



ISSN: 2310-0036

Vol. 2 | Nº. 8 | Ano 2017

### Sueco Cipriano

Universidade Católica de Moçambique  
[sacipriano@ucm.ac.mz](mailto:sacipriano@ucm.ac.mz)

### José Silva

Universidade de Évora  
[jmsilva@uevora.pt](mailto:jmsilva@uevora.pt)



Rua: Comandante Gaivão nº 688

C.P.: 821

Website: <http://www.ucm.ac.mz/cms/>

Revista: <http://www.reid.ucm.ac.mz>

Email: [reid@ucm.ac.mz](mailto:reid@ucm.ac.mz)

Tel.: (+258) 23 324 809

Fax: (+258) 23 324 858

Beira, Moçambique

## Relação entre o rendimento de grão do milho (zea mays l.), nitrogénio e fósforo aplicados no solo

## Relationship between grain yield of maize (zea mays L.), nitrogen and phosphorus applied to soil

### Resumo

A produção de milho em Moçambique sem adubação, tem implicações na fertilidade do solo. Não é por acaso: a cultura do milho tem uma necessidade elevada de nitrogénio e fósforo, portanto, ao longo do seu ciclo de produção, se não for controlada a informação referente às quantidades ideais a serem aplicadas no solo, pouco se garante uma melhor produtividade. Assim, o presente trabalho tem como objectivo relacionar o rendimento do grão de milho, com a aplicação de nitrogénio e fósforo no solo. Para o efeito, foi conduzido uma experiência, usando delineamento com Blocos Completos Casualizados, com três blocos e dez tratamentos, resultante da combinação de cinco níveis de nitrogénio (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha de N) e dois níveis de fósforo (0 e 15 kg/ha de N). As características analisadas por meio do teste F (pr.<0,05), teste de Tukey (pr.<0,05) e regressão polinomial foram: altura da planta, peso da biomassa, número de espigas por planta e o peso da espiga sem palha e o rendimento. O aumento da disponibilidade de nitrogénio e fósforo, em consequência da aplicação no solo, influenciou positivamente, no peso da biomassa, o peso da espiga sem palha e o rendimento, tendo-se destacado como melhores os níveis 30 kg/ha + 15 kg/ha, 60 kg/ha de N + 15 kg/ha de P e 90 kg/ha de N + 0 kg/ha de P.

**Palavras-chaves:** Nitrogénio, fósforo, milho

### Abstract

The production of maize in Mozambique without fertilization has implications for soil fertility. Maize cultivation has a correspondingly high need for nitrogen and phosphorus, so if the information on the ideal amounts to be applied to the soil is not verified during the production cycle, increased production cannot be guaranteed. Thus, the present work aims to relate the yield of maize grain to the application of nitrogen and phosphorus in the soil. For this purpose, an experiment was conducted using a randomized complete block design with three blocks and ten treatments, resulting from the combination of five levels of nitrogen (0, 30, 60, 90 and 120 kg / ha of N) and two levels of phosphorus (0 and 15 kg / ha of N). Using F-test (pr.<0,05), Tukey test (pr.<0,05) and polynomial regression, the characteristics analyzed were: plant height, biomass weight, number of ears per plant, and weight of the ear without leaves and the yield. The increase in the nitrogen and phosphorus availability as a result of its application to the soil positively influenced the weight of the biomass, the weight of the ear without leaves and the yield, with the best levels being 30 kg / ha + 15 kg / ha, 60 kg / ha of N + 15 kg / ha of P and 90 kg / ha of N + 0 kg / ha of P.

**Keywords:** Nitrogen, phosphorus, maize

## Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal que ocupa um lugar importante na dieta alimentar da população Moçambicana, assim como, em grande parte da população africana. A origem deste cereal, segundo Ferreira (2012), é ainda incerta, apesar de existir consenso entre muitos autores em como a sua evolução para as formas actualmente conhecidas, teve lugar na América Central. Segundo Berghini (2004), registos arqueológicos, sugerem que a domesticação do milho começou há 6000 anos, nas regiões dos Estados Unidos de América, México e América Central, tendo chegado ao sul da Ásia, no século XVI através dos portugueses. Estabelece-se como possibilidade que, no mesmo período (sec. XVI), tenha ocorrido a domesticação em países africanos, sobretudo, no âmbito da expansão e exploração colonial.

Para Jasse (2013), a cultura do milho ocorre com maior potencial em países de clima tropical, devido à proficiência dos solos para a agricultura e sua produtividade. Neste sentido, o milho é tido como um auxiliar na garantia de segurança alimentar. Culturas substitutas do milho, como o arroz, mapira e mandioca, têm especial posição na cadeia alimentar, pois, o aumento do seu consumo acontece em anos de baixa produção de milho.

A FAO reportou, em 2010, que o rendimento do milho a nível mundial se situava em torno de 5.15ton/ha e na África subsariana rondava as 1.18 ton/ha. Contudo, na África do Sul, o rendimento médio do milho atinge 5 ton/ha (Dias, 2013). A nível de Mocambique, a produção do milho é cada vez mais relevante e crescente. Entre a campanha de 2010 e 2011 houve um aumento na produção nacional de cerca de 10%, atingindo uma colheita de 2 090 790 de toneladas. Como referencia Jasse (2013), o inquérito de estatísticas agrícolas de 2010 mostrou que 80% das explorações agrícolas produzem milho, ocupando um total de 41% das terras aráveis e cerca de 83% da produção de cereais. Por outro lado, a Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional reportou em 2011 que o rendimento médio do grão de milho não ultrapassa os 900 kg/ha, uma quantidade aquém do potencial desta cultura e ainda preocupante na segurança alimentar das famílias (USAID, 2011). Uaiane (2006) refere que o rendimento médio do grão de milho está associado à utilização de variedades de milho de baixa qualidade, doenças e fraco manejo dos nutrientes do solo. Portanto, Ferreira (2012) defende que o fraco manejo do solo tem sido associado à falta de macronutrientes no mesmo, com destaque para o nitrogénio e para o fósforo.

O Nitrogénio e o Fósforo são, geralmente, considerados como os dois nutrientes que ocorrem em menor teor no solo em relação à necessidade da planta e são mais exigidos pela cultura do

milho (Paiva, Silva, Oliveira, Pereira & Queiroga, 2012). Segundo Juo e Franzluebbers (2003), a deficiência de fósforo é comumente generalizada em solos tropicais. É neste contexto que, a nível do país, o Programa de Apoio de Produção de Milho inserido no Plano Nacional de Investimento do Sector Agrário (PNISA), 2013 – 2017, disponibiliza fertilizantes para os agricultores melhorarem os níveis de rendimento do grão de milho até níveis de 2,5 ton/ha (MINAG, 2013).

No entanto, apesar da existência de política e de um mercado favorável que incentivem o uso de fertilizantes, informações sobre as quantidades adequadas de fertilizantes como Nitrogénio e Fósforo, bem como combinações ideais destes que optimizem o rendimento, são escassas. Com vista a apresentar as relações entre nutrientes e o rendimento do grão de milho, para apoiar os esforços de introdução de fertilizantes na produção deste cereal, desenvolveu-se o presente trabalho.

## Quadro teórico

### Fertilidade dos solos e Rendimento do milho em Moçambique

A necessidade de nutrientes na planta do milho, assim como para qualquer cultura, é determinada pela quantidade de nutrientes que esta extrai do solo durante o seu ciclo. Assim sendo, para a produção do grão de milho é necessário colocar à disposição da planta a quantidade total de nutrientes que extrai e da que deve ser fornecida através da fertilização.

Estudos sobre a fertilidade dos solos de Moçambique são ainda escassos. Os primeiros estudos sobre os solos remontam aos anos 60. Portanto, as interpretações das características do solo eram feitas apenas através de imagens de satélite. O inventário sistemático de nutrientes no solo em quase todo o país é indicado no documento *“The Status of Soil Resources in Mozambique”* (Mafalacusser, 2013), porém, foi na província de Gaza onde se registraram os primeiros resultados de análises laboratoriais de solo.

Um estudo específico de caracterização da fertilidade do solo apresentado por Maria e Yost (2006) revela que entre os nutrientes, a capacidade de troca catiónica e os níveis de fósforo são baixos. Esta realidade impacta negativamente na fertilidade dos solos Moçambicanos, podendo pôr em causa a produção de culturas e segurança alimentar.

Entretanto, segundo Taimo e Calegari (2007), das variedades de milho mais utilizadas em Moçambique, destaca-se o rendimento da variedade Matuba, que pode atingir potencialmente entre 5 a 6 ton/ha. Quando cultivada em sistemas de sequeiro, os rendimentos podem variar entre 3 a 5,5 ton/ha.

O IIAM (2012) apresenta o rendimento médio para a cultura de milho em Moçambique, distinguindo-o por regiões. Estabelece-se para as zonas Norte, Centro e Sul, 734,2 kg/ha, 945 kg/ha e 413,4 kg/ha respectivamente. As razões que indicam o baixo rendimento desta cultura são várias, dentre elas, as pragas e doenças, precipitações irregulares, o fraco manejo e, em alguns casos, a ausência do uso de fertilizantes. Por outro lado, a exploração contínua dos solos, culmina com a redução anual da fertilidade dos mesmos quando não é feita a reposição através da adubação. Aliado a isso, estudos de avaliação de esgotamento da fertilidade do solo por culturas alimentares, realizados em Moçambique (Folmer, Geurts e Fransico, 1998), revelaram que o milho esgota anualmente 49,7 kg/ha, 9,9 de kg/ha e 36,5 kg/ha de nitrogénio, fósforo e potássio respectivamente. Muito embora persista uma tendência considerável de saturação dos solos pela cultura do milho, Dias (2013), fazendo referência aos resultados de um estudo desencadeado pela FAO, que explorava a evolução do rendimento do milho nos campos agrícolas moçambicanos entre de 2000 a 2010, revela que o rendimento médio do milho se situa entre apenas de 800 kg/ha a 1200 kg/ha.

Esta tendência numérica denota, e é uma das razões segundo o qual Afonso (2013) evidencia que, por volta dos anos 2010, mais de 80% da população moçambicana que vivia em zonas rurais consumia o milho, sendo que este era, e mantém-se, a principal fonte alimentar, seguida pela mandioca.

### Relação do Nitrogénio e Fósforo com o Rendimento do Milho

Como qualquer planta, o milho precisa de macronutrientes e micronutrientes para o seu desenvolvimento. Contudo, o nitrogénio é destacado como o macronutriente requerido em maior quantidade na cultura do milho, sendo o que mais limita a produtividade do grão (Farinelli & Lemos, 2012). O fósforo, por outro lado, tem um papel relevante em muitos dos processos fisiológicos dentro do desenvolvimento e maturação do milho, pelo que, é igualmente considerado importante para a produção do milho (Onasanya, Aiyelari, Onasanya, Nwilene & Oyelakin, 2009). De acordo com Barros e Calado (2014), o fósforo permite o desenvolvimento radicular, aumento da resistência mecânica e influencia positivamente nas fases fenológicas da cultura.

Os modelos que indicam a relação entre o rendimento de uma determinada cultura e os níveis de fertilizantes, aparecem discutidos por Cady e Laird (1973). Para estes autores os resultados de experiências na área da fertilização dependem, em primeiro lugar, do modelo adoptado para os apresentar, em termos de rendimento e a sua proximidade com a verdadeira função e, em segundo lugar, da magnitude dos erros aleatórios associados às experiências. Os modelos podem

ser discretos e/ou contínuos. O modelo discreto limita-se apenas a comparar as médias dos tratamentos correspondentes ao nível dos fertilizantes e o investigador escolhe apenas um nível como óptimo. Para o modelo contínuo, Cady e Laird (1973) explicam que, uma vez seleccionados, os dados de rendimento são usados para estimar os parâmetros correspondentes a uma função matemática específica e, assim sendo, o rendimento pode ser predito ou previsto a partir de qualquer nível de fertilizante. O nível óptimo é então determinado a partir da função resultante e com isso permite que não seja necessariamente aquele directamente aplicado na experiência. Ilustrando isso, por exemplo, Lucena et al. (2000) identificaram as dosagens 111,1 kg/ha de N e 197,6 kg/ha de P2O5, como sendo óptimos no meio de quatro (4) níveis de nitrogénio (40, 80, 120 e 160 kg/ha) e quatro (4) níveis de fósforo (60, 120, 180 e 240 kg/ha de P2O5) aplicados no solo.

Outro modelo também usado para exprimir a relação de nutrientes é o da função. Para Heady et al (1961), citado por Cady e Laird (1973), o modelo polinomial quadrático tem sido frequentemente utilizado para estudos com fertilizantes, por ilustrar a Lei de Micherlich<sup>1</sup>, e a função com um só único factor pode ser algebricamente expressa por:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x + b_2x^2$$

Onde:

$\hat{y}$  – Rendimento predito;

$b_0$  - Rendimento estimado sem aplicação de nutriente;

$b_1$  - Coeficiente linear estimado;

$b_2$  - Coeficiente quadrático estimado.

Adicionalmente, quando existem dois factores, o modelo quadrático polinomial é frequentemente expresso por (Paiva et al, 2012 p. 3):

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_1^2 + b_3x_2 + b_4x_2^2 + b_5x_2x_1$$

Onde:

$x_1$  e  $x_2$  - são os níveis de dois factores;

$b_1$  e  $b_3$  - são coeficientes lineares;

$b_2$  e  $b_4$  - são coeficientes quadráticos;

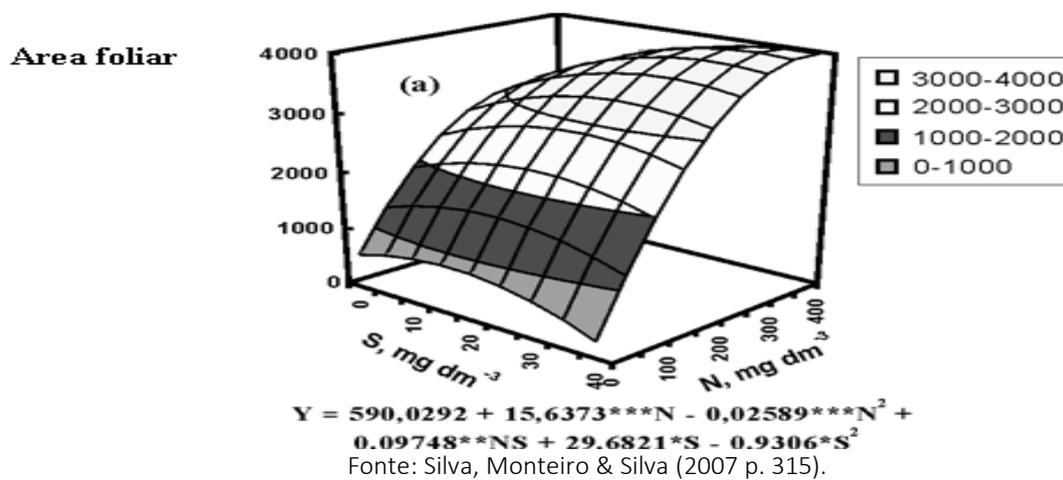
$b_5$  - é coeficiente de interacção.

---

<sup>1</sup> “A Lei de Mitscherlich defende que quando se aplicam doses crescentes de um nutriente, o aumento na produção é elevado inicialmente, mas decresce sucessivamente” (Carvalho, Sousa & Sousa, 2005 p. 18)

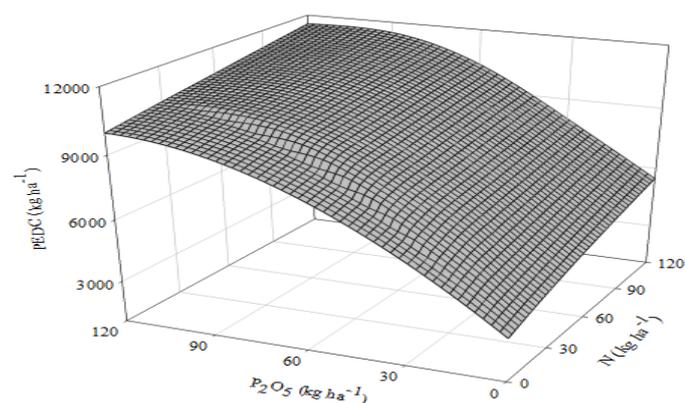
Segundo Silva, Monteiro e Silva (2007), num estudo de adubação com nitrogénio e enxofre, utiliza-se primeiro o modelo discreto, para determinação da interacção entre estes nutrientes sobre uma variável. Em seguida, verificada a interacção, emprega-se o modelo contínuo para apresentar o modelo polinomial quadrático, representando a superfície de resposta, conforme como mostra a figura 1.

Figura 1. Superfície de resposta da área foliar do milho em função de nitrogénio e enxofre



Outro aspecto muito importante associado à análise dos modelos polinomiais quadráticos, que explicam a relação entre o rendimento ou atributo da planta e os níveis de fertilizantes, é o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado). Paiva, Silva, Oliveira, Pereira e Queiroga (2012), utilizam o coeficiente de determinação acima 70% para apurar a qualidade de ajustamento do modelo polinomial quadrático (superfície de resposta) num estudo sobre doses de nitrogénio e de fósforo recomendadas para produção económica de milho-verde. A figura 2 mostra a superfície de resposta para o peso de espigas sem comercializáveis (PEDC), em função das doses de nitrogénio e de fósforo aplicadas no solo.

Figura 2. Superfície de resposta para o peso de espigas sem comercializáveis (PEDC), em função de doses de nitrogénio e de fósforo aplicadas no solo



Fonte: Paiva, Silva, Oliveira, Pereira e Queiroga (2012)

Nesse sentido, os valores dispõem-se em  $Y = 3.068 + 13,0414*N + 131,2560*P - 0,6118*P^2$   $R^2 = 0,89$ .

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), segundo Afonso e Nunes (2011), representa a proporção da variabilidade da variável dependente que é explicada pela relação linear (ou não linear). Ajuda a avaliar a qualidade do modelo da função matemática. Assim, em muitos estudos de fertilização, a determinação de modelos de uma função matemática tem sido associada à resolução do coeficiente de determinação, para melhor visualizar a relação que existe entre o rendimento e os níveis de fertilizantes.

No entanto, Onasanya, Aiyelari, Nwilene e Oyelaki (2009), defendem que a resposta do milho às fertilizações fosfatadas e azotadas podem depender da variedade e ainda do tipo de solo, havendo a necessidade de conhecer, através de experiências, as quantidades adequadas de adubos para a resposta do milho em função de cada variedade e em solos específicos.

## Metodologia

A experiência foi realizada no campo experimental da Faculdade de Agronomia da Universidade Católica de Moçambique (Cuamba – Niassa), localizado entre a  $14^{\circ} 46' 38''$  S de latitude e  $36^{\circ} 31' 22''$  E de longitude e altitude de 590 metros ao nível do mar, na campanha agrícola de 2014/2015. De acordo com o MAE (2005), o clima de Cuamba é tropical húmido com duas estações, a chuvosa e a seca. A temperatura anual ronda os  $26^{\circ}\text{C}$  e as precipitações mínima e máxima situam-se em 800 mm e 1400 mm respectivamente.

Durante a instalação, optou-se pelo Delineamento Experimental de Blocos Completos Casulizados num esquema factorial  $5 \times 2$  e três repetições. Os factores utilizados foram compostos ureia (46% de N) em cinco níveis de (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha) e o superfosfato triplo (45,6% de  $P_2O_5$  em dois níveis (0 e 15 kg/ha). Cada parcela foi formada por oito linhas de plantio com espaçamento de 70 cm. A aplicação de nitrogénio e fósforo foi feita antes da sementeira, numa proporção de 0.5:1, onde o nitrogénio foi aplicado 50% a fundo, e o restante 50% para cobertura, 46 dias após a sementeira. O fósforo foi aplicado 100% a fundo.

Desde a preparação do solo até à colheita, os trabalhos foram realizados manualmente. A sementeira do milho foi feita no início de Janeiro de 2015, precedida duma fertilização de fundo e a colheita foi realizada 147 dias após a sementeira. Os amanhos culturais adoptados durante a condução da experiência foram de acordo com o processo de produção normal do milho em Moçambique.

Ao longo da experiência, foram analisadas as seguintes variáveis: peso da biomassa, número de espigas, peso de espiga sem palha e o rendimento do grão. A análise dos dados, foi efetuada com base na variância (teste F) e teste de Tukey, tendo, em seguida, sido submetidos (com excepção do rendimento) ao exame de regressão não linear (modelo quadrático) em que as médias de cada tratamento foram ajustadas pelo modelo quadrático, considerando-se o nitrogénio como variável independente no ambiente sem/e com aplicação de fósforo:  $Y = a \cdot N^2 + b \cdot N + C$ , onde Y constitui as variáveis dependentes e N, o nitrogénio.

Recorreu-se igualmente ao modelo de regressão polinomial para determinação da superfície de resposta de rendimento do grão em função de nitrogénio (N) e fósforo (P) pelo modelo o seguinte:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot N + b_2 \cdot N^2 + b_3 \cdot P + b_4 \cdot P^2 + b_5 \cdot N \cdot P$$

Utilizou-se, adicionalmente o  $R^2$  ajustado para dar qualidade aos modelos determinados, conforme sugerem Afonso e Nunes (2011).

## Discussão de Resultados

De acordo com a análise de variância, ocorreu efeito significativo ( $p < 0,05$ ) dos tratamentos de fósforo sobre as variáveis analisadas, excepto o peso da biomassa e peso da espiga. Os tratamentos de nitrogénio apenas tiveram efeito significativo no rendimento do grão do milho.

Tabela 1. Resultados das variáveis em função dos tratamentos de Nitrogénio e Fósforo.<sup>2</sup>

N (kg/ha)	Altura da planta (m)		Peso da biomassa (kg/ha)		Número de espigas por planta		Peso da espiga sem palha (kg/ha)	
	Fósforo (kg/ha)							
	0	15	0	15	0	15	0	15
0	1.71 aA	2.17 aB	4759.68	4906.75	0.7 a	0.6 a	307.86	646.99
30	2 aA	1.92 aA	5032.83	7108.69	0.5 a A	0.9 a B	809.65	1808.79
60	1.88 aA	1.74 aA	6843.00	6664.05	0.6 a	0.8 a	963.69	1829.6
90	1.88 aA	2 aA	7024.98	7202.28	0.8 a	0.8 a	1384.2	1565.09

<sup>2</sup> As médias seguidas com as mesmas letras minúsculas na coluna, não apresentam diferenças entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ), e as médias seguidas com as mesmas letras maiúsculas na linha não apresentam diferenças entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

---

120	1.81 aA	1.8 a A	6786.60	6358.19	0.7 a	0.7 a	1328.73	1218.91
-----	---------	---------	---------	---------	-------	-------	---------	---------

---

Fonte: O proponente

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, pode-se constatar que a aplicação do nitrogénio não afectou significativamente a altura das plantas, o que não acontece na aplicação do fósforo. A ausência de efeito significativo do nitrogénio na altura da planta é reportada em trabalho similar feito por (Ferreira, Araújo, Pereira e Cardoso, 2001; Lucena, Oliveira, Silva e Andrade, 2000; Deuner, Nascimento, Ferreira, Bandibelli e Kerber, 2008), que concorda com os resultados verificados no presente trabalho.

Por outro lado, apesar do nitrogénio ser importante na fotossíntese, a sua deficiência pouco afecta na altura da planta do milho, comparativamente à deficiência do fósforo, pois este participa no desenvolvimento radicular, fundamentalmente para o desenvolvimento da parte aérea (Barros & Calado, 2014). Este aspecto, pode justificar a razão dos valores de altura resultantes da aplicação de fósforo serem globalmente superiores, comparativamente com os valores de altura registados onde ele não foi aplicado. Em estudos de Gonçalves et al. (2013) verificou-se o aumento de altura onde se acresceram os níveis de fósforo. Foi coincidente no presente estudo, verificar-se que o número de espigas por planta sofreu variação positiva significativa com o tratamento de fósforo e aplicação de 30 kg/ha de nitrogénio.

Na figura 3, ilustra-se a relação entre os tratamentos de nitrogénio com as variáveis apresentadas na tabela 1, em ambiente sem adição de fósforo (0 kg/ha) e em ambiente com adição de fósforo (kg/ha). É possível verificar que a altura da planta e o número de espiga por planta não estabeleceram uma relação adequada com o aumento do nitrogénio, através do modelo quadrático, pois o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) não atingiu os 70%, isto é, não se verificou uma tendência bem definida sobre os dados destas variáveis com o aumento de nitrogénio.

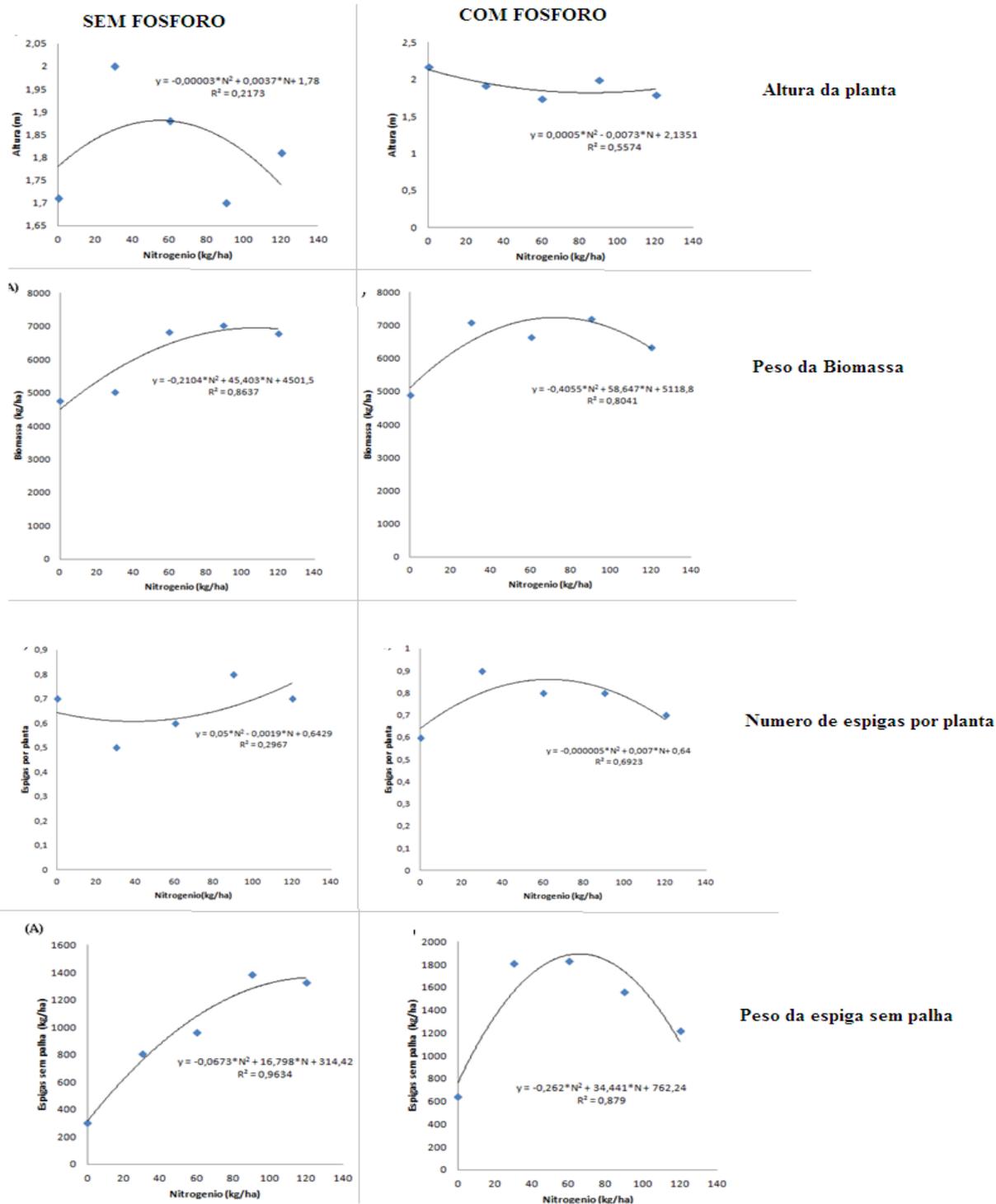
O peso da biomassa e o peso da espiga sem palha estabeleceram uma relação adequada com o aumento de nitrogénio, de acordo com o modelo quadrático. Nos dois ambientes (sem fósforo e com fósforo), o aumento do nitrogénio teve impacto no aumento do peso da biomassa e peso da espiga até um certo nível (quase até 70 kg/ha de nitrogénio), a partir do qual iniciou o decréscimo. No entanto, em ambiente sem fósforo, para as duas variáveis, houve necessidade de maiores doses de nitrogénio para o alcance daquele nível (pico).

Quanto ao rendimento do grão, a análise de variância ( $p < 0,05$ ), revelou a existência de diferenças significativas entre os níveis de nitrogénio e entre os de fósforo, pelo que o teste de

Tukey ( $p < 0,05$ ) mostrou que as diferenças significativas entre os níveis de nitrogénio foram verificadas em parcelas onde não se aplicou o fósforo, sendo que o nível 90 kg/ha de nitrogénio se mostrou superior, comparativamente, tendo resultado em 1714,54 kg/ha de grão de milho. Importa destacar que este resultado foi superior em termos globais.

Adicionalmente, pelo teste de Tukey, o nitrogénio não teve efeito significativo no rendimento do grão com aplicação do fósforo, mas os níveis 30, 60 e 90 kg/ha de N foram relativamente superiores, em termos absolutos. Por outro lado, o fósforo teve apenas efeito significativo nas parcelas com aplicação de 60 kg/ha de nitrogénio. Os resultados de existência de efeito significativo de N e P, são concordantes com os trabalhos de Tobert, Potter e Morison (2001); e, Ernani, Nascimento, Campos e Camillo (2000).

Figura 3. Superfície de resposta das variáveis estudadas em função do nitrogénio em ambiente sem adição do fósforo (gráficos do lado esquerdo) e em ambiente com adição do fósforo (gráficos do lado direito).



Fonte: O Preponente

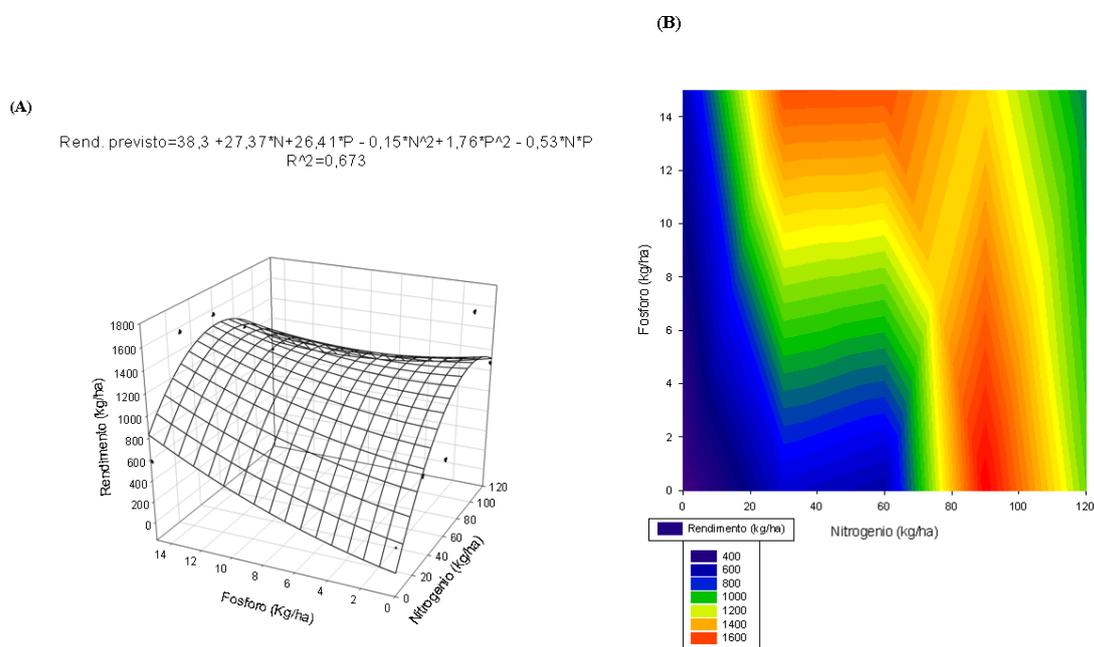
Porém, na figura 4 (A), apresenta-se a superfície de resposta do rendimento em função dos níveis de nitrogénio e fósforo. O rendimento apresentou uma relação aparentemente linear positiva em relação ao fósforo, e em relação ao nitrogénio o comportamento foi quadrático.

Assim sendo, pela figura 4 (B), pode-se observar teoricamente duas regiões óptimas, onde o rendimento foi relativamente superior. A primeira, situa-se entre 75 kg/ha e 115 kg/ha de nitrogénio, com níveis de fósforo até 8 kg/ha. A segunda região situa-se entre 30 kg/ha e 75

kg/ha de nitrogénio com níveis de fósforo de 10 a 15 kg/ha. Desta forma, os resultados mostraram que sem aplicação do fósforo, houve necessidade de doses elevadas de nitrogénio para obtenção de rendimento elevados.

Em geral, os resultados de rendimento do grão de milho situaram-se entre 257,54 kg/ha (0 kg/ha de N + 0 kg/ha de P) e 1714,54 kg/ha (90 kg/ha de N + 0 kg/ha de P). Sem aplicação do fósforo e nitrogénio o rendimento do grão obtido foi inferior, quando comparado com os valores de rendimento médio nacional apresentados nos relatórios de USAID (2011), Dias (2013) e IIAM (2013), isto é, 900kg/ha, 800 kg/ha a 1200 kg/ha e 734,2 kg/ha para a região Norte respectivamente.

Figura 4. Superfície de resposta de rendimento em função de nitrogénio e fósforo.



Esta inferioridade generalizada dos resultados do presente estudo pode ser relacionada com o efeito da precipitação irregular registada durante a experiência, pois, apesar da precipitação acumulada durante todo ciclo da planta ter apresentado valor requerido pela planta do milho (acima 600 mm), mais conforme a figura 3, no período reprodutivo do milho, que coincidiu com os meses de Março e Abril, a precipitação registada esteve longe do mínimo requerido pela cultura do milho. De acordo com Bergamaschi e Matzenauer (2014), o milho necessita de 200 mm no período reprodutivo. Com isto pode afirmar-se que os resultados de rendimento não são fruto do efeito dos fertilizantes utilizados.

## Conclusões

Durante o estudo, para as variáveis estudadas, verificou-se que o nitrogénio não teve efeitos significativos na altura da planta do milho, com e sem adição de fósforo, portanto, não se notabilizou um modelo quadrático lógico que relacione este nutriente com a altura da planta.

O nitrogénio e o fósforo não tiveram efeitos significativos sobre o peso da biomassa com aplicação de nitrogénio sem acréscimo de fósforo, tendo-se registado, um modelo quadrático que demonstrou que o peso da biomassa aumentou com nitrogénio até 90 kg/ha e, em termos absolutos, o peso da biomassa foi ainda superior com adição de fósforo.

Para o número de espigas por planta não se observou uma relação lógica com os níveis de nitrogénio e fósforo, mas os valores médios provenientes da aplicação de nitrogénio foram ligeiramente superiores com adição de fósforo. Por outro lado, o peso da espiga sem palha apresentou uma relação, obedecendo ao modelo quadrático com os níveis de nitrogénio com ou sem adição de fósforo, sendo que os níveis 90 kg/ha de N sem aplicação de P e 60 kg/ha de N com aplicação de P foram relativamente superiores em termos absolutos.

O nitrogénio e fósforo tiveram efeitos significativos sobre o rendimento do grão de milho, tendo-se destacado melhor em relação a outros os níveis 30 kg/ha de N + 15 kg/ha de P, 60 kg/ha de N + 15 kg/ha de P e 90 kg/ha de N + 0 kg/ha de P. Por meio de superfície de resposta, a planta do milho precisou mais de nitrogénio sem aplicação de fósforo, para obtenção de maior rendimento do grão, servindo de evidência suficiente para aceitar a hipótese do estudo.

## Referências bibliográficas

Afonso, A. & Nunes, C. (2011). *Estatística e Probabilidades, Aplicações e Soluções em SPSS*. Lisboa, Portugal. Escolar Editora.

Afonso, A. V. (2013). *Genetic diversity of Local Maize Germoplasm from Eight agro ecological zones in Mozambique*. Master Thesis in Biology. Alnarp, Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences.

Barghini, A. (2004). O milho na América do Sul pré-colombiana: uma história natural. *Pesquisas, Antropologia*. 61. p. 1-170.

Barros, J. F. C & Calado, J. G. (2014). *Cultura de Milho*. Évora, Portugal. Universidade de Évora

Bergamasch, H. & Matzeunauer, R. (2014). *O milho e o Clima*. Porto Alegre, Brasil. BDPA

- Brieger, F. G. (2013). *Estudos Experimentais sobre a origem do Milho*. São Paulo, Brasil. Universidade de São Paulo.
- Brown, W. L., Zuber, M. S., Darrah, L. L., & Glover, D. V. (1985). *Origin, Adaptation and Types of Corn*. National Corn Handbook. Iowa State University.
- Cady, F.B. & Laird, R. J. (1973). Treatment Design for Fertilizer Experimentation. *CIMMYT Research Bulletin*. N.26.
- Crvalho, J. C. R., Sousa, C., & Sousa, C. (2005). *Fertilizantes e Fertilização*. Cruz das Almas. Brasil. Universidade Federal de Bahia.
- Deuner, S., Nascimento, R., Ferreira, L. S., Bandibelli, K., Kerber, R. S., (2008). Fertilização foliar e via Solo de Nitrogênio em plantas de Milho em fase inicial de desenvolvimento. *Ciências Agrotécnicas*. N. 32(5). p.1359 – 1365.
- Dias, P. (2013). *Analysis of Incentives and Disincentives of Maize in Mozambique*. Technical Notes Series, MAFAP, FAO. Rome, Italy. FAO.
- Ernani, P. R., Nascimento, J. A. L., Campos, M. L. & Camillo, R. J. (2000). Influência da Combinação de Fósforo e Calcário no Rendimento do Milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. N. 24. p.537-544.
- Ferinelli, R. & Lemos, L. B. (2012). Nitrogênio em Cobertura na Cultura do Milho em Preparo Convencional e Plantio Directo Consolidados. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. v.42, 1. p.63-70.
- Ferreira, A. C., Araújo, G. A. A., Pereira, P. R. & Cardoso, A. A. (2001). Características Agronômicas e Nutricionais do Milho adubado com Nitrogênio, Molibdênio e Zinco. *Scientia Agricola*. N. 58 (1). p.131-138.
- Ferreira, M. M. M. (2012). Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido BRS 1010. *Revista Agroambiente On-Line*. N. 6 (1). p.74-83.
- Folmer, E. C.R, Geurts, P. M. H. & Francisco, J. R. (1998). Assessment of Soil Fertility Depletion in Mozambique. *Agriculture Ecosystems & Environment Journal*. N. 71. p.159 -167.
- Gonçalves, R. N., Sousa, T. R., Pereira, L.V., Neto, S. P. S., Pelá, A., Faria, A. R. & Tara, R. A. (2013). *Avaliação da produtividade do Milho Safrinha Sob Diferentes Doses de Fosfato Monoamônico*. Brasil. Emprapa.

- Gouveia, D. H. B, Monteiro, F. A. & Silva, T. J. A. (2007). Nitrogénio e Enxofre na Produção e no Uso de Água pelo Capim – Braquiarias em Degradação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. N. 31. p.309-317.
- Hernandez, J. A. S. (2009). *The Origin and Diversity of Maize in the American Continent*. México. Universidad Autónoma de La Ciudad de México.
- IIAM (2012). Relatório Preliminar de Pesquisa. N. 3P. Maputo, Moçambique.
- Jasse, A. (2013). *Promoção de Desenvolvimento das Feiras de Cereais e Oleaginosas*. Sofala, Moçambique.
- Juo, A. S. R., Franzluebbbers, K. (2003). *Tropical Soils- Properties and Management for sustainable Agriculture*. New York, EUA. Oxford University Press.
- Lucena, L. F. C., Oliveira, F. A., Silva, I. F. & Andrade A. P. (2000). Resposta do Milho a Diferentes Dosagens de Nitrogénio e Fósforo Aplicados no Solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental* N. 4 (3). p.334-337.
- MAE (2005). *Perfil do Distrito de Cuamba, província do Niassa*. Maputo, Moçambique.
- Mafalacusser, J. M. (2013). *The Status of Soil Resources in Mozambique*. Nairobi, Kenya.
- Maria, R. M. & Yost, R. (2006). A Survey of Soil Fertility Status of Four Agroecological Zones of Moçambique. *Soil Science Journal*. 171(11). p.902-914
- MINAG (2013). *Plano Nacional de Investimento do Sector Agrário PNISA 2013 – 2017*. Maputo, Moçambique. Governo de Moçambique.
- Onasanya, R. O., Aiyelari, O.P., Nwilene, F. E. & Oyelakin, O. O. (2009). Effect of Different levels of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers on Growth and yields of Maize in Southwest Nigeria. *International Journal of Agricultural Research*. N. 4 (6). p.193-203
- Paiva, M. R. F. C., Silva, G. F., Oliveira, F. H. T., Pereira, R. G. & Queiroga, F. M. (2012). Doses de Nitrogénio e de Fósforo Recomendados para a Produção económica do milho verde. *Revista Catinga*. N. 4. p.1-10.
- Silva, A. A., Silva, T. S., Vasconcelos, A. C. P. & Lana, R. M. Q. (2012). Aplicação de diferentes Fontes de Ureia de Liberação Gradual da Cultura de Milho. *Bioscience Journal*. N.1. p.104-111.
- Taimo, J. P. C & Calegasi, A. (2007). *Manual de Agricultura de Conservação*. Beira, Moçambique.

Tobert, H. A, Potter, K. N. & Morrism, J. E. (2001). Tillage System, Fertilizer Nitrogen Rate and Timing Effect on Corn Yields in the Texas BlackLand Prairie. *Agronomist Journal*. N. 93. p.1119-1124.

Uaiane, R. N. (2006). *Introdução de Novas Tecnologias Agrícolas e Estratégias de Comercialização no Centro de Moçambique*. Maputo. IIAM.

USAID (2011). *Milho, uma Cultura de Boa Nutrição e de Muita Energia*. Maputo, Moçambique.