

ADUBAÇÃO DO FEIJÃO-VULGAR COM FÓSFORO E POTÁSSIO EM LICHINGA, NIASA, MOÇAMBIQUE: RESULTADOS DE DUAS CAMPANHAS AGRÍCOLAS E RECOMENDAÇÕES PRELIMINARES

Maria da Conceição Santana Carvalho¹; Gilvan Barbosa Ferreira²; Celso Américo Pedro Mutadiua⁴; José Eloir Denardin³; Cesar Heraclides Behling Miranda⁵; Simone Palma Favaro⁵; Henoque Ribeiro da Silva⁵; Leonardo Cunha Melo¹; Pedro Moreira da Silva Filho⁶; Norman Neumaier⁶; Ivan Cruz⁷; Maurisrael de Moura Rocha⁸; Raul Porfirio de Almeida²; Valério Mussa⁹; Guilherme Damba⁹; John B. Kaunda⁹

¹Embrapa Arroz e Feijão, maria.carvalho@embrapa.br; ²Embrapa Algodão; ³Embrapa Trigo; ⁴MRE-ABC; ⁵Embrapa SRI; ⁶Embrapa Soja; ⁷Embrapa Milho e Sorgo; ⁸Embrapa Meio Norte; ⁹IIAM-CZINw.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., nutrientes, produtividade.

Introdução

O feijão-vulgar (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das leguminosas mais importantes para o consumo humano devido ao seu alto valor nutritivo e teor de proteínas (Shinano et al., 1993; Fageria, 2002), sendo relevante para a segurança alimentar. Trata-se de uma planta exigente em nutrientes e, assim, a baixa fertilidade natural do solo é um dos principais fatores que podem limitar a produtividade dessa cultura em regiões tropicais.

As plantas de feijão-vulgar quando cultivadas em solos com baixa disponibilidade de fósforo (P) perdem o vigor, apresentam desenvolvimento lento, redução da quantidade de vagens e grãos pequenos; nessas condições, com a aplicação de fósforo por meio da adubação ocorre aumento do número de vagens e da massa de grãos e, conseqüentemente, da produtividade de grãos (Fageria et al., 2004). Embora seja absorvido em menor quantidade pelas plantas, em comparação com o nitrogênio e o potássio, o fósforo é um dos nutrientes que mais provocam respostas positivas das culturas nas adubações devido às diversas reações de adsorção e precipitação no solo que reduzem a sua disponibilidade para as plantas. O

potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido e exportado pelo feijoeiro depois do nitrogênio, sendo necessário acumular cerca de 27 kg de K para produzir 1.000 kg de grãos (Fageria et al., 2007).

Um trabalho de pesquisa conduzido nas condições de Cerrado brasileiro, em três campanhas agrícolas, foi possível medir que a exportação P_2O_5 e K_2O nos grãos foi 9 e 14 $kg\ t^{-1}$ de grãos, respectivamente (Carvalho et al., 2013). Assim, quanto maior a produtividade alcançada, maior a exportação de nutrientes. Portanto, visando evitar empobrecimento gradual do solo e, conseqüentemente, queda de produtividade ao longo do tempo, é necessário repor, pelo menos, as quantidades desses nutrientes exportadas nos grãos.

Nesse trabalho são apresentados os resultados da análise conjunta de produtividade de grãos de feijão-vulgar, nas campanhas 2012/2013 e 2013/2014, afetada pela aplicação de doses crescentes de fósforo e potássio, nas condições ambientais de Lichinga, Niassa, Moçambique.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro Zonal de Investigação (CZINw) do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM), em Lichinga, província de Niassa, nas campanhas agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014. Na Tabela 1 são apresentados os resultados de alguns atributos químicos do solo argiloso da área.

Tabela 1. Resultados da análise do solo da área experimental de Lichinga, Niassa.

| Camada | pH | P | K ⁺ | Al ³⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H+Al | CTC | CTCe | SB | V | MO | Argila |
|---------------|----------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|----------|
| | em água | --- mg/dm ³ --- | ----- mmol/dm ³ ----- | | | | | | % | --- g/dm ³ --- | | | |
| 0-20cm | 6,1 | 24 | 116 | 6,5 | 11,5 | 4,5 | 54,9 | 73,8 | 25,5 | 19,0 | 25,7 | 24 | 440 |
| Interpretação | Moderada-mente ácido | Alto | Alto | Alto | Baixo | Baixo | Alto | Médio | Baixo | Baixo | Baixo | Médio | Argiloso |

Nas duas campanhas, o desenho experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições em arranjo fatorial 5x4, formado por cinco doses de fósforo (0, 35, 70, 140 e 280 kg/ha de P_2O_5) combinadas com cinco doses de potássio (0, 50, 100 e 200 kg/ha de K_2O). Os fertilizantes utilizados foram superfosfato triplo e cloreto de potássio, aplicados na semeadura. Em ambas as campanhas foram utilizadas sementes da cultivar brasileira BRS Pontal, semeadas manualmente na densidade de nove sementes por metro.

Na campanha 2012/2013, a semeadura foi realizada em 15/12/2013. Cada parcela foi formada por cinco linhas espaçadas 0,45 m entre si, com 6 m de

comprimento. Em todas as parcelas foi realizada adubação nitrogenada, em quantidade equivalente a 90 kg/ha de N na forma de ureia, sendo 23 kg/ha na semeadura e 67 kg/ha aos 20 dias após a emergência. As datas de floração e maturação foram 04/02/2013 e 19/03/2013, respectivamente.

Na campanha 2013/2014, a semeadura foi realizada em 15/01/2013, e emergência a emergência ocorreu em 21/01/2015. Cada parcela foi formada por cinco linhas espaçadas 0,50 m entre si, com 6 m de comprimento. Realizou-se uma adubação de cobertura com 90 kg/ha de N na forma de ureia, em 23/02/2014, quando as plantas encontravam-se no estágio V₄ (três folhas trifoliadas totalmente expandidas). As datas de floração e colheita foram 12/03/2014 e 09/05/2014, respectivamente.

As parcelas foram mantidas no limpo por meio de capinas manuais. Foram observados sintomas das doenças antracnose e mancha angular e de alguns insetos pragas, porém com baixa infestação.

A produção de grãos foi avaliada por meio da colheita três linhas centrais de 3,0 m, descartando-se 1,5 m de cada extremidade. Os grãos foram pesados, ajustados à umidade de 130 g/kg e transformados para kg/ha. Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância (Teste F, $p < 0,05$), análise de regressão e análise de superfície de resposta, utilizando-se o software SAS 9.2.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da análise de variância (ANOVA) de produtividade por campanha e na Tabela 3 encontram-se os resultados da ANOVA da análise conjunta, observando-se que houve diferença de produtividade entre as campanhas 2012/2013 e 2013/2014 (Tabela 3).

A média de produtividade do experimento foi maior na campanha 2012/2013 (Tabela 2), provavelmente porque as condições climáticas, sobretudo precipitação, foram mais favoráveis à produção de feijão. Observa-se na Figura 1 que durante o cultivo do feijoeiro na campanha 2012/2013 houve boa distribuição de chuvas, principalmente no período de floração e formação de vagens, que são os estádios de maior demanda de água pela cultura (Guerra et al., 2003).

Na campanha 2013/2014, a semeadura foi realizada em 15 de janeiro, trinta dias mais tarde que na safra anterior. Na Figura 2 encontram-se os dados climáticos da área experimental disponíveis para a campanha 2013/2014, onde se verifica que a oferta de água de chuvas nos primeiros 44 dias após a semeadura parece ter sido suficiente para o estabelecimento inicial e desenvolvimento vegetativo das plantas. No

entanto, não há dados climáticos disponíveis no período correspondente aos estádios de florescimento, formação de vagens e enchimento de grãos. Assim, a hipótese é que, possivelmente, houve menor disponibilidade de água nesses estádios de maior demanda pelo feijoeiro, o que acarretou em menor média de produtividade, em comparação com a safra 2012/2013 (Tabela 2).

Tabela 2. Resultado da análise de variância dos dados de produtividade de grãos de feijão-comum do experimento com doses de fósforo e potássio, em Lichinga, Niass. Campanhas 2012/2013 e 2013/2014.

| Fator de Variação | Campanha | |
|--------------------------------|-----------------|---------------|
| | 2012/2013 | 2013/2014 |
| Doses de P | 18,91 (p<0,001) | 6,22 (p<0,01) |
| Doses de K | 8,88 (p<0,001) | 2,44 (p=0,07) |
| P x K | 2,64 (p<0,01) | 1,61 (p=0,11) |
| C.V. (%) | 15,46 | 12,05 |
| Média de produtividade (kg/ha) | 2.796 | 2.499 |

A análise de variância indicou que na campanha 2012/2013 houve efeito individual das doses de fósforo, de potássio e houve efeito da interação entre esses dois fatores (Tabela 2). Já na campanha 2013/2014, a produtividade também foi afetada pelas doses de fósforo, o efeito das doses de potássio ocorreu em menor magnitude e não houve efeito da interação (Tabela 2). Essa resposta positiva à adubação, mesmo com os teores altos desses nutrientes no solo (Tabela 1), ocorreu porque os níveis de produtividades alcançadas no experimento nas duas campanhas foram relativamente altos, inclusive nos tratamentos sem adubação com P e K (Tabelas 3 e 5) e superiores à produtividade média de feijão-comum no Brasil em áreas de sequeiro (Silva & Wander, 2013).

Nas duas campanhas a variação da produtividade em resposta à aplicação de doses de P e de K foi ajustada ao modelo quadrático e os pontos de inflexão (ou pontos de máxima) variaram de uma campanha para outra (Figuras 3 e 4). O efeito positivo da aplicação dos fertilizantes, mesmo com teores considerados altos de P e K no solo (Tabela 1), pode ser explicado pelo aumento da disponibilidade desses nutrientes próximo às raízes. Os teores de Ca e Mg o solo estavam baixos e o teor de Al trocável estava alto, resultando em baixa saturação por bases na CTC do solo (Tabela 1), o que implica em condições desfavoráveis para o desenvolvimento do sistema radicular e, conseqüentemente, menor absorção de nutrientes pelas plantas

devido à exploração de pequeno volume de solo. Assim, a aplicação dos fertilizantes próximo às raízes aumenta a absorção dos mesmos com reflexos no aumento da produtividade.

O decréscimo de produtividade após o ponto máximo (Figuras 3 a 5) foi resultado, provavelmente, da ocorrência de interações negativas do excesso de P e K, nas doses mais elevadas, com outros nutrientes na rizosfera. Já é fato conhecido que o excesso de fósforo, por exemplo, provoca diminuição na absorção de zinco. Já o excesso de K deve ter estreitado ainda mais as relações $(Ca+Mg)/K$, Ca/K e Mg/K , que já estavam muito baixas (5, 4 e 2, respectivamente), conforme pode-se calcular com os dados da Tabela 1. No Cerrado brasileiro, considerando-se que os teores absolutos desses cátions no solo não estejam baixos, admite-se que os valores adequados das relações entre eles são: $(Ca+Mg)/K= 20$ a 30 ; $Ca/K= 15$ a 25 ; e $Mg/K= 5$ a 15 (Sousa & Lobato, 2002). Portanto, nas condições desse trabalho, além dos teores absolutos de Ca e Mg no solo estarem baixos (Tabela 1), as relações desses dois nutrientes com K também estão muito baixas. Isso implicou, provavelmente, em prejuízo na absorção de Ca e, principalmente, de Mg pelas raízes nas doses mais altas de potássio aplicadas no solo.

Considerando-se a média dos resultados das campanhas 2012/2013 e 2013/2104 (Tabela 6 e Figura 5) é possível inferir que o feijoeiro-comum confirmou a sua elevada exigência nutricional, sobretudo em fósforo, respondendo à adubação equilibrada com aumento de produtividade. No entanto, os resultados de produção em apenas duas campanhas agrícolas, sem o devido monitoramento da fertilidade do solo e do estado nutricional da cultura, bem como sem o conhecimento dos indicadores de mercado e dos preços de insumos, são insuficientes para estabelecer uma recomendação de quantidades de fertilizantes a serem aplicadas na região.

Do ponto de vista da manutenção da fertilidade do solo e considerando-se as condições desse estudo, cujos teores de P e K no solo já se encontram em níveis altos e, mesmo assim, houve aumento de produtividade com a adubação com esses nutrientes, sugere-se realizar a adubação de reposição dos nutrientes exportados nos grãos que, no caso do Brasil, é cerca de 9 kg/ha de P_2O_5 e 14 kg/ha de K_2O por tonelada de grãos (Carvalho et al., 2013). Assim, para um potencial de produtividade de 3.000 kg/ha , as quantidades a serem aplicadas para reposição de P e K retirados do solo e exportados nos grãos deveriam ser, no mínimo, cerca de 30 kg/ha de P_2O_5 e 42 kg/ha de K_2O . Porém, considerando-se a eficiência de uso de fertilizantes contendo P e K, em média, 50% e 85%, respectivamente, o mais indicado seria a aplicação de 60 kg/ha de P_2O_5 e 50 kg/ha de K_2O .

Conclusões

O feijão-vulgar apresentou excelente potencial produtivo nas condições edafoclimáticas de Lichinga, Niassa, e respondeu em aumento de produtividade à adubação com fósforo e potássio mesmo com teores altos desses nutrientes no solo, confirmando a sua alta exigência nutricional.

A resposta à adubação com fósforo foi mais pronunciada do que a resposta a adubação com potássio, devido aos baixos teores de Ca e Mg e ao desequilíbrio das relações entre Ca/K, Ca/Mg e (Ca+Mg)/K no solo.

Sugestões para Futuros Estudos

Em estudos futuros na área de Fertilidade do Solo para fins de recomendação de adubação das culturas com fósforo e potássio, incluindo o feijoeiro-comum, é fundamental que sejam criadas condições para a realização do monitoramento da fertilidade do solo, por meio da análise química do solo, e a avaliação do estado nutricional das plantas por meio da análise de tecido vegetal de folhas diagnósticas, parte aérea das plantas e grãos.

Bibliografia consultada

- CARVALHO, M. da C. S.; NASCENTE, A.S.; FAGERIA, N. K. **Produtividade e balanço de NPK em feijão afetados por níveis de adubação e correção do solo.** In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 11., 2014, Londrina. Tecnologias para a sustentabilidade da cultura do feijão: anais. Londrina: IAPAR, 2014.
- FAGERIA, N. K., BALIGAR, V. C. AND ZOBEL, R. W. Yield, Nutrient Uptake, and Soil Chemical Properties as Influenced by Liming and Boron Application in Common Bean in a No-Tillage System. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.38, n.11, p.1637-1653, 2007.
- FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; STONE, L. F. **Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro.** In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). Fósforo na agricultura Brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato, 2004, p. 435-455.
- FAGERIA, N.K. Nutrient management for sustainable dry bean production in the tropics. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 33, p. 1537-1575, 2002.
- SHINANO, T.; OSAKI, M.; KOMATSU, K.; TADANO, T. Comparison of production efficiency of the harvesting organs among field crops. I. Growth efficiency of the harvesting organs. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 39, n. 2, p. 269-280, 1993.

- GUERRA, A.F.; RODRIGUES, G.C.; ROCHA, O.C.; EVANGELISTA, W. **Necessidade hídrica no cultivo de feijão, milho, trigo e arroz sob irrigação no bioma Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Cerrados, 100).
- SILVA, O.F. da; WANDER, A.E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 63p. (Documentos, 287).
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p.

Tabela 3. Resultado da análise de variância da análise conjunta dos dados de produtividade de grãos de feijão-comum do experimento com doses de fósforo e potássio, em Lichinga, Niassa. Campanhas 2012/2013 e 2013/2014.

| Fator de variação | Valor F | Probabilidade do teste F |
|-------------------|---------|--------------------------|
| Campanha | 25,49 | <0,001 |
| P | 21,62 | <0,001 |
| K | 8,28 | <0,001 |
| P*K | 2,38 | <0,01 |
| Campanha*P | 7,91 | <0,001 |
| Campanha*K | 5,27 | <0,001 |
| Campanha*P*K | 2,21 | <0,05 |
| C.V. (%) | | 14,07 |

Tabela 4. Produtividade de grãos de feijão-comum, cultivar BRS Pontal, em Lichinga, Niassa, Moçambique, em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo e potássio. Campanha 2012/2013.

| Dose de P ₂ O ₅ (kg/ha) | Dose K ₂ O (kg/ha) | | | | Média |
|--|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 | 50 | 100 | 200 | |
| 0 | 1766 | 2213 | 2507 | 2943 | 2357 |
| 35 | 2319 | 1923 | 3137 | 2732 | 2528 |
| 70 | 2926 | 2199 | 2598 | 2276 | 2500 |
| 140 | 3006 | 2587 | 3780 | 3357 | 3183 |
| 280 | 3279 | 3441 | 3600 | 3334 | 3414 |
| Média | 2659 | 2473 | 3124 | 2928 | 2796 |

Tabela 5. Produtividade de grãos de feijão-comum, cultivar BRS Pontal, em Lichinga, Niassa, Moçambique, em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo e potássio. Campanha 2013/2014.

| Dose de P ₂ O ₅ (kg/ha) | Dose K ₂ O (kg/ha) | | | | Média |
|--|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 | 50 | 100 | 200 | |
| 0 | 1919 | 2489 | 2414 | 2068 | 2223 |
| 35 | 2029 | 2710 | 2511 | 2668 | 2480 |
| 70 | 2428 | 2399 | 2628 | 2598 | 2513 |
| 140 | 2817 | 2642 | 2881 | 2660 | 2750 |
| 280 | 2572 | 2539 | 2525 | 2477 | 2528 |
| Média | 2353 | 2556 | 2592 | 2494 | 2499 |

Tabela 6. Produtividade de grãos de feijão-comum, cultivar BRS Pontal, em Lichinga, Niassa, Moçambique, em resposta à aplicação de doses crescentes de fósforo e potássio. Média das campanhas 2012/2013 e 2013/2014.

| Dose de P ₂ O ₅ (kg/ha) | Dose K ₂ O (kg/ha) | | | | Média |
|--|-------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0 | 50 | 100 | 200 | |
| 0 | 1843 | 2351 | 2460 | 2505 | 2290 |
| 35 | 2173 | 2317 | 2824 | 2701 | 2504 |
| 70 | 2677 | 2299 | 2613 | 2437 | 2507 |
| 140 | 2912 | 2615 | 3331 | 3009 | 2967 |
| 280 | 2946 | 2990 | 3063 | 2906 | 2976 |
| Média | 2510 | 2514 | 2858 | 2712 | 2649 |

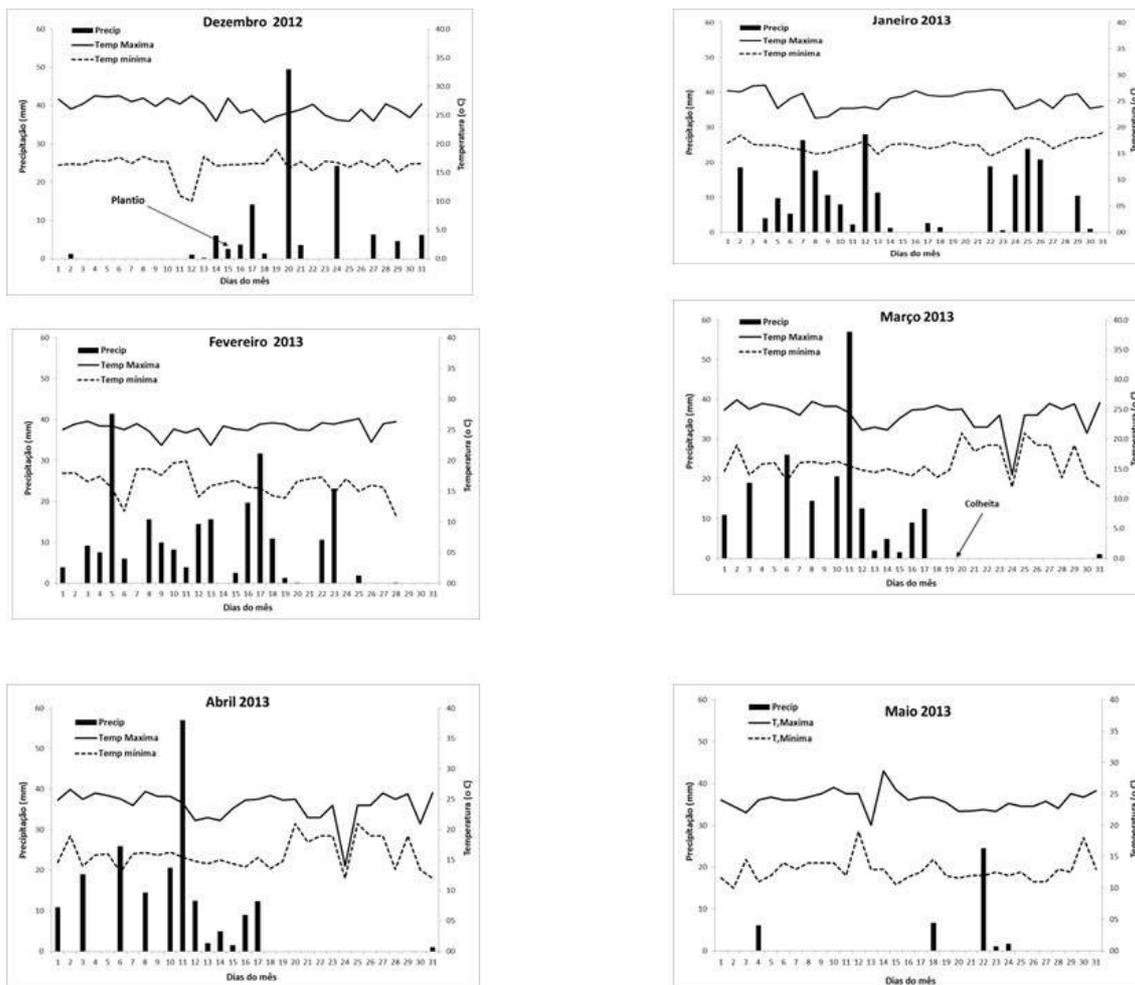


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura máxima e mínima na área experimental durante o cultivo do feijão-vulgar na campanha 2012/2013, em Lichinga, Niassa, Moçambique.

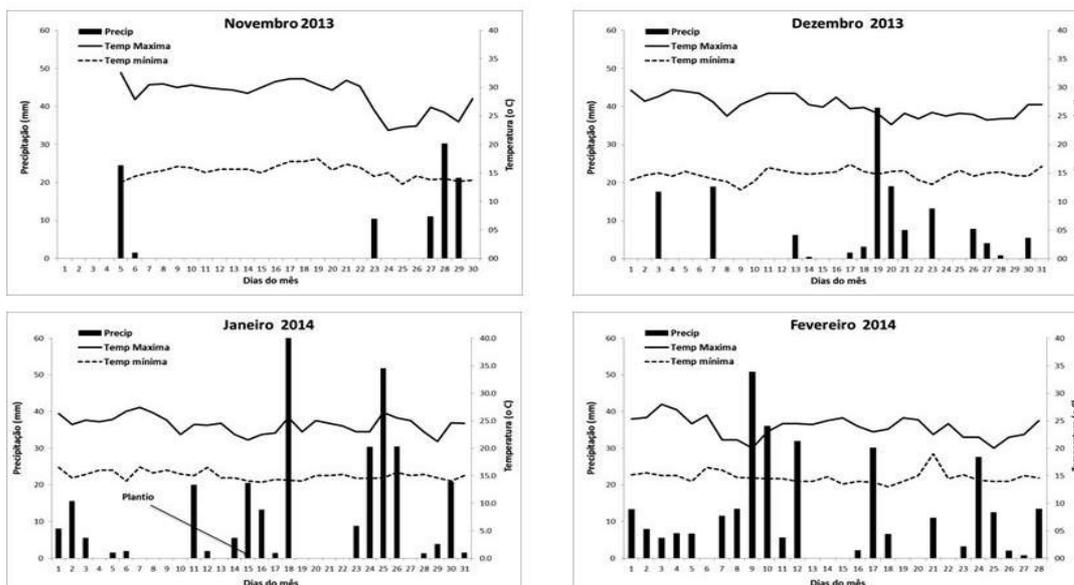


Figura 2. Precipitação pluviométrica e temperatura máxima e mínima na área experimental durante o cultivo do feijão-vulgar na campanha 2013/2014, em Lichinga, Niassa, Moçambique. Não há registros após o mês de março.

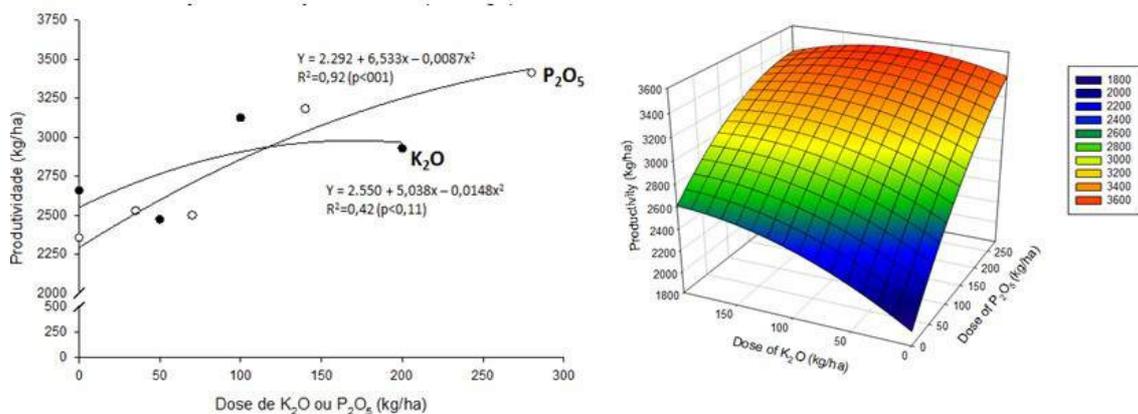


Figura 3. Produtividade (kg/ha) de feijão-comum cultivar BRS Pontal em resposta à adubação com P e K, em Lichinga, Niassa, campanha 2012/2013.
 Superfície de resposta: $Prod = 1.930 + 7,628P + 6,34 K - 0,0087P^2 - 0,0125PK - 0,0148K^2$
 $R^2 = 0,43$ ($p < 0,001$). Produtividade máxima estimada = 3.616 kg/ha (Dose de $P_2O_5 = 406$ kg/ha; Dose de $K_2O = 43$ kg/ha).

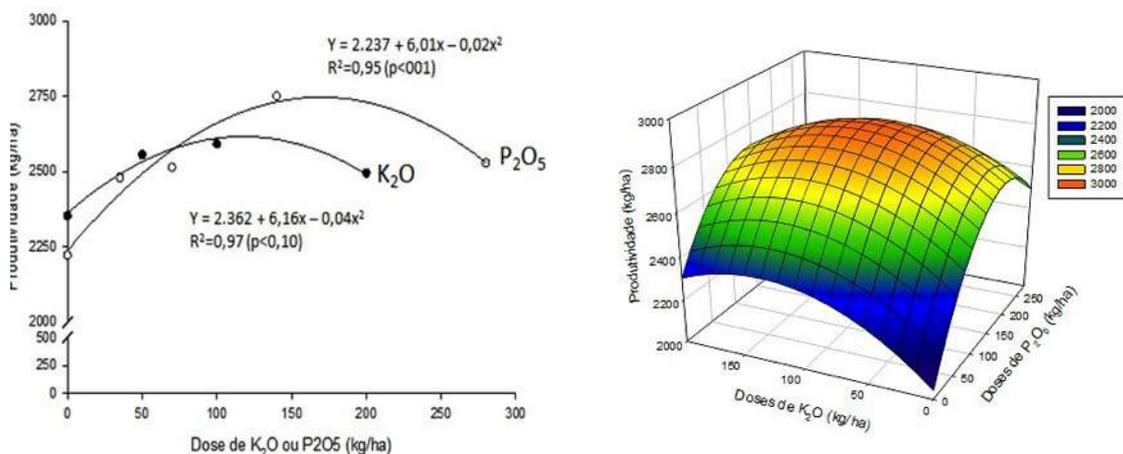


Figura 4. Produtividade (kg/ha) de feijão-comum cultivar BRS Pontal em resposta à adubação com P e K, em Lichinga, Niassa, campanha 2013/2014.
 Superfície de resposta: $Prod = 2042 + 6,564P + 4,975K - 0,0177P^2 - 0,0063PK - 0,0183K^2$
 Produtividade máxima estimada = 2.854 kg/ha (Dose de $P_2O_5 = 166$ kg/ha; Dose de $K_2O = 107$ kg/ha).

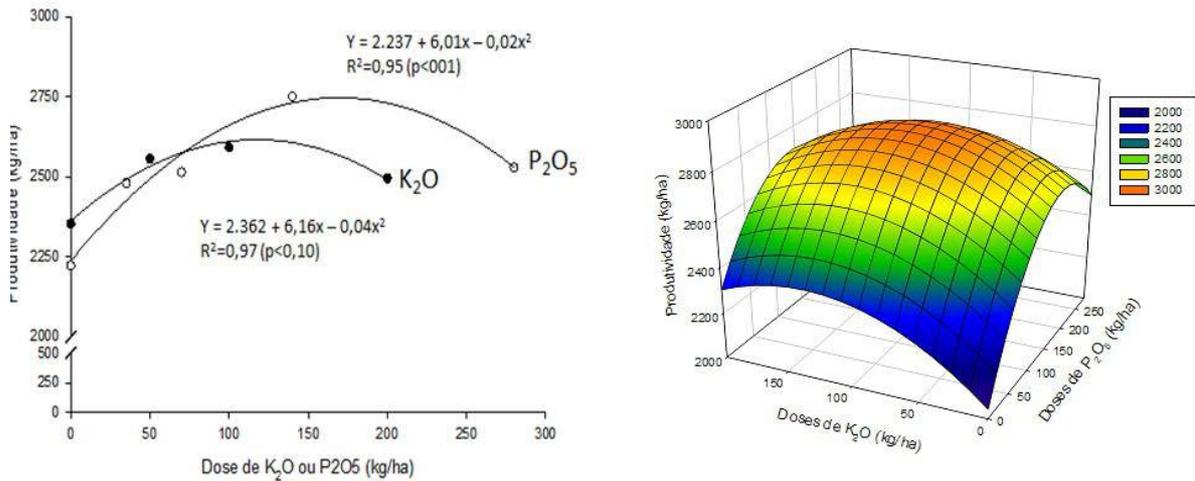


Figura 5. Produtividade (kg/ha) de feijão-comum cultivar BRS Pontal em resposta à adubação com P e K, em Lichinga, Niassa. Análise conjunta das campanhas 2012/13 e 2013/14. $Produtividade = 1986 + 5.66 \cdot K + 7.10 \cdot P - 0.0166 \cdot K \cdot K - 0.0094 \cdot P \cdot K - 0.0132 \cdot P \cdot P$. Produtividade máxima estimada = 3.103 kg/ha (Dose de $P_2O_5 = 230$ kg/ha; Dose de $K_2O = 105$ kg/ha).