividade máxima, K extraível por Mehlich⁻¹ e rendimento relativo do trigo, milho e soja em função das doses de K₂O aplicadas sob sistema plantio direto na segunda etapa do projeto.

Experimento	Máxima eficiência técnica (kg ha ⁻¹)		K no solo mg dm ⁻³	RR ---%---	
	Dose K ₂ O	Produtividade			
----- Soja safra 2004 - 2005-----					
AP1	Após trigo	0	1978,7	210	100
I2	Após trigo	0	2704,2	184	100
PJC	Após trigo	100	2249,9	289	89
Média			2310,9		96,3
-----Milho safra 2004 -2005 -----					
I2	Após trigo	0	2857	200	100
PJC	Após trigo	0	5452	308	100
Média			4154,5		100
----- Trigo safra 2005 -----					
I2	Após milho	100	2424	169	95
I2	Após soja	100	2037	149	95
M1	Após milho	100	2049	101	85
M1	Após soja	100	2168	71,5	80
AP2	Após soja	100	2651	286	98
Média			2265,8		90,6
-----Soja safra 2005-2006-----					
I2	Após trigo	36	3756	206	83
PJC	Após trigo	100	4195	304	85
AP2	Após trigo	52	4429	374	100
Média			4126,6		89,3
-----Milho safra 2005-2006-----					
I2	Após trigo	100	3605	195	99
PJC	Após trigo	100	6104	290	83
AP2	Após trigo	51	6683	348	89
Média			5464		90,3

5.32 Determinação do teor crítico, na primeira e segunda etapa do projeto.

O teor crítico de potássio no solo extraído pelo método de análise Mehlich⁻¹, foi determinado a partir da equação exponencial de Mitscherlich, o qual foi a que melhor se ajustou aos dados de rendimento relativo com os de teores extraídos do solo.

Com os dados obtidos na primeira e segunda etapa do projeto, foi definido o teor crítico de potássio no solo, determinado pelo método Mehlich⁻¹ (Figuras 98, e 99) que foram

igual a 68 e 74 mg dm⁻³ respectivamente, o qual corresponde a um rendimento relativo de 90%. O valor determinado na segunda etapa do projeto é um pouco menor ao valor determinado na primeira etapa que foi de 74 mg dm⁻³, o qual pode ser atribuído a que, na primeira etapa foi possível se ter mais experimentos conduzidos que nesta segunda etapa.

Considerando a Comissão (2004) o teor crítico de K, está entre os valores de 45 e 90 mg dm⁻³, onde o mesmo depende da CTC do solo, isto é, para CTC menor que 5, entre 5 e 15 e acima de 15 cmolc dm⁻³, apresentam teores críticos de 45, 60 e 90 mg dm⁻³ no solo extraído pela solução Mehlich⁻¹, para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. E considerando uma outra determinação, o valor de 60 mg dm⁻³ foi utilizado como teor crítico até 1986 (Mielniczuk et al., 1969a, b; Universidade., 1973; Tabelas., 1976; Manual., 1981). A partir da recomendação de Siqueira et al. (1987) foi adotado e utilizado o valor para o teor crítico de 80 mg dm⁻³, isto até a recomendação da Comissão (2004).

No estudo realizado por Schlindwein (2003), na calibração dos métodos Mehlich⁻¹, Mehlich⁻³ e Resina, foi determinado um teor crítico de K no solo de 125 mg dm⁻³, semelhante para todos os métodos testados.

Teor crítico na primeira etapa do projeto (Wendling, 2005).

FIGURA 98. Relação entre K extraído pela solução Mehlich⁻¹ e o rendimento relativo obtido com trigo, milho e soja sob plantio direto, equação de produção, coeficiente de correlação, teor crítico e faixas de fertilidade para potássio sob plantio direto no Paraguai, Paraguai, 2005. **Significativo (P < 0,01).

Teor crítico na segunda etapa do projeto

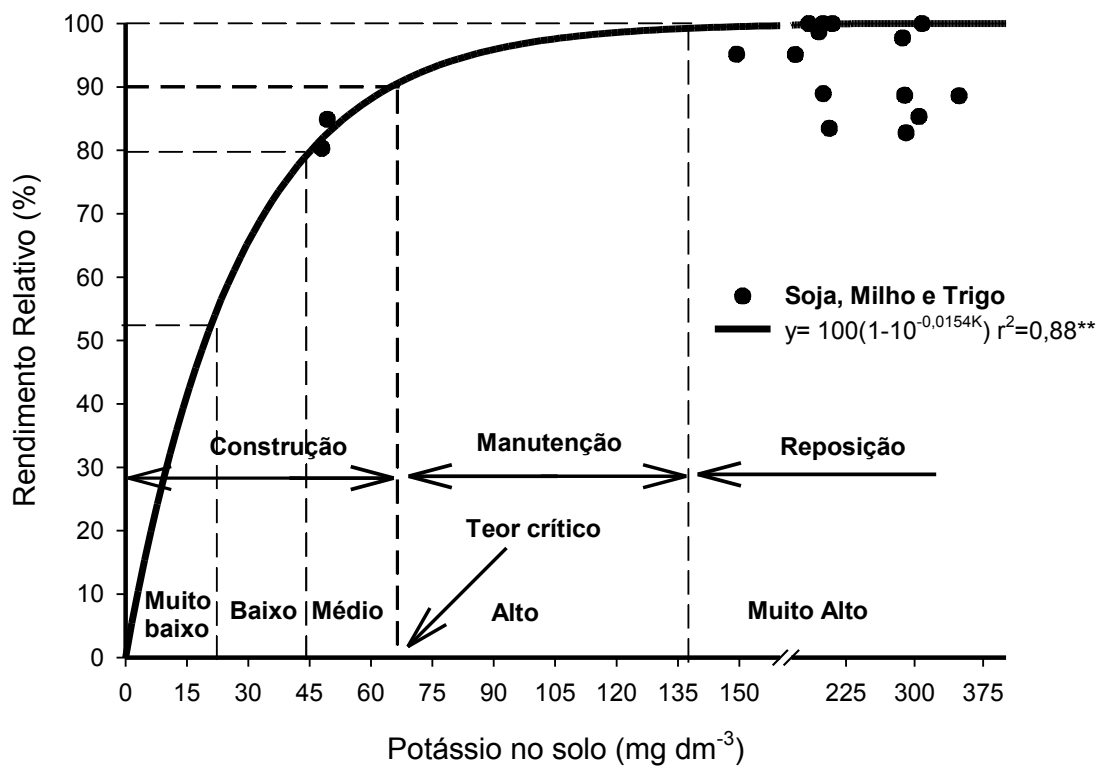


FIGURA 99. Relação entre K extraído pela solução Mehlich⁻¹ e o rendimento relativo obtido com trigo, milho e soja sob plantio direto, equação de produção, coeficiente de correlação,

teor crítico para potássio sob plantio direto na segunda etapa do projeto. **Significativo ($P < 0,01$).

Logo após será apresentado o valor de teor crítico encontrado nas duas etapas do projeto na Figura 100, isto é, aqui serão apresentados os dados das duas etapas juntas, onde foi determinado o nível crítico de K com um valor de 74 mg dm^{-3} , com isto foi confirmado o valor determinado na primeira etapa do mesmo. Os valores encontrados na segunda etapa foram de grande importância para confirmar melhor este valor de 74 mg dm^{-3} como sendo o nível crítico de K para os solos estudados no Paraguai. Assim, no final foi estimado um valor de 75 mg dm^{-3} para o projeto geral.

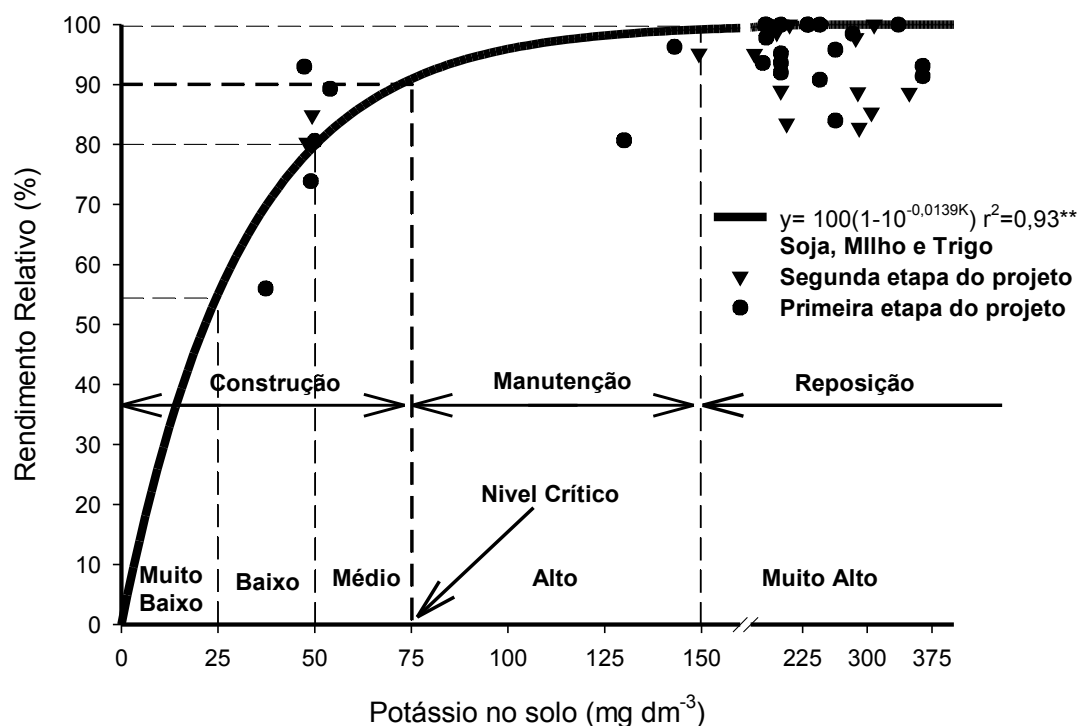


FIGURA 100. Relação entre K extraído pela solução Mehlich⁻¹ e os rendimentos relativos obtido com trigo, milho e soja sob plantio direto, equação de produção, coeficiente de correlação, teor crítico para potássio sob plantio direto na primeira e segunda etapa do projeto.

5.33 Determinação de faixas de fertilidade do solo para o potássio aqui considerando as duas etapas do projeto.

Logo após de determinar o teor crítico de K no solo pela equação de Mitcherlich nas duas etapas do projeto, ajustou-se o valor encontrado para 75 mg dm^{-3} , representando o limite superior da classe “médio”, o qual é dividido por três para determinar as classes equidistantes, aqui denominadas “muito baixo”, “baixo” e “médio”, e é multiplicado por dois para determinar o limite entre as classes “alto” e “muito alto”. Na Tabela 37 estão descritas as classes de disponibilidade de K para o Paraguai.

TABELA 37. Classes de disponibilidade de K para as culturas, teor de K extraível por Mehlich¹ em cada classe, rendimento relativo esperado e probabilidade de resposta das culturas a aplicação de fertilizantes potássicos nas duas etapas do projeto.

Classe	K Mehlich1 (mg dm^{-3})	RR	Probabilidade de resposta
Muito baixo	Até 25	Menor 55%	Alta
Baixo	26 – 50	56 - 80%	Média
Médio	51 – 75	81- 90%	Baixa
Alto	76 – 150	90 -100%	Muito baixa
Muito alto	Maior que 150	100%	Inexistente ou casual

Quando os valores se encontram acima do teor crítico, a resposta das plantas são muito baixas ou nula, mas quando estes valores se encontram abaixo do teor crítico, as probabilidades de resposta vai aumentando quanto mais esse valor se distancia do teor crítico. Considerando esse fato, o limite inferior da classe denominado “alto” se encaixa com o teor crítico, ponto no qual é possível se obter os rendimentos que se aproximam à máxima eficiência econômica das culturas.

No caso da classe ou teor “muito alto” observa-se que esses valores são o dobro do teor crítico determinado, isto é, o mesmo apresenta uma alta quantidade do nutriente para que as plantas possam se desenvolver sem problemas.

Para que as culturas se desenvolvam e tenham uma boa produtividade, o teor no solo adequado situa-se no teor “alto”, uma vez alcançado este nível no solo as adubações serão de manutenção, sendo esta quantidade suficiente para repor o que foi exportadas pelos grãos, massa seca, etc., e mais uma quantidade para suprir as eventuais perdas do sistema tais como erosão, lixiviação, etc.

Quando a classe está nos teores “muito alto” as aplicações de fertilizantes poder ser só para dar início a um arranque ou, a mesma pode até ser exonerada, isto é, não aplicadas, claro isto sempre e quando a situação de expectativa de preço são baixos, ou também pode-se investir em um outro nutriente que neste caso esteja prejudicando a produtividade.

No caso dos teores que se encontram nas classes “médio”, “baixo” e “muito baixo”, as aplicações devem abastecer a necessidade das culturas, mais uma quantidade para desta forma atingir o teor crítico determinado para o solo.

5.34 Determinação de doses na primeira e segunda etapa do projeto.

Primeira etapa do projeto (Wendling, 2005)

Com os teores de potássio que foram determinados pelo método Mehlich⁻¹, os solos estudados foram classificados numa determinada faixa de fertilidade de acordo com o que está descrito na Tabela 37, e considerando a mesma, serão feitas às respectivas recomendações preliminares de adubação potássica.

5.35 Doses para adubação de correção.

Este tipo de adubação deve ser utilizado no caso, de que os teores que foram determinados pelo método Mehlich⁻¹ sejam inferiores a 75 mg dm⁻³, onde o mesmo terá como principal objetivo alcançar este valor, além de prover as plantas o que elas necessitam para o seu desenvolvimento. Considerando aqui que este tipo de adubação, em alguns casos, não seja economicamente viável em curto prazo, mas em longo prazo sim.

Considerando que na maioria dos experimentos conduzidos neste estudo, os teores de K no solo estão acima do teor denominado muito alto, neste sentido os experimentos aqui analisados foram o M1 e M2 lembrando que são os únicos que apresentam teores que não estão acima do teor crítico determinado.

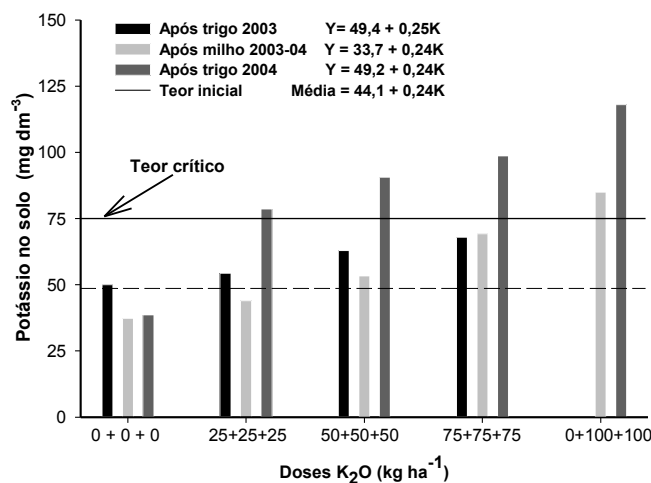


FIGURA 101. Teor de K extraído por Mehlich¹ em três épocas, teor inicial, equações de resposta do solo a aplicação de K na sucessão trigo/milho/trigo no experimento M1.

Analisando a Figura 101, nota-se perfeitamente a tendência do K em solos que apresentam um teor inicial de 47 mg dm^{-3} de K, na qual o mesmo está enquadrado na faixa de fertilidade como “baixo”. Observa-se que não sempre que se adiciona K se tem aumento nos teores do mesmo no solo, após uma safra, até mesmo havendo quantidade consideráveis de 75 kg ha^{-1} de K_2O . Esta tendência é comum quando ao potássio se refere, o qual é atribuído à alta absorção que as plantas necessitam para poder formar seus tecidos, onde que neste caso pode ocorrer o que geralmente se chama de consumo de luxo.

Em um estudo feito por (Rossato, 2004), verificou que em condição de alta produtividade a cultura de milho chega a absorver mais de 250 kg ha^{-1} de K. Observando as Figuras 92 e 93, verificamos que com relação aos teores extraídos após a cultura do milho é menor do que o teor extraído após a cultura da soja. Esse comportamento é atribuído à relação C/N da cultura da soja, e a forma de colheita, que neste caso a palha fica sobre a superfície do solo, isto é, em contato com o mesmo, na qual se tem como resultado uma maior decomposição dos tecidos, e conseqüentemente têm-se o aumento no teor extraído. Já no caso do milho, este processo de decomposição é mais lento. Perante este comportamento do K no solo, é de vital importância considerar a época de amostragem e sua respectiva interpretação. Pesquisa realizada por RAIJ (1981) dá ênfase em relação a fatores que devem ser considerados na interpretação das análises de solo, lembrando também que o K costuma apresentar teores mais baixos quando a área em estudo apresenta muita vegetação.

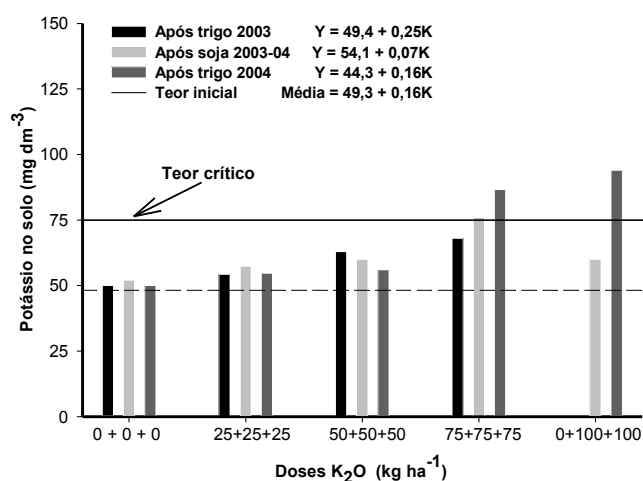


FIGURA 102. Teor de K extraído por Mehlich⁻¹ em três épocas, teor inicial, equações de resposta do solo à aplicação de K na sucessão trigo/soja/trigo no experimento M1.

Na Figura 102, nota-se que no experimento M1, nas diferentes épocas que foram avaliadas, e considerando o trigo em sucessão ao milho, na qual o mesmo apresenta um valor do fator “b” das equações similares nas diferentes épocas avaliadas, isto é, um valor de 0,25K onde que considerando este valor e possível determinar as quantidades que serão necessárias para elevar 1 mg dm⁻³ de K no solo, assim neste caso serão necessários 4 kg ha⁻¹ de K₂O para elevar 1 mg dm⁻³ o teor no solo. No caso da sucessão com a cultura da soja, apresenta um valor menor de 0,16 K, na qual com este valor serão necessários 6 kg ha⁻¹ de K₂O para elevar um mg dm⁻³ no solo. Considerando este estudo, e para que se possa ter mais confiabilidade nos valores aqui obtidos, há a necessidade de que os experimentos sejam conduzidos por vários anos mais, na qual se possa fazer um melhor acompanhamento da dinâmica do K no solo, outro fator a ser levado em conta aqui são os valores de exportação das culturas. E considerando os dados obtidos neste estudo, a necessidade para elevar um mg dm⁻³ do K no solo foi de 4 a 6 kg ha⁻¹ de K₂O. Fazendo uma média destes valores, temos que são necessários 5 kg ha⁻¹ de K₂O para elevar um mg dm⁻³ o teor de K no solo, onde que, o mesmo é utilizado para determinar as quantidades que serão necessárias para ir melhorando a fertilidade do solo, isto é, corrigir as deficiências de K no solo.

5.36 Adubação de manutenção.

Segundo a Comissão (2004) este tipo de adubação tem como finalidade manter os teores de K no solo acima do teor crítico, na qual a probabilidade com relação à resposta das plantas geralmente é baixa. Para que este tipo de adubação funcione, isto é, que alcance o

objetivo previsto, será necessário à reposição dos nutrientes que são exportados pelas plantas, e também deverá ser adicionada uma quantidade que possa prover possíveis perdas que possam ocorrer no sistema. Estas perdas geralmente estão em torno de 20 a 30%.

5.37 Adubação de reposição.

A quantidade de K que deverá ser adicionado ao solo para uma determinada cultura pode ser estabelecida pela quantidade de K que foi retirado pelos grãos ou pela massa seca. Este tipo de adubação geralmente é indicado em casos quando os teores no solo estão na faixa de “muito alto”. A decisão de não adubar deve levar em consideração o custo de adubação aos demais fatores de produção. No entanto, mesmo com teores altos ou muito altos, algumas culturas beneficiam-se com uma pequena quantidade de fertilizante na semeadura.

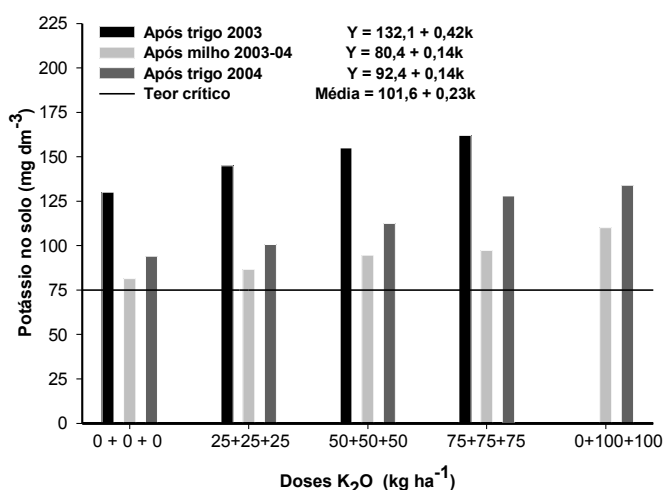


FIGURA 103. Teor de K extraído por Mehlich⁻¹ em três épocas, teor inicial e curva de crescimento médio de K na sucessão trigo/milho/trigo no experimento M2.

Analisando as Figuras 103 e 104 na qual está descrita o experimento M1, nota-se que os teores se mantiveram acima do teor crítico com as doses de K aplicadas ao solo. No entanto considerando a testemunha nas doses menores os teores baixaram bastante, aonde os mesmos chegaram a se aproximar do limite do teor crítico. Em contrapartida, as doses maiores, isto é, as doses de 75 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O foram capazes de manter e aumentar os teores de K. Entretanto essas doses são consideradas doses altas quando relacionadas às produtividades que foram obtidas neste experimento, isto é, são doses maiores que as de manutenção, enfatizando aqui o quanto é importante fazer análises do solo periodicamente, para que de tal forma possa-se adequar às doses considerando a dinâmica que o K apresenta no solo.

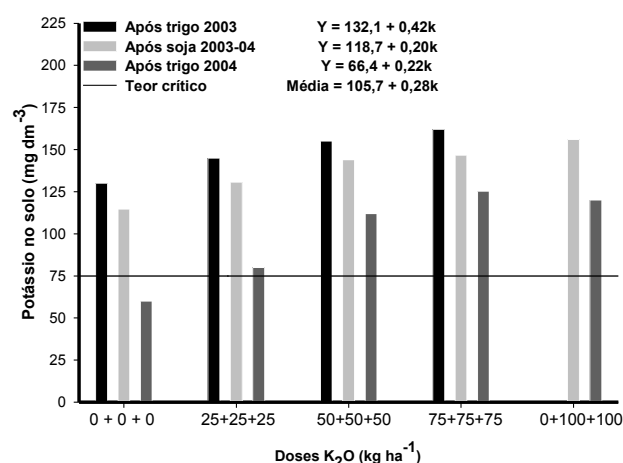


FIGURA 104. Teor de K extraído por Mehlich¹ em três épocas, teor inicial e curva de crescimento médio de K na sucessão trigo/soja/trigo no experimento M2.

Neste estudo foram verificados valores mais baixos de K no solo após a cultura do milho, quando comparado com os valores da cultura de soja. Neste sentido um estudo feito por Sanzonowicz & Mielniczuk (1985), observaram que a cultura do milho tem uma influência para a diminuição do K no solo. Os autores destacam que a diminuição com o milho e a diferença com a cultura do milho e a soja, é atribuída a grande quantidade que absorvem as gramíneas, considerando também que a reposição desta quantidade retida no tecido é mais lenta, em contrapartida temos que essa quantidade retida no tecido da cultura da soja regressa mais rápido ao solo. Neste sentido é muito importante que se conheça bem a dinâmica do K no solo, onde será de vital importância quantificar o K acumulado no tecido das plantas e o tempo que a mesma leva para retornar ao solo.

Segunda etapa do projeto

5.38 Determinação de doses na segunda etapa do projeto

Aqui serão apresentadas as necessidades de K₂O para atingir o teor crítico para o experimento M1 que nesta etapa foi possível conduzir. Lembrando sempre que o único experimento que não tem valores acima do teor crítico é o experimento de M1, desta maneira o único a ser avaliado aqui será o M1.

Para este solo foi calculada uma equação de incremento do teor de K₂O no solo em função das doses 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ de K₂O aplicadas na adubação de manutenção das culturas. Neste experimento foram aplicadas três doses de manutenção antes da safra de 2004-

2005, e na safra de 2005 foram aplicadas três doses de manutenção, mais uma aplicação específica na dose 25 kg ha⁻¹ de K₂O.

A partir das equações foram calculadas as necessidades para atingir o teor crítico naqueles solos que se encontrava com teor inicial abaixo deste.

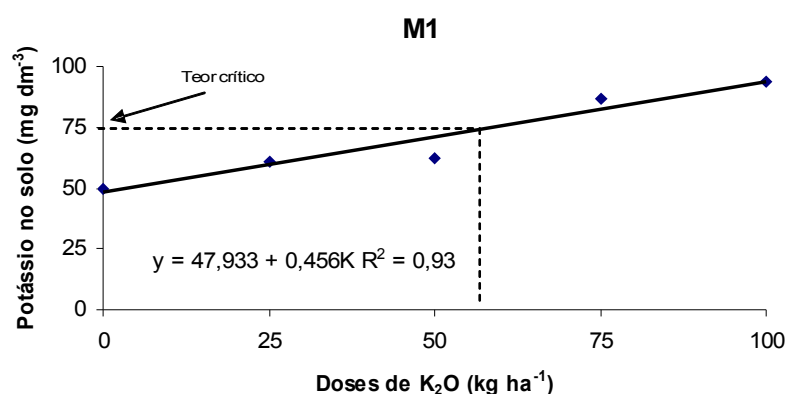


FIGURA 105. Teor de K extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo à aplicação de K₂O nos diferentes doses aplicadas, experimento M1 safra 2004/2005.

Observamos na Figura 105 no experimento M1 nota-se que com um teor inicial de 50 mg dm⁻³ de K no solo considerado como uma faixa baixa de fertilidade foram necessários 57 kg ha⁻¹ para atingir o teor crítico. Onde que também observamos que são necessários 2,19 kg ha⁻¹ de K₂O para elevar em um mg dm⁻³ o teor no solo.

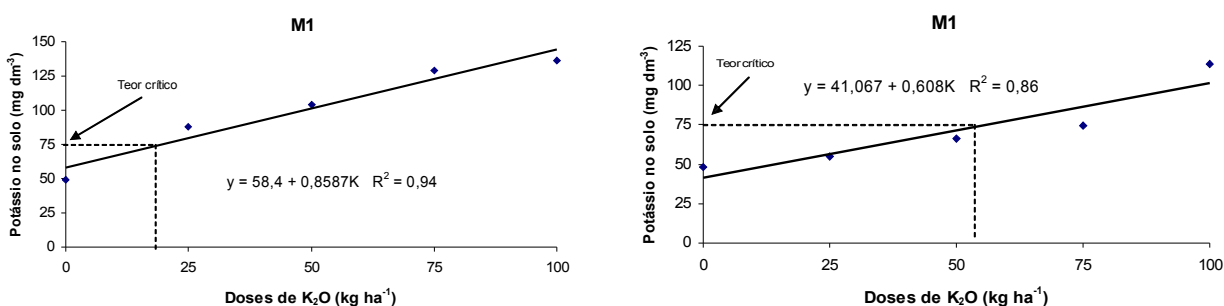


FIGURA 106. Teor de K extraído por Mehlich⁻¹, equações de resposta do solo à aplicação de K₂O nos diferentes doses aplicadas, experimento M1 safra 2005 após milho e soja.

Observamos na Figura 106, no experimento M1 após milho podemos observar que com um teor inicial de $49,3 \text{ mg dm}^{-3}$ de K no solo considerado como uma faixa baixa de fertilidade foram necessários 18 kg ha^{-1} para atingir o teor crítico. E no caso do M1 após soja podemos observar que com um teor inicial de 48 mg dm^{-3} de K no solo também considerado como uma faixa baixa de fertilidade foram necessários 54 kg ha^{-1} para atingir o teor crítico. No caso trigo após milho são necessários $1,16 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O para elevar em um mg dm^{-3} o teor no solo. E para o trigo após soja este valor é de $1,64 \text{ ha}^{-1}$ de K_2O para elevar em um mg dm^{-3} o teor no solo.

Nas avaliações feitas aqui na segunda etapa do projeto não foram suficientes para tirar algumas conclusões pelo fato de que somente um experimento e uma época foram possíveis avaliar, contudo foi observado que o comportamento é similar aos da primeira etapa do projeto.

5.39 Recomendações preliminares para potássio

Neste item serão apresentadas as propostas de recomendações preliminares que foram obtidas considerando os dados da primeira e segunda etapa do projeto para o K nas culturas de soja, milho e trigo (Tabela 38), onde cabe salientar que os valores na segunda etapa serviram para dar um melhor suporte aos dados da primeira etapa. Com isto foi reforçado o banco de dados do projeto para dar mais confiabilidade aos mesmos. .

TABELA 38. Proposta preliminar de recomendação de potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai.

Classe	Recomendação para três cultivos		
	1º cultivo	2º cultivo	3º cultivo
	-----kg ha ⁻¹ de K ₂ O -----		
Muito baixo	125 + M	75 + M	50 + M
Baixo	62 + M	38 + M	25 + M
Médio	40 + M	M	M
Alto	M	M	M
Muito alto	0	0	0

R= reposição (exportação das culturas). O valor R para as seguintes culturas é: trigo e milho: 6 kg de K_2O , e soja: 20 kg de K_2O por toneladas de grãos produzidos.

M= manutenção ($R \times 1,25$). O fator 1,25 corresponde a possíveis perdas de nutrientes do sistema de manejo.

Neste estudo a proposta preliminar de adução sugerido, é um ajuste da recomendação de adubação que atualmente esta sendo utilizado no Brasil, especificamente nos estados do Rio

Grande do Sul e Santa Catarina. A recomendação aqui ajustada tem como finalidade uma adubação de correção, para os teores que se encontram abaixo do nível crítico, e para os teores acima do nível crítico a adubação será de manutenção e reposição. Neste sentido esta proposta preliminar de adubação será uma adubação corretiva gradual integrada por uma adubação de manutenção. Deste modo as doses para a correção foram calculadas com objetivo de alcançar o nível crítico no decorrer de três safras, isto é, para três cultivos. Com os valores encontrados nas duas etapas do projeto onde os mesmos estão descritos na Tabela 38, onde se tem uma média geral, na qual foi verificado que são necessários a adição de 4,034 kg que estimamos para um valor de 5 kg de K_2O para elevar 1 mg dm^{-3} de K disponível no solo. Neste sentido, a dose de correção de K_2O para os teores muito baixo e baixo foi obtida multiplicando-se o valor que foi estimado pela diferença entre o valor do nível crítico e o valor superior da faixa em questão (Comissão, 2004). Para a aplicação das doses dos valores que foram calculados para os teores de baixo e muito baixo, foi considerado três cultivos, onde as doses foram divididas em 50, 30 e 20%, respectivamente, que serão aplicados em cada um dos três cultivos. Já no caso do teor médio, foi estimado um valor de 40 kg ha^{-1} de K_2O , lembrando que o mesmo será recomendado só para o primeiro cultivo.

Podemos ver que os valores de reposição, isto é, valores que as culturas exportam são diferentes, assim temos que a soja apresenta uma taxa de exportação por tonelada de 20 kg de K_2O , bem superior quando se comparada com a taxa de exportação do trigo e do milho, onde os mesmos apresentam uma taxa de exportação em média de 6kg de K_2O por tonelada de grãos exportados (Comissão, 2004). Neste sentido os valores aqui referidos correspondem às doses de reposição, na qual são utilizados para calcular as doses de manutenção. Para tal efeito esses valores são multiplicados por 1,25, desta forma as doses que correspondem a manutenção será de $7,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O para trigo e milho, e de 25 kg ha^{-1} de K_2O para a soja por tonelada de grãos exportados. Um fato interessante que podemos enfatizar aqui é, que a cultura da soja apresenta uma alta taxa de exportação de K, no entanto, tem uma baixa resposta às adições de K.

Quando os teores no solo estão abaixo do teor denominado crítico, o principal objetivo de uma recomendação, é ir construindo uma fertilidade no solo até alcançar a classe denominado “alto” onde que as possibilidades de resposta são baixas. Uma vez que o teor no solo consiga alcançar a classe denominado “alto” o objetivo da recomendação será a de manter o teor no solo nesta classe, isto é, ficar sempre acima do teor crítico onde a possibilidade de resposta é muito baixa. E quando esse teor no solo se encontra na classe denominado “muito alto” neste caso pode-se deixar de aplicar por um período de tempo

determinado, ou fazer aplicações de doses pequenas, para que desta forma se possa economizar e construir a fertilidade de outro nutriente, e também nos dá a possibilidade de corrigir outros problemas que poderiam estar limitando a produtividade das culturas.

O modo ou forma de aplicações dos adubos pode ser feito tanto a lanço como na linha, pois apresentaram a mesma eficiência sempre, e quando os teores de K no solo estejam acima do teor crítico (Wietholter et al., 1998, Ceretta & Pavinato, 2003).

Para saber se o objetivo foi alcançado é necessário fazer outra análise de solo, o recomendado é fazer o mesmo depois de cada três cultivos. Se o resultado da análise mostrar que o objetivo foi alcançado, desta maneira as adubações serão somente de manutenção, onde a quantidade adicionada deve suprir o total da exportação pela cultura e possíveis perdas que possam acontecer. Geralmente estas possíveis perdas variam em torno de 25%. No caso onde o objetivo não foi alcançado, é necessário reformular uma nova recomendação para poder alcançar o objetivo proposto.

6. CONCLUSÕES

FÓSFORO

1- O teor crítico para fósforo pelo método Mehlich⁻¹ é superior ao que atualmente está sendo usado no ROLAS.

2- A influência da textura foi inferior em relação à prevista pela ROLAS.

3- Para a construção de níveis, a textura não foi tão importante como o teor inicial e o histórico de adubação das áreas.

4- O teor crítico determinado para solos Classe 1, que corresponde a 410 - 600 g kg⁻¹ de argila, foi de 12 mg dm⁻³, e para solos Classe 2, que corresponde a 210 - 400 g kg⁻¹ de argila, foi de 15 mg dm⁻³.

5- O teor crítico determinado para as culturas de soja, milho e trigo, foram de 15, 10 e 12 mg dm⁻³ respectivamente.

6- Foram necessário adicionar 35,4 kg P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P no solo, para os solos com baixo teor de P e sem histórico de adubação. Foram necessário aplicar 20,3 kg P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P no solo para aqueles solos com teor médio a alto de P e com histórico de adubação. E foram necessários adicionar em média geral 27,85 Kg P₂O₅ ha⁻¹ para elevar 1 mg dm⁻³ de P no solo, quando não se faz a distinção entre áreas com e sem histórico de adubação.

7- Para atingir o teor crítico de P no solo é recomendada a adição de 210 kg ha⁻¹ de P₂O₅, quando se encontra na classe “muito baixo”, 105 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “baixo” e 30 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “médio”.

8- Para atingir o teor crítico no solo Classe 1 é recomendada a adição de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, quando se encontra na classe “muito baixo”, 100 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “baixo” e 25 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “médio”, já para a o solo Classe 2, para atingir o teor crítico, é recomendada a adição de 216 kg ha⁻¹ de P₂O₅ quando se encontra na classe “muito baixo”, 108 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “baixo” e 27 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “médio”.

9- As classes de fertilidade de fósforo no solo são “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto”, correspondendo respectivamente a menos de 4,0, de 4,1 a 8,0, de 8,1 a 12,0, de 12,1 a 24,0 e maior que 24 mg dm⁻³ de P no solo, para a Classe 1, e; a menos de 5,0, de 5,1 a 10, de 10,1 a 15, de 15,1 a 30, e maior que 30 para a Classe 2.

10- A recomendação de manutenção em solos que se enquadra na classe de fertilidade “alto”, para o trigo, milho e soja, são de 10, 12,5 e 15 kg ha⁻¹ de P₂O₅ por tonelada de grãos produzidos respectivamente.

11- A aplicação de fósforo é opcional, sempre e quando o solo se encontra na faixa “muito alto”, entretanto é recomendada uma quantidade para a reposição com o principal objetivo de dar uma nuticao ótima as plantas.

POTÁSSIO

1- O teor crítico determinado de K no solo pelo método Mehlich⁻¹ é de 75 mg dm⁻³ para as culturas de trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai.

2- Para atingir o teor crítico de K no solo é recomendada a adição de 250 kg ha⁻¹ de K₂O, quando se encontra na classe “muito baixo”, 125 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “baixo” e 40 kg ha⁻¹ quando se encontra na classe “médio”.

3- São necessários 5 kg ha⁻¹ de K₂O para elevar em 1 mg dm⁻³ o teor de potássio no solo.

4- As classes de fertilidade de potássio no solo são “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto”, correspondendo respectivamente a menos de 25, de 26 a 50, de 51 a 75, de 76 a 150 e maior que 150 mg dm⁻³ de K no solo, determinado pelo método Mehlich⁻¹.

5- Para solos que se enquadra na classe de fertilidade “alto” a recomendação de K é de manutenção, 7,5 kg ha⁻¹ por tonelada de grãos de trigo e milho exportados e 25 kg ha⁻¹ por tonelada de graos de soja exportada.

6- Quando o solo se enquadra na faixa “muito alto” de fertilidade a adição de K é opcional, isto é, que seria com o objetivo de arranque inicial das plantas e a reposição do K exportado anteriormente.

7- A cultura da soja respondeu menos a adição de fertilizantes potássicos do que o trigo e o milho sob sistema plantio direto no Paraguai.

8- Maiores rendimentos foram atingidos com o trigo após a soja em relação ao milho sob sistema plantio direto.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, A. J.; MORGENSEN, T. A comparison of various laboratory methods for determining the phosphate conditions in soils. **Acta Agric. Scand.**, v. 12, p. 315-323, 1962.

ANGHINONI, I.; WOLKWEISS, J. S. Recomendações de uso de fertilizantes. In: Simpósio sobre fertilizantes na Agricultura Brasileira, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/DEP, 1984. p. 179-204.

ANGHINONI, I. SALET, L.R. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J. (Ed.). **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Núcleo Regional Sul/SBCS, 1998. p. 27-52.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 409-418, 1997.

BOLETIM DE PESQUISA DE SOJA. Fundação Mato Grosso. Nº 09 – 2005.

BRUNETTO, G.; GATIBONI, L. C.; RHEINHEIMER, D.S.; SAGGIN, A.; KAMINSKI, J. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um Argissolo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 565-571, 2005.

CATE, R. B. Jr.; NELSON, L. A. **A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data**. North Carolina Agric. Exp. STN., Internacional Soil Testing Series Tech. Bull. nº 1, 1965.

CATE, R. B. Jr.; NELSON, L. A. **Discontinuous models for rapid correlation, interpretation and utilization of soil analysis and fertilizer response data**. International soil fertility evaluation and improvement program. North Carolina, 1973. 77p. (Technical Bulletin, 7).

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 2. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul: EMBRAPA/CNPT, 1989. 128p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 3. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul: EMBRAPA/CNPT, 1995. 224p.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.

CONTE, E. **Atividade de fosfatase ácida e formas de acumulação de fosfato em solo no sistema Plantio direto.** 2001. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

COREY, R. B. Soil test procedures: correlation. In: BROWN, J.R. (Ed) **Soil testing: sampling, correlation, calibration and interpretation.** Medison: SSSA, 1987. p. 15-22. (Special Publication, 21).

CUBILLA ANDRADA, M. M. **Calibração visando recomendação de fertilização fosfatada para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai.** 2005.160f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

DANKE, W. C.; OLSON, R. A. Soil test correlation, calibration and recommendation. In: WESTWERMANN, R.L. (Ed). **Soil Testing and Plant Analysis.** 3. ed. Madison: SSSA, 1990. p. 45-73.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos.** Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 412p.

FATECHA, A. **Guía para la fertilización de cultivos anuales e perennes de la región oriental del Paraguay.** Ministerio de Agricultura y Ganadería, Subsecretaría de Estado de Agricultura, Dirección de Investigación Agrícola. Caacupe, Paraguay, 1999.

FATECHA, D. A. **Clasificación de la fertilidad, acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la región oriental del Paraguay.** Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Tesis como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. San Lorenzo, Paraguay, 2004.

GALRÃO, E.Z.; WOLKWEISS, S. J. Disponibilidade de fósforo do solo para as plantas. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 5, p. 114-118, 1981.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas.**2003.231p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

KLEPER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 395-401, 1995.

KOCHHANN, R.; ANGHINONI, I.; MIELNICZUK, J. **Adubação fosfatada no Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** In: ADUBAÇÃO fosfatada no brasil. Brasília: [s.n.], 1982. p. 29-60.

LÓPEZ, O. E.; GONZALEZ, E.; DE LLAMAS, P. A.; MOLINAS, A. S.; FRANCO, E. S.; GARCIA, S.; RIOS, E. **Reconocimiento de Suelos y Capacidad de Uso de las Tierras; Región Oriental.** Paraguay. MAG /Dirección de Ordenamiento Ambiental. Proyecto de Racionalización del Uso de la Tierra. Convenio 3445 P.A– Banco Mundial, 1995. 28 p.

MACHADO, M. I .C. S.; BRAUNER, J. L.; VIANNA, A. C. T. **Formas de fósforo na camada arável de solos do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 17, p. 331-336, 1993.

MANUAL de adubação e calagem para cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, v. 56, p. 1-34, 1981.

MEURER, E. J.; INDA Jr. A. V. Potássio e adubos potássicos. In:BISSANI, C.A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas.Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 139-151.

MEURER, E. J.; ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 17, p. 375-382, 1993.

MIELNICZUK, J. O potássio no solo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato. Instituto Internacional da Potassa, 1982. 80p. (Boletim Técnico, 2)

MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A.; BOHNEN, H. Métodos de análise do Laboratório de Análise de solo In: **Recomendações de adubo e calcário para as principais culturas do Estado do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: Faculdade de Agronomia e Veterinária da UFRGS, 1969a. 39p. (Boletim Técnico, 2).

MIELNICZUK, J.; LUDWICK, A.; VOLKWEIS, S. et al. **Estudos iniciais de calibração de análises para fósforo e potássio do solo com a cultura do trigo.** Porto Alegre: Faculdade de Agronomia e Veterinária da UFRGS, 1969b. 10p. (Mimeografado).

MIELNICZUK, J.; SELBACH, P. A. Capacidade de suprimento de potássio de seis solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Capinas, v. 2, p. 115-120, 1978.

MOHR, W. Análises de solos para fins de assistência aos agricultores: sua técnica e interpretação. In: Reunião Brasileira de Ciência do Solo, 1. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1950. p. 185-215.

NICOLODI, M.; SALET, R. L.; BISSO, F. P. Variabilidade da amostragem de solo com trado no sistema plantio direto. In: Reunião de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 24, Fertibio, 200. Resumos...Santa Maria: SBCS/UFSM, 2000.

OLIVEIRA, V. de. Formas de potássio em 21 solos do Rio Grande do Sul e sua capacidade de suprir potássio às plantas. 1970.91f. Dissertação Mestrado – Programa de pós-graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1970.

OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A. E.; BEATTY, M. T. Potassium removed from some Southern Brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extraction methods. **Soil Science Society of American Proceedings**, Madisom, v. 35, p. 763-767, 1971.

PARFITT, R. L. ANION ADSORPTION BY SOILS AND SOIL MATERIALS. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 30, p. 01-46, 1978.

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

RAIJ, B. van. **Avaliação da fertilidade do solo**. POTAFOS, Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, Piracicaba, 1981.

RHEINHEIMER, D. S. **Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos**. 2000 210p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2000.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, p. 151-160, 2001.

ROLAS. Manual de adubação e calagem para cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Trigo e Soja**, v. 56, p. 5-34, 1981.

SCHERER, E. E. Níveis críticos de potássio para soja em latossolo húmico de Santa Catarina. *R Bras.Ci. Solo*, v. 22, p. 57-62, 1998.

SCHLINDWEIN,; ANGHINONI, I. Tamanho da subamostra e representatividade da fertilidade do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 32, p. 963-968, 2002.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.4, p. 611-617, 2000.

SCHLINDWEIN, J.A. **Calibração de métodos de determinação e estimativa de doses de fósforo e potássio em solos sob sistema plantio direto**. Porto Alegre – UFRGS, 2003. 169f. Tese doutorado.

SEGANFREDO, J.A.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 287-291, 1997.

SCHLINDWEIN. J. A.; GIANELLO, C. Necessidades de novos estudos de calibração e recomendação de fertilizantes para as culturas sob sistema plantio direto, **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 79, p. 12-15, 2004.

SILVA, J. R. T.; MEURER, E. J. Disponibilidade de potássio para as plantas em solos do Rio Grande do Sul em função da capacidade de troca de cátions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2 n. 2, p. 137-142, 1998.

SILVA, D. N.; MEURER, E. J.; KAMPF, N.; BORKERT, C. M. Mineralogia e formas de potássio em dois Latossolos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 433-439, 1995.

SIQUEIRA, O. J. F.; SCHERER, E. E.; TASSINARI, G. et al. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1987. 100p.

TABELAS de adubação corretiva e adubação de manutenção para solos e culturas dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Trigo e Soja**, Porto Alegre, v. 10, p. 15-23, 1976.

TEDESCO, M. J. **Método rápido para determinação do teor de argila do solo**. XVI Reunião da ROLAS, Florianópolis, SC, 1984.

TEDESCO, M. J.; BOHNEN, H.; COELHO DE SOUZA, L. F.; PATELLA, J. F. A Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina – passado e presente. In: Reunião Sul-Brasileira de Fertilidade do Solo, 1. **Anais...** Pelotas: Núcleo Regional Sul – SBCS/UFPel – FAEM, 1994. p. 1-4.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Faculdade de Agronomia. Departamento de Solos. Tabelas de adubação corretiva e adubação de manutenção para os solos e culturas dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, 1973. 11p. (Boletim Técnico).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Laboratório de Solos dos Cursos de Pós-graduação da Faculdade de Agronomia e Veterinária. **Recomendações de adubação**. Porto Alegre, 1968. 3p.

WENDLING, A. **Recomendação de nitrogênio e potássio para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai**. 2005.160f. Dissertação (Mestrado)-Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,2005

WIETHÖLTER, S. Uso dos teores de potássio e de argila do solo na recomendação de potássio para a cultura do trigo. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do solo, 1. Manejo de solo em sistemas conservacionistas. **Resumos expandidos**, Lages: SBCS-NRS, 1996. p. 108-109.

8. ANEXOS

Anexo 1. Cultivares utilizadas nos respectivos locais e safras.

Primeira etapa do projeto

Experimento	Trigo/2003	Milho/2003/04	Soja/2003/04	Trigo/2004
M1	Itapúa 40	AS 3466/Agroeste	RR 5409	Itapúa 40
M2	-----	As 3466/Agroeste	RR 5409	Itapúa 40
I1	Itapúa 50	Caseiro *	Guapa 5.5	Itapúa 40
I2	-----	9010/Monsanto	Nidera 8000	Itapúa 40
AP1	-----	-----	Codetec 215	Itapúa 40
AP2	-----	9010 Monsanto	Nidera 4910	Itapúa 45
PJC1	-----	BR 106	Codetec 205	Itapúa 45

* Semente produzida na propriedade.

Segunda etapa do projeto

Experimento	Milho/2004/05	Soja/2004/05	Trigo/2005	Milho/2005/06	Soja/2005/06
M1	-----	-----	Itapúa 40	-----	-----
I2	9010/Monsanto	Nidera 8000	Itapúa 40	9010/Monsanto	Nidera 8000
AP1	-----	Codetec 215	-----	-----	-----
AP2	-----	-----	Itapúa 45	9010 Monsanto	Nidera 4910
PJC1	BR 106	Codetec 205	-----	BR 106	Codetec 205

Anexo 2. Análise de significância dos experimentos de fósforo e potássio em trigo, milho e soja.

Primeira etapa do projeto Fósforo.

Experimento	Cultura	Níveis de	Equação	Signif
-------------	---------	-----------	---------	--------

anterior		P ₂ O ₅		
----- Trigo, safra 2003 -----				
M1	Soja		Y= 1456,5 + 1,1289 P - 0,0057 P ²	NS
I1	Soja		Y= 3602 + 2,6686 P - 0,008 P ²	NS
----- Trigo, safra 2004 -----				
M1	Soja	0	Y= 1867,3 + 5,5535 P - 0,0305 P ²	NS
		50	Y= 1985,2 + 1,6868 P	NS
		100	Y= 2210,1 + 2,2748 P	NS
		200	Y= 2159,3 + 1,1527 P - 0,0283 P ²	NS
		400	Y= 2202,4 + 3,4764 P	***
I1	Soja	0	Y= 2495,9 + 13,415 P - 0,1218 P ²	**
		50	Y= 2437,7 + 9,4444 P - 0,0843 P ²	NS
		100	Y= 2740,3 + 6,2539 P - 0,0793 P ²	NS
		200	Y= 2717,4 + 3,6755 P - 0,045 P ²	NS
		400	Y= 2463,5 + 8,3304 P - 0,0858 P ²	NS
I2	Soja	0	Y= 1986,3 + 8,5817 P	*
		50	Y= 2304,8 + 6,906 P	*
		100	Y= 2620,4 + 4,1719 P	*
		200	Y= 2871,6 + 1,073 P - 0,0494 P ²	***
		400	Y= 2909,7 - 2,4141 P	
AP1	Soja	0	Y= 1162,5 + 20,094 P - 0,1355 P ²	*
		50	Y= 1358,6 + 3,4331 P	**
		100	Y= 1735,6 + 5,8257 P - 0,0283 P ²	NS
		200	Y= 1832,8 + 1,012 P - 0,0048 P ²	NS
		400	Y= 1783,7 - 1,0394 P	**
AP2	Soja	0	Y= 2171,8 + 4,7283 P	*
		50	Y= 2503 + 2,8063 P	NS
		100	Y= 2765 + 0,2321 P	NS
		200	Y= 2913,6 - 1,521 P	NS
		400	Y= 2700,1 - 1,0721 P	NS
PJC1	Soja	0	Y= 540,52 + 1,6696 P	**
		50	Y= 603,31 + 1,2406 P	NS
		100	Y= 715,54 + 1,4807 P	***
		200	Y= 853,57 + 0,488 P	NS
		400	Y= 999,09 - 1,6306 P	**
M1	Milho	0	Y= 1672 + 4,8451 P - 0,0161 P ²	NS
		50	Y= 1746,3 + 7,1719 P - 0,0391 P ²	NS
		100	Y= 2040,2 + 2,5822 P - 0,0317 P ²	NS
		200	Y= 1791,3 + 8,349 P - 0,0716 P ²	*
		400	Y= 1637,6 + 8,127 P - 0,0647 P ²	***
I1	Milho	0	Y= 1735,4 + 6,828 P - 0,0488 P ²	NS
		50	Y= 1790 + 1,1829 P	NS
		100	Y= 1743 + 3,8823 P - 0,0183 P ²	NS
		200	Y= 1713,7 + 2,2503 P	***
		400	Y= 1610,5 + 1,0659 P	NS
I2	Milho	0	Y= 1789,5 + 12,275 P - 0,0268 P ²	NS
		50	Y= 2180,1 + 16,289 P - 0,066 P ²	NS
		100	Y= 2622,8 + 5,9065 P - 0,0229 P ²	NS
		200	Y= 2757,1 + 2,107 P	NS
		400	Y= 3026,4 + 1,0255 P	NS
AP2	Milho	0	Y= 2105,2 + 5,9875 P	*
		50	Y= 2283,9 + 5,185 P	*
		100	Y= 2660,8 - 0,2375 P	NS
		200	Y= 2741 - 0,27 P	NS

		400	Y= 2816,4 - 0,1713 P	NS
PJC	Milho	0	Y= 405,47 + 4,6654 P - 0,0133 P ²	NS
		50	Y= 406,71 + 6,6583 P - 0,0347 P ²	NS
		100	Y= 598,25 + 1,1496 P	NS
		200	Y= 735,42 + 0,9134 P - 0,003 P ²	NS
		400	Y= 785,5 - 0,7904 P - 0,0013 P ²	NS
-----Soja safra 2003/04 -----				
M1	Trigo	0	Y= 1907,8 + 11,348 P - 0,0821 P ²	NS
		50	Y= 2083,4 + 5,7626 P - 0,0251 P ²	NS
		100	Y= 2354,6 + 2,7452 P - 0,0055 P ²	NS
		200	Y= 2597,1 - 4,9837 P - 0,0123 P ²	NS
M2	Trigo	0	Y= 1326,3 + 6,5825 P	*
		50	Y= 1547,1 + 4,6315 P	**
		100	Y= 1748,7 + 10,307 P - 0,0573 P ²	NS
		200	Y= 1891,9 + 3,3319 P	NS
I1	Trigo	0	Y= 2995,5 + 9,6663 P - 0,1102 P ²	***
		50	Y= 3402,2 + 1,3149 P - 0,0513 P ²	NS
		100	Y= 2979,2 + 7,2134 P - 0,083 P ²	NS
		200	Y= 3210,9 - 3,4402 P	***
I2	Trigo	0	Y= 1239,1 + 7,253 P - 0,0157 P ²	*
AP1	Trigo	0	Y= 2742,1 + 10,563 P - 0,0196 P ²	*
AP2	Trigo	0	Y= 3518 + 8,1548 P - 0,0157 P ²	*
PJC	Trigo	0	Y= 1761,2 + 5,9283 P - 0,0107 P ²	**
-----Milho safra 2003/04 -----				
M1	Trigo	0	Y= 3835,9 + 26,355 P - 0,1381 P ²	NS
		50	Y= 3892,5 + 22,37 P - 0,1273 P ²	NS
		100	Y= 4692,6 - 0,2293 P	NS
		200	Y= 4938,3 - 3,5761 P	NS
M2	Trigo	0	Y= 2946,9 + 23,006 P - 0,0904 P ²	NS
		50	Y= 4222,6 + 13,409 P - 0,0608 P ²	NS
		100	Y= 4189,9 - 2,851 P	NS
		200	Y= 4762,6 - 4,9837 P - 0,0505 P ²	NS
I1	Trigo	0	Y= 5677,3 - 6,599 P	NS
		50	Y= 5626,7 - 2,051 P	*
		100	Y= 6746,2 - 15,467 P	NS
		200	Y= 6821,5 - 11,505 P	*
I2	Trigo	0	Y= 3343,6 + 12,1 P - 0,0231 P ²	*
AP2	Trigo	0	Y= 8572,4 + 8,003 P - 0,0124 P ²	NS
PJC	Trigo	0	Y= 3409 + 9,5461 P - 0,0142 P ²	NS

* Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; *** Significativo a 10%; NS Não significativo

Segunda etapa do Projeto - Fósforo

Experimento	Cultura anterior	Níveis de P ₂ O ₅	Equação	Signif
----- Trigo, safra 2005 -----				
M1	Milho	0	$y = 1593,4 + 2,6681P$	NS
		50	$y = 1912 - 4,2662P$	NS
		100	$y = 1643,5 - 0,2074P$	NS
		200	$y = 1499,7 + 14,639P - 0,1171P^2$	NS
		400	$y = 1621 + 4,5591P$	NS
M1	Soja	0	$y = 1785 + 2,5755P$	NS
		50	$y = 1594,5 + 4,024P$	NS
		100	$y = 2217,1 - 2,4203P$	NS
		200	$y = 1766,9 + 0,3372P$	NS
		400	$y = 2009,2 + 3,0125P$	NS
I2	Milho	0	$y = 1381,8 + 6,8225P$	NS
		50	$y = 1856,2 + 1,964P$	NS
		100	$y = 1642 + 3,1123P$	NS
		200	$y = 1903,4 + 5,9774P$	***
		400	$y = 2108,2 + 0,4485P$	NS
I2	Soja	0	$y = 1501 + 3,546P$	NS
		50	$y = 1283,4 + 3,626P$	NS
		100	$y = 1154,8 + 6,3074P$	NS
		200	$y = 1291,1 + 3,4181P$	**
		400	$y = 1661,8 + 3,0404P$	NS
AP2	Soja	0	$y = 1990,1 + 5,8367P$	NS
		50	$y = 2237,4 + 20,185P - 0,1626P^2$	NS
		100	$y = 2210 + 12,426P - 0,0751P^2$	NS
		200	$y = 2348,7 + 3,8489P$	**
		400	$y = 2649,2 + 5,4031P - 0,0479P^2$	NS
----- Milho, safra 2004/2005 -----				
I2	Trigo	0	$y = 2284 + 4,8481P$	***
		50	$y = 2897,3 - 3,5024P$	NS
		100	$y = 2555,6 + 0,826P$	NS
		200	$y = 2716,4 + 2,2278P$	NS

		400	$y = 2301,8 + 11,048P$	**
PJC	Trigo	0	$y = 5196,7 + 6,7917P$	NS
		50	$y = 6309,5 - 5,3889P$	NS
		100	$y = 4885,6 + 4,7083P$	NS
		200	$y = 5418,3 + 14P$	NS
		400	$y = 5154,5 + 5,4583P$	NS
----- Soja, safra 2004/2005 -----				
AP1	Trigo	0	$y = 1181,2 + 7,2981P$	***
		50	$y = 1052,9 + 9,6364P$	*
		100	$y = 1511 + 2,0498P$	NS
		200	$y = 1453,9 + 3,5188P$	NS
		400	$y = 2014,5 + 4,3562P$	NS
I2	Trigo	0	$y = 1549,9 + 10,605P$	NS
		50	$y = 2349,7 + 1,4533P$	NS
		100	$y = 2025,4 + 5,5406P$	NS
		200	$y = 2106,9 + 3,5695P$	NS
		400	$y = 2659,3 - 0,4941P$	NS
PJC	Trigo	0	$y = 2416,3 + 1,2405P$	NS
		50	$y = 2467,8 + 11,203P$	NS
		100	$y = 2853 - 0,2459P$	NS
		200	$y = 2961,3 - 6,1399P$	NS
		400	$y = 2813,5 - 1,8117P$	NS
----- Milho, safra 2005/2006 -----				
AP2	Trigo	0	$y = 5969,1 + 21,914P - 0,3086P^2$	NS
		50	$y = 6067,9 + 0,463P$	NS
		100	$y = 5314,8 + 11,728P$	**
		200	$y = 5768,5 + 15,355P - 0,1061P^2$	NS
		400	$y = 6413,6 + 0,6173P$	NS
I2	Trigo	0	$y = 2908,2 + 5,0219P$	NS
		50	$y = 2768,3 + 9,7451P$	**
		100	$y = 3195,7 + 4,6862P$	NS
		200	$y = 3342,3 + 1,3682P$	NS
		400	$y = 3598,6 + 2,3766P$	NS
PJC	Trigo	0	$y = 3725,9 + 9,8148P$	NS
		50	$y = 5137 + 3,4259P$	NS
		100	$y = 5040,7 + 13,056P$	NS
		200	$y = 7033,3 - 7,5P$	NS
		400	$y = 5373,1 + 31,551P - 0,2402P^2$	*
----- Soja, safra 2005 -2006 -----				
AP2	Trigo	0	$y = 3633,3 + 6,1111P$	**
		50	$y = 3663,9 + 23,542P - 0,1649P^2$	NS
		100	$y = 3311,1 + 9,8611P$	NS
		200	$y = 4011,1 + 6,5278P$	***
		400	$y = 4605,6 + 1,25P$	NS
I2	Trigo	0	$y = 1436,5 + 17,165P$	*
		50	$y = 1905,5 + 10,057P$	**
		100	$y = 2099,3 + 12,13P$	*
		200	$y = 2356,4 + 9,3909P$	NS
		400	$y = 3226,2 + 1,859P$	NS
PJC	Trigo	0	$y = 3673,2 + 5,4892P$	NS
		50	$y = 3089,5 + 2,7772P$	NS
		100	$y = 2549,5 + 8,1594P$	NS
		200	$y = 3180,8 + 2,7435P$	NS
		400	$y = 3395,8 + 3,2158P$	NS

* Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; *** Significativo a 10%; NS Não significativo

Primeira etapa do Projeto Potássio

Experimento	Cultura anterior	Equação	Signif
----- Trigo, safra 2003 -----			
M1	Soja	$Y = 1695 + 5,16K - 0,0523K^2$	NS
I1	Soja	$Y = 3862 + 16,62K - 0,2040K^2$	***
----- Trigo, safra 2004 -----			
M1	Soja	$Y = 1717 + 12,42K - 0,0637K^2$	NS
I1	Soja	$Y = 2503 + 3,34K - 0,0762K^2$	NS
I2	Soja	$Y = 2648 + 1,69K - 0,0011K^2$	NS
AP1	Soja	$Y = 2683 + 7,50K - 0,1031K^2$	NS
AP2	Soja	$Y = 2729 + 9,23K - 0,0826K^2$	NS
PJC	Soja	$Y = 1066 - 4,00K$	NS
M1	Milho	$Y = 1344 + 10,56K$	*
I1	Milho	$Y = 2391 - 1,65K$	***
I2	Milho	$Y = 2815 - 3,41K$	***
AP2	Milho	$Y = 2642 - 2,36K$	NS
PJC	Milho	$Y = 586 + 1,12K$	NS
----- Soja, safra 2003/2004 -----			
M1	Trigo	$Y = 2078 + 9,65K - 0,0934K^2$	NS
M2	Trigo	$Y = 2513 + 3,65K - 0,0352K^2$	NS
I1	Trigo	$Y = 2554 + 4,67K - 0,0207K^2$	NS
I2	Trigo	$Y = 980 - 0,48K$	NS
AP1	Trigo	$Y = 3925 - 0,48K$	NS
AP2	Trigo	$Y = 3715 + 7,62k - 0,0722k^2$	NS
PJC	Trigo	$Y = 3067 - 4,42k$	NS
----- Milho, safra 2003/2004 -----			
M1	Trigo	$Y = 3676 + 11,73K - 0,029K^2$	NS
M2	Trigo	$Y = 3878 + 25,96K - 0,1828K^2$	NS
I1	Trigo	$Y = 5518 - 3,76K$	NS
I2	Trigo	$Y = 3226 + 0,88K - 0,0301K^2$	NS
AP2	Trigo	$Y = 8213 + 9,65K - 0,0405K^2$	NS
PJC	Trigo	$Y = 5443 + 8,97K - 0,0847K^2$	NS

* Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; *** Significativo a 10%; NS Não significativo

Segunda etapa do Projeto Potássio

Experimento	Cultura anterior	Equação	Signif
----- Trigo, safra 2005 -----			
M1	Milho	$y = 1739,8 + 3,0953K$	NS
M1	Soja	$y = 1741,2 + 4,2651K$	NS
AP2	Soja	$y = 2590,7 + 0,6004K$	NS
I2	Milho	$y = 2308,7 + 1,1911K$	NS
I2	Soja	$y = 1938,5 + 0,989K$	NS
----- Milho, safra 2004/2005 -----			
I2	Trigo	$y = 2927,9 - 0,7069K$	NS
PJC	Trigo	$y = 5783,3 - 3,3111K$	NS
----- Soja, safra 2004/2005 -----			
AP1	Trigo	$y = 1978,7 - 1,1641K$	NS
I2	Trigo	$y = 2704,2 - 2,9225K$	NS
PJC	Trigo	$y = 2249,9 + 2,8701K$	NS
----- Milho, safra 2005/2006 -----			
AP2	Trigo	$y = 5922,4 + 29,665K - 0,2892K^2$	NS
I2	Trigo	$y = 3557,2 + 0,4738K$	NS
PJC	Trigo	$y = 5051,9 + 10,519K$	NS
----- Soja, safra 2005 -2006 -----			
AP2	Trigo	$y = 4620 - 7,3778K + 0,0711K^2$	NS
PJC	Trigo	$y = 3580,2 + 6,1529K$	***

* Significativo a 1%; ** Significativo a 5%; *** Significativo a 10%; NS Não significativo