

633.17
bho

P.P.V. 08

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL

Departamento de Produção e Protecção Vegetal

Trabalho de Licenciatura



*Análise do Desempenho Técnico e Económico de Uso de
Adubos na Produção de Milho em Sequeiro na Zona Sul de
Moçambique.*

Por Mussa Chovieque

Supervisor: Prof. Doutor Gilead Mlay

Maputo, Junho de 2003.

ÍNDICE

| Conteúdos | Páginas |
|---|---------|
| AGRADECIMENTOS | V |
| SUMÁRIO | VI |
| CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. Antecedentes do milho em Moçambique..... | 1 |
| 1.2. O Problema do estudo..... | 2 |
| 1.3. Objectivos | 3 |
| CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 2.1. Condições potenciais para o cultivo do milho | 4 |
| 2.2. Alguns determinantes para adopção dum método de maneio do solo..... | 5 |
| 2.3. Importância do nitrogénio, potássio e fósforo no desenvolvimento da cultura..... | 6 |
| 2.4. Doses recomendadas para o milho em Moçambique..... | 7 |
| 2.5. Ensaio de adubação do milho em Moçambique | 9 |
| CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS | 10 |
| 3.1. Caracterização edáfo-climática da zona em estudo..... | 10 |
| 3.2. Tratamentos e desenho experimental..... | 11 |
| 3.3. Dados recolhidos e transformações..... | 13 |
| 3.5. Método de Análise dos dados..... | 14 |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS | 22 |
| 4.1. Efeitos de N e K no rendimento do milho | 22 |
| 4.2. Efeito de P no rendimento do milho..... | 24 |
| 4.3. Resultados de análise económica..... | 25 |
| CAPÍTULO V: DISCUSSÃO DE RESULTADOS | 30 |
| 5.1. Rendimento do milho com aplicação dos adubos..... | 30 |
| 5.2. Retorno económico à adubação do milho..... | 31 |

| | |
|---|---------------|
| CAPÍTULO VI: CONSTATAÇÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 35 |
| 6.1. Constatações..... | 35 |
| 6.2. Recomendações..... | 35 |
| LITERATURA CITADA..... | 37 |
| ANEXOS..... | 40 |

LISTA DE QUADROS

| Quadros | Páginas |
|--|---------|
| Quadro 2-1: Doses económicas recomendadas para o milho e Moçambique..... | 8 |
| Quadro 3-1: Resultados de análise física e química do solo no local de estudo..... | 11 |
| Quadro 3-2: Tratamentos testados nos dois ensaios | 12 |
| Quadro 4-1: Efeito de N e K no rendimentos do milho, na ausência do P..... | 22 |
| Quadro 4-2: Efeito de N e K no rendimentos do milho, na presença do P..... | 23 |
| Quadro 4-3: Efeito do P no rendimento do milho..... | 24 |
| Quadro 4-4: Preços reais e nominais dos insumos e do grão do milho em Mt/kg..... | 25 |
| Quadro 4-5: Margem bruta em 1994 e 2001..... | 28 |
| Quadro 4-6: Preço e rendimento do milho no "break-even"..... | 29 |

LISTA DAS FIGURAS

| Figuras | Páginas |
|--|---------|
| Figura 3-1: Precipitação média da estação meteorologica da FAEF | 10 |
| Figura 4-1: Resposta do milho ao N | 23 |
| Figura 4-2: Resposta do milho ao P..... | 24 |
| Figura 4-3 Região técnica e económica de produção com o uso dos adubos | 27 |

LISTA DOS ANEXOS

| Anexos | Páginas |
|---|---------|
| ANEXO 1: Análise de variância da produção do ensaio sem aplicação do fósforo | 40 |
| ANEXO 2: Análise de variância da produção do ensaio com aplicação do fósforo..... | 40 |
| ANEXO 3: Análise de variância da produção dos dois ensaios..... | 41 |
| ANEXO 4: Coeficientes de regressão e os respectivos valores de "t" de student do ensaio sem P | 41 |
| ANEXO 5: Tabela de análise de variância da equação de regressão do ensaio com P...41 | |
| ANEXO 6: Coeficientes de regressão e os respectivos valores de "t" de student do ensaio com P | 42 |

| | | |
|-----------|---|----|
| ANEXO 7: | Tabela de análise de variância da equação de regressão do ensaio com P .. | 42 |
| ANEXO 8: | Preços do milho ao produtor em alguma distritos do sul do pais, em Mt/kg | 42 |
| ANEXO 9: | Preços dos adubos em meticais por sacco de 50 kg | 43 |
| ANEXO 10: | Indice de preço ao consumidor (IPC) 1994 - 2001..... | 43 |

AGRADECIMENTOS

Ficam agradecidos a todos os docentes da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, colegas, amigos e familiares que contribuíram directa e indirectamente para a realização e apresentação deste trabalho. Agradecimentos especiais vão para o Professor Doutor Gilead Mlay que tanto me encorajou moral e psicologicamente e me assistiu cientificamente para que este trabalho fosse realizado e apresentado.

Outros agradecimentos especiais vão para os representantes da World Vision Mozambique que tanto me apoiaram em recursos, principalmente transporte para Maputo e material dactilográfico. Por último agradeço o meu sobrinho, Padre Graciano Agostinho (falecido) que muitas vezes foi portador do trabalho escrito para entregar ao supervisor Professor Doutor Gilead Mlay para correcções, enquanto da minha estadia em Nampula.

SUMÁRIO

O milho é uma importante cultura alimentar para a maioria dos moçambicanos, contribuindo com 25% do total de calorias e 61% de calorias provenientes de todos os cereais. A fraça disponibilidade de água e de nutrientes no solo limitam a produção da cultura na zona sul do país. O milho da variedade matuba é largamente cultivado nesta zona pelos camponeses de pequenas escala, em sequeiro, devido a sua capacidade de tolerância à certos períodos de seca. Nas condições de baixa fertilidade de solos e em zonas onde as precipitações são também baixas, a adubação em quantidades moderadas combinada com o uso de variedades tolerantes a seca, constituem algumas das recomendações indispensáveis para melhorar o desempenho da cultura. A informação sobre a resposta da variedade matuba à adubação em sequeiro no sul ainda é escassa. O objectivo principal deste trabalho é analisar o desempenho do milho sob adubação cultivado em zonas de baixa aptidão agrícola em relação à escassez de chuvas.

Neste estudo foram conduzidos dois ensaios para testar a resposta do milho à aplicação de N, P e K. Em cada ensaio foram testados os adubos N e K num esquema factorial, sendo 4 níveis de de N (0, 100, 150 e 200 kg/ha) e 3 níveis de K (0, 80 e 150 kg/ha), tendo sido utilizados blocos completos casualizados com 3 repetições. O fósforo foi testado em 2 níveis (0, 30 kg/ha de P), sendo o nível 1 (0 kg/ha de P) aplicado no ensaio I e nível 2 (30 kg/ha) aplicado no ensaio II. Os ensaios foram conduzidos no campo experimental da FAEF da UEM em Maputo, na campanha agrícola de 1993/94. Os dados de rendimento dos dois ensaios foram submetidos à uma análise de variância (ANOVA) separadamente e depois, em conjunto. Para a análise de regressão foram usadas as médias dos tratamentos para estimar as funções de produção para cada um dos dois ensaios e a forma matemática assumida é a quadrática. Os preços e rendimento do milho no "break-even", foram determinados igualando o valor das receitas aos custos dos adubos N e K.

Foi constatado que perante as irregularidades das chuvas ocorridas durante o período da condução dos ensaios, em especial a sua distribuição, a prática de adubação não conseguiu resolver o problema de rendimento da cultura do milho produzido em sequeiro. E nas condições em que foram conduzidos estes ensaios (com 2 regas suplementares), permitiu constatar que a resposta do milho à aplicação dos adubos N e P resultou num aumento de rendimento desta cultura. Também permitiu constatar que a rentabilidade económica dos adubos N, P e K está fortemente condicionado pelos seus preços do que pelo preço do grão do milho, uma vez que o uso dos adubos foi rentável para os preços dos adubos de 1994 (baixos) e não rentável para os preços dos adubos de 2001 (elevados).

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO

Este capítulo vai debruçar-se sobre os antecedentes do milho em Moçambique onde vai abordar a importância da cultura em Moçambique, sistemas de produção utilizados, as variedades mais usadas especialmente na zona sul do País e dos constrangimentos obtidos na produção da cultura. Também são apresentados neste capítulo, o problema e objectivos do estudo.

1.1. Antecedentes do milho em Moçambique

O milho é alimento básico para a maioria dos moçambicanos. De acordo com INE (2001), o milho ocupa cerca de 40% da área total cultivada (3.925.325 ha) no País e é cultivado em todas as províncias. As pequenas explorações contribuem com 97,6% da área e as médias e grandes explorações ocupam cerca de 2% e 0,4%, respectivamente.

Nas pequenas explorações o milho é cultivado predominantemente consociado com outras culturas, na sua maioria leguminosas (feijões e amendoim). Neste sistema de produção, o milho pode aparecer como cultura principal ou secundária dependendo da sua importância na segurança alimentar da família. Para as produções em larga escala, onde o objectivo principal do produtor é comercializar o produto, o milho é cultivado em monocultura para permitir acomodar maior número de plantas por superfície de área cultivada.

Para as diferentes condições agro-ecológicas para o cultivo de milho em Moçambique, foram desenvolvidas algumas variedades através de um programa de selecção de variedades conduzido pelo Instituto Nacional de Investigação Agronómica (INIA) (Jimenez & Picciotto, 1988). Para a zona Sul, as variedades recomendadas são a Matuba e a Manica. Ambas variedades são de polinização aberta, sendo a Matuba de ciclo produtivo relativamente curto (100 - 120 dias) e Manica de ciclo longo (130-150 dias). Além destas variedades, é comum encontrar-se no sector familiar variedades locais não seleccionadas, com baixo potencial de rendimento (Bueno, 1991).

Embora as condições agro-climáticas do sul do País não sejam potencialmente favoráveis para a produção da cultura, devido às baixas precipitações (600 mm média anual) e à

falta de sistemas de regadio (com excepção de Chókwè e Moamba), o sector familiar tem produzido o milho em sequeiro, mesmo com os riscos de perder a cultura. Como consequência, os rendimentos obtidos por este sector são baixos, variando de 0,7 para 0,9 t/ha, muito abaixo dos rendimentos obtidos nos centros de investigação que variam de 5,0 para 6,5 t/ha (PROGRI, 1998).

1.2. O Problema do estudo

O milho é uma das importantes culturas para a segurança alimentar da maioria da população moçambicana (Howard *et al*, 2000). Contudo, a disponibilidade de água e de nutrientes, que são em parte determinados pelas condições prevalentes do clima e do solo, respectivamente, são os principais factores que limitam a sua produção na zona sul do País (Chaguala e Geurts, 1996; PROAGRI, 1998). As machambas são tipicamente caracterizadas por serem pequenas e intensivamente cultivadas resultando numa degradação da terra através do declínio da fertilidade e seu severo "stress" hídrico. A manutenção nutricional do solo, com o uso eficiente de todas as fontes disponíveis, nomeadamente adubos, compostos orgânicos, restos de vegetais e pousio melhorado, é uma opção importante e necessária para um aumento sustentável da produção e da produtividade da cultura (Geurts, 1997; Rötter e van Keulen, 1996). Resultados experimentais indicam que no médio prazo (menos de 15 anos) a aplicação de adubos lidera no aumento absoluto do rendimento do milho (Seligman e van Keulen, 1989; Seligman *et al*, 1992).

Nas zonas com baixa fertilidade de solos e baixas precipitações, a adubação em quantidades moderadas combinada com o uso de variedades tolerantes à seca constituem algumas das recomendações indispensáveis para melhorar o desempenho desta cultura (Boateng *et al*, 1998). Rötter e van Keulen (1996) encontraram uma redução significativa no risco da perda da cultura com aplicação de adubos no milho, em Katumani (Kenya), onde a precipitação anual foi de 450 mm

Na zona sul de Moçambique também predominam estas condições (solos pobres e pouca chuva) e o milho é cultivado em sequeiro pelos camponeses de pequena escala resultando em algumas vezes em perda total da cultura. A variedade largamente usada é Matuba que melhor se adapta às condições da zona, devido ao seu curto ciclo produtivo e ao seu

apreciável nível de tolerância aos pequenos períodos de seca (Jeje *et al*, 1998; Jimenz e Picciotto, 1988). Contudo, não há informação disponível do rendimento desta variedade quando é adubada em sequeiro. Os resultados existentes foram produzidos em condições de regadio, tendo mostrado melhores resultados à adubação quando comparada com outras variedades (Jimenz e Picciotto, 1988; Jimenz *et al*, 1990). Mas estes resultados não podem ser usados para fazer recomendações para o sector familiar que pratica uma agricultura de sequeiro, sendo necessário avaliar o rendimento desta variedade a adubação em condições similares às dos camponeses. Por outro lado, resultados existentes de ensaios sub condições de sequeiro foram feitos com outras variedades (SR52, Kalahari, Silver King, Silver mine e variedades locais) (Nunes, 1982; Woodhouse e Randle, 1983; Xavier e Hoogland, 1987).

É neste contexto que o estudo desenhado e conduzido na campanha 93/94 para avaliar o rendimento da variedade Matuba à adubação ainda possui resultados válidos e encontra oportunidade para ser apresentado. Com este estudo e perante as condições prevaletentes, pretende-se avaliar o efeito de adubação na redução do risco da perda da cultura em sequeiro. E, se o risco pode ser reduzido, determinar a dose mais apropriada para maximizar a margem bruta.

1.3. Objectivos

O objectivo principal deste trabalho é analisar o efeito da adubação no rendimento do milho Matuba no sequeiro.

Os objectivos específicos são:

- (a) Analisar a resposta do milho aos diferentes níveis de adubação de nitrogénio (N), potássio (K) e fósforo (P) no rendimento;
- (b) Determinar as doses económicas dos adubabos na produção do milho; e
- (c) Analisar o efeito da variação de preços e estimar o "break- even" sobre o preço e rendimento do milho nos anos de 1994 e 2001.

CAPÍTULO II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo está subdividido em 5 secções. Na secção 2.1 vai se tratar sobre as condições potenciais para o cultivo do milho, no geral e no caso particular para a situação de Moçambique. Na secção 2.2 vão ser tratadas algumas estratégias de manejo do solo para o melhoramento da fertilidade. Na secção 2.3 aborda a importância dos nutrientes N, P e K no desenvolvimento da cultura quando estes estão disponíveis no solo em quantidades apropriadas e analisar as circunstâncias em que estes podem dar o melhor efeito para a cultura do milho. Na secção 2.4 são apresentadas as doses economicamente ótimas recomendadas baseadas nos preços da campanha de 93/94, podendo estas doses serem reajustadas na medida em que a proporção entre preços dos adubos e do milho mudarem significativamente. Finalmente, a secção 2.5 apresenta resultados de alguns ensaios de adubação achados relevantes para servir de termo de referência para este estudo.

2.1. Condições potenciais para o cultivo do milho

O milho é adaptado a grandes variações de solos, podendo ser cultivado em solos "Chernozems" que são dos mais férteis do mundo e existentes em climas temperados húmidos e muito ricos em matéria orgânica e nitrogénio; em "Latossolos" que são solos fortemente meteorizados e lavados por chuvas intensas, por isso, pobres em elementos nutritivos; e ainda em solos de climas áridos que não sofrendo de lavagem por falta de chuva, acumulam à superfície elementos nutritivos necessários para o desenvolvimento da planta (Vicente, 1987). Em zonas onde a precipitação varia de 250 mm para 5000 mm anuais possibilitam o cultivo da cultura, todavia com o mínimo de 200 mm é indispensável a irrigação para produzir a cultura (Faria e Santos, 1991).

Em Moçambique, os melhores resultados de produção de milho são obtidos nos planaltos com altitudes acima dos 500 metros e com clima variando entre húmido a semi-húmido. Nestes ambientes os rendimentos podem variar entre 3,1 e 6,5 t/ha dependendo do tipo de solos, precipitação e nível de utilização de insumos para a produção da cultura (Bueno, 1991; Geurts, 1997).

Os principais constrangimentos para o sucesso da produção do milho na zona Sul do País são o défice hídrico e a falta de um manejo apropriado da fertilidade do solo. Estas condições associadas com o uso de práticas inadequadas de produção têm afectado negativamente o rendimento da cultura (Boateng, *et al*, 1998). O manejo do solo na zona Sul do País é caracterizado por cultivo contínuo de cereais no mesmo espaço de terra, pouca aplicação de adubos inorgânicos, estrumes e resíduos de culturas. Para melhorar o manejo do défice hídrico e da fertilidade de solo tem sido recomendado a introdução e testagem de variedades exóticas e locais com vista seleccionar a variedade que se adapta as condições da zona e investigar as diferentes estratégias do manejo integrado da fertilidade do solo baseado nas combinações das fontes de matéria orgânica localmente disponíveis e uma apropriada adição de adubos inorgânicos (Boateng, *et al*, 1998).

Segundo Geurts (1997), em Moçambique, os rendimentos obtidos com adubação variam de um tipo de solo para outro. Em solos arenosos os rendimentos são mais baixos variando de 0,5 para 1,0 t/ha; para solos lixisolos variam de 1,6 para 1,8 t/ha; em luvisolos de 3,6 para 3,8 t/ha; em acrisolos de 5,6 para 5,8 t/ha ; e os melhores resultados foram obtidos nos solos ferrasolos com 6,0 à 6,3 t/ha. O mesmo autor refere ainda que a maior altitude e precipitação conferem geralmente rendimentos e respostas a adubação maiores.

2.2. Alguns determinantes para adopção dum método de manejo do solo

Dos vários métodos de melhoramento da fertilidade do solo nomeadamente: (i) adubação inorgânica, (ii) aplicação de compostos orgânicos e "mulching", (iii) pousio melhorado e (iv) conservação de solo; o método adoptado por um agregado familiar depende, de entre outros factores, do valor das vendas dos produtos agrícolas, do tamanho da machamba e do nível educacional do chefe do agregado familiar (Ohlsson *et al*, 1998).

Resultados obtidos por Ohlsson *et al* (1998) em Kenya, indicaram que nos agregados com elevado nível educacional, usam mais a adubação inorgânica como o principal método para melhorar a fertilidade dos solos. A obtenção de receitas provenientes das vendas de produtos agrícolas foi um factor determinante para a decisão no manejo da fertilidade do solo no curto prazo, porque estas receitas fornecem ao camponês um

incentivo para comprar insumos, especialmente adubos inorgânicos (Ohlsson *et al.*, 1998).

Muitos produtores do Sul do País tem pequenas explorações (INE, 2001), na sua maioria com solos arenosos e com problemas de fertilidade de solos (Woodhouse e Randle, 1983). Por esta razão, os produtores têm grande pressão para melhorar a fertilidade das suas machambas adoptando tecnologias intensivas de melhoramento de solos, por exemplo adubação, com vista a manter os níveis de produção no curto e no longo prazos (Boserup, 1981).

2.3. Importância do nitrogénio, potássio e fósforo no desenvolvimento da cultura

A aplicação dos adubos nitrogénio, potássio e fósforo próximo da linha de sementeira do milho, facilita a sua absorção e acelera o desenvolvimento vigoroso da planta e aumenta a profundidade do sistema radicular no solo (Barry e Miller, 1989). Para determinados tipos de solos, as melhores respostas à adubação do milho são obtidos nas zonas onde ocorrem maiores precipitações ou nos locais onde a rega constitui a principal fonte de água (Geurts, 1997).

O fósforo apresenta menor mobilidade no solo. Por esta razão, os melhores resultados de absorção têm sido obtidos quando a sua aplicação é localizada em faixas ao longo da linha de sementeira (Stanford e Nelson, 1949). No entanto, a mais eficiente absorção do fósforo ocorre na presença de quantidades adequadas de nitrogénio no solo, isto porque o nitrogénio estimula a ramificação do sistema radicular das plantas resultando numa melhor distribuição das raízes num volume maior de solo, estabelecendo deste modo maior contacto com o fósforo existente no solo (Rezende *et al.*, 1994; Fan e MacKenzie, 1994). Geralmente a adubação fosfatada em solos secos tem um efeito positivo sobre a produção (de Wit, 1993).

A localização de potássio ajuda o aumento da concentração do mesmo na planta e nos solos com baixo K-trocável, especialmente em campos de mínimo-tilage (Yibirin *et al.*, 1993). As plantas deficientes em potássio tem turgidez reduzida e não resistem ao défice

hídrico no solo, tornando-se susceptíveis aos fungos e ao acamamento reduzindo o rendimento e a qualidade do produto (Rezende *et al*, 1994).

O nitrogénio é um elemento que se encontra em maior quantidade na matéria seca do milho, sendo por isso, um dos principais contribuintes na formação do rendimento da cultura (Medeiro e Silva, 1975) e o seu fornecimento nas plantas promove o desenvolvimento da área foliar, atrasa a senescência das folhas e aumenta a capacidade fotossintética da canopia (Murata, 1969; Lugg e Sinclair, 1981). A utilização de nitrogénio (extração e translocação) no milho está sob controle genético e existem variações entre diferentes genótipos do milho na utilização deste elemento (Harvey, 1939; Pollmer *et al.*, 1979). No entanto, a absorção do nitrogénio é pequena nos primeiros 30 dias, vindo aumentar progressivamente até taxas superiores à 4,5 kg/ha/dia durante a época de floração (Paiva *et al*, 1993). Pereira *et al* (1981) observaram que o teor de matéria seca na planta e do rendimento do milho cresce com o aumento das doses de nitrogénio e do seu parcelamento (180 kg de N/ha, parcelado em duas vezes).

2.4. Doses recomendadas para o milho em Moçambique

Com a redução progressiva da fertilidade dos solos aráveis, a manutenção do balanço nutricional nos solos através do uso eficiente e contínuo dos adubos inorgânicos e orgânicos pelos camponeses continua a ser uma opção importante para garantir o aumento da produção e da produtividade das culturas (Baligar e Bennett, 1986; Vlek, 1990; Smaling, 1993).

Com base nas análises económicas feitas nos resultados dos diferentes ensaios de adubação conduzidos no país, Geurts (1997) concluiu que há em Moçambique zonas onde o uso de adubos pode ser economicamente viável e as doses recomendadas para as diferentes condições de chuvas, solos e ciclo da cultura são apresentadas no quadro 2-1. Neste quadro, não são apresentadas as recomendações de adubação com o potássio porque os ensaios executados em Moçambique que incluem este elemento são escassos e somente em raros casos foi encontrada uma resposta significativa no rendimento (Geurts, 1997).

Segundo Geurts (1997), as recomendações feitas basearam-se nas análises económicas utilizando os preços do milho da campanha 1993/94 obtidos nos Boletins Mensais de Informação do Mercado. Estes boletins fornecem dados de preços dos produtos comercializados em Moçambique. Os preços dos adubos utilizados nesta análise também foram referentes à mesma campanha, sendo para ureia 2400 Mt/kg de N, utilizado para todas as províncias da zona Norte e Centro do País e 1800 Mt/kg de N utilizado para as províncias da zona Sul do País, igualmente estes preços foram utilizados para 1 kg de P_2O_5 .

Quadro 2-1: Doses económicas recomendadas para o milho em Moçambique

| Precipitação o (mm) | Tipo de solo | Fonte de água | Ciclo da variedade (dias) | Doses económicas (kg/ha) | |
|------------------------|--------------|------------------|---------------------------------|--------------------------|-------|
| | | | | N | P |
| 0-600 | Fluvisol | Regadio | 138 | 80 | 0 |
| 600-800 | Arenosol | Sequeiro | - | 0 | 40 |
| | Acrisol | Sequeiro | - | 100 | 30 |
| | Fluvisol | Regadio | 148-149 | 60-90 | 0 |
| | Luvisol | Regadio | 145 | 80 | 40 |
| 800-1200 | Arenosol | Sequeiro | 112-146 | 0-60 | 40 |
| | Lixisol | Sequeiro | 125-170 | 30-90 | 30-60 |
| | Ferralsol | Sequeiro | 136-189 | 50-100 | 0-40 |
| | Luvisol | Sequeiro | 125 | 50 | 0 |
| | Nitisol | Sequeiro | 132 | 80 | 60 |
| | Acrisol | Sequeiro | 142 | 100 | 60 |
| > 1200 | Acrisol | Sequeiro | - | 100 | 60 |

Fonte: Geurts (1997)

Como é óbvio, tanto o preço dos produtos como o preço dos insumos de produção estão sujeitos a oscilações ano após ano e as variações dos preços nem sempre são proporcionais, podendo, na maioria dos casos, o preço dos insumos ter aumentos relativamente mais altos do que o preço dos produtos. É nesta ordem que uma análise económica actualizada é sempre necessária.

2.5. Ensaio de adubação do milho em Moçambique

O nitrogénio é um dos principais factores limitantes para a produção do milho no país, dado a sua deficiência mostrada por todos os solos onde a cultura de milho tem sido praticada (Nunes, 1982). Por esta razão, a adubação com o nitrogénio tem aumentado significativamente os rendimentos da cultura atingindo níveis de produção de 6,5 t/ha, para níveis de adubação de até 210 kg de N/ha. Por outro lado, o nível de resposta do milho à adubação tem estado relacionado com a variedade utilizada. Por exemplo, as variedades Kalahari, SR52 e a Silver King utilizadas nos ensaios de adubação (1979 - 1982) diferiram significativamente no rendimento (Woodhouse e Randle, 1983).

Jimenez e Picciotto (1988), referiram que o programa de ensaios feitos nas estações experimentais e nas machambas de camponeses, permitiu dispor a variedade Matuba como a que melhor se adapta às condições do sul do país relativamente às variedades anteriormente difundidas (Kalahari, Silver King e a SR52). Esta variedade é de ciclo curto (100 dias no período quente e 120 dias no período fresco) e tem tido uma maior estabilidade na produção mesmo nas condições adversas, podendo tolerar as situações de seca.

De acordo com Chaguala e Geurts (1996), o fosforo é o nutriente mais importante na adubação do milho por ser o factor mais limitante nos solos arenosos da faixa costeira do Sul do rio Save. Xavier e Hoogland (1987), utilizando uma variedade local do milho nos ensaios, verificaram que a adubação com o fósforo nas machambas e em condições de sequeiro, aumentou significativamente o rendimento da cultura, e análise económica mostrou que a aplicação de 40 Kg/ha de P_2O_5 começava a ser rentável.

A adubação com potássio não tem mostrado efeitos significativos nos solos moçambicanos. De facto, Chaguala e Geurts (1996) não encontraram resultados significativos à adubação potássica numa série de ensaios conduzidos entre os anos 1950-1965 em solos arenosos no sul do país (Inhacoongo, Distrito de Inhambane), facto que foi considerado de estranho, uma vez que a análise do solo indicava valores de 0.1 meq de K trocável/100 g do solo, abaixo do normal (>0.2 meq de K trocável/100 g de solo). Todavia, e embora os resultados de adubação com potássio têm mostrado baixos índices de resposta no rendimento do milho, altos níveis deste elemento no solo possibilitam às plantas a utilização de maiores proporções de nitrogénio suprido na forma de $N-NH_4^+$.

CAPÍTULO III. MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo é composto por 4 secções. Na secção 3.1 caracterização edafo-climática da zona de estudo, será analisada a situação de chuvas e da fertilidade dos solos; na secção 3.2 são apresentados os tratamentos e o desenho experimental usados neste estudo; na secção 3.3 são indicados os dados recolhidos e respectivas transformações; e finalmente na secção 3.4 são apresentados os métodos de análise dos dados recolhidos. Incluem nestes métodos de análise de dados, a análise de variância, de regressão e análise económica.

3.1. Caracterização edafo-climática da zona de estudo

O estudo foi conduzido no Campo Experimental da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal (FAEF) da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), situada na Sede capital da província de Maputo, Sul de Moçambique. A localização geográfica da Sede capital de Maputo é 25° 58" Sul, 32° 36" Este e tem uma altitude de 60 metros a partir do nível médio das águas do mar (MINED, 1997).

A figura 3-1 apresenta a situação de chuvas nas campanhas 92/93 e 93/94 e a média de 10 anos. A precipitação ocorrida na campanha 93/94 foi inferior à média de 10 anos. A

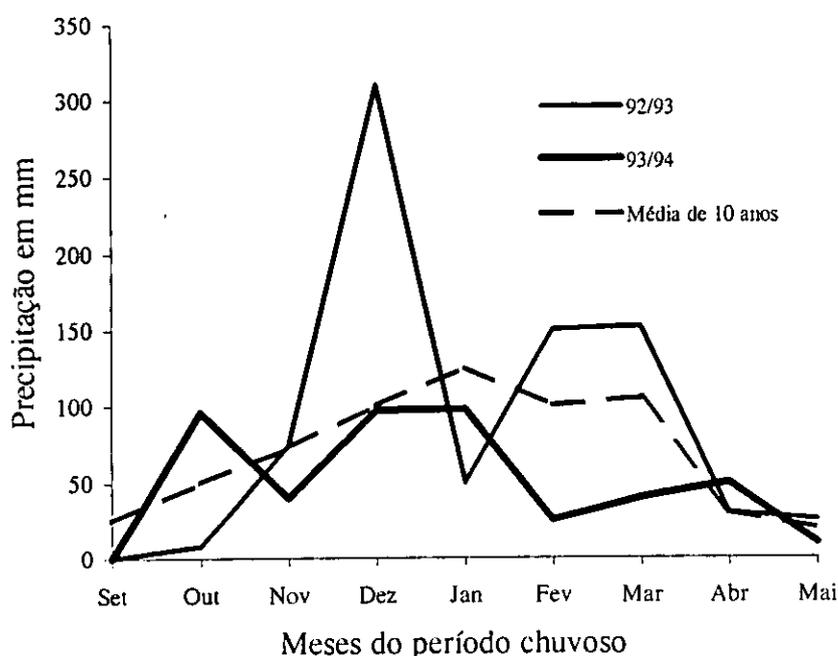


Figura 3-1: Precipitação da estação meteorológica da FAEF da UEM

estação chuvosa é de Novembro/Dezembro à Março/Abril, embora possam ocorrer períodos de chuvas nos restantes meses do ano. A precipitação média anual mais frequente nesta zona varia de 600 para 800 mm por ano e a sua distribuição ao longo da estação é irregular e errática. A tendência da estação chuvosa ser interrompida por períodos secos é ainda muito forte, e a condição de a chuva cair durante um período contínuo (100 - 120 dias) tem uma probabilidade de somente 30%, e isso juntado a baixa pluviosidade anual torna a zona marginal para uma agricultura de sequeiro (Chaguala e Geurts, 1996). Os ensaios foram conduzidos na campanha 93/94, durante a época chuvosa.

O quadro 3-1 apresenta os resultados de análise física e química do solo no local do ensaio. O conteúdo da matéria orgânica foi determinada pelo método Walkley e Black, o nitrogénio pelo método de Kejdahl, o potássio pelo método de Espectrofotometria de chama e o fósforo pelo método de Bray. Crivos de tamanhos diversos foram usados para determinar a composição física do solo.

Quadro 3-1: Resultados de análise física e química do solo no local do ensaio

| Análise | Areia | Limo | Argila | | |
|------------|-----------|-----------|--------|------|-----------------|
| física (%) | 84.80 | 5.28 | 10.73 | | |
| | P (mg/kg) | K (mg/kg) | N | MO | P ^{II} |
| Análise | de solo | de solo | (%) | (%) | |
| química | 0.62 | 0.35 | 0.03 | 0.48 | 6.2 |

Os resultados de análise do solo indicam que o local apresenta solos arenosos e pobres, típicos da zona sul do país, com baixas quantidades de nitrogénio, matéria orgânica (MO), potássio e fósforo (quadro 3-1) para as necessidades nutricionais do milho (Raij, 1988). Com base nestes resultados foram definidas as doses dos adubos N, P e K que constituíram os tratamentos dos ensaios.

3.2. Tratamentos e desenho experimental

Para evitar um número elevado de tratamentos neste experimento, foram conduzidos dois ensaios com a finalidade de testar a resposta do milho à adubação com nitrogénio, fósforo e potássio. Em cada um dos ensaios foram testados os adubos nitrogénio e

potássio num esquema factorial, sendo 4 níveis de nitrogénio (0, 100, 150 e 200 kg/ha de N) e 3 níveis de potássio (0, 80 e 150 kg/ha de K_2O). O fósforo foi considerado em 2 níveis (0, 30 kg/ha de P_2O_5), sendo o primeiro nível (0 kg/ha de P_2O_5) aplicado no ensaio I e o segundo nível (30 kg/ha de P_2O_5) aplicado no ensaio II. O quadro 3-2 apresenta os tratamentos testados nos dois ensaios. Em ambos ensaios foram testadas as mesmas formas dos adubos acima indicados, sendo para o N usado na forma de ureia (46% de N), o K forma de cloreto de potássio (50% de K_2O) e P na forma de superfosfato triplo (45% de P_2O_5).

Quadro 3-2: Tratamentos testados nos dois ensaios

| Ensaio I, sem P (0 kg/ha) | Ensaio II, com P (30 kg/ha) |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1. 0N+0K controle | 1. 0N+0K |
| 2. 0N+80K | 2. 0N+80K |
| 3. 0N+150K | 3. 0N+150K |
| 4. 100N+0K | 4. 100N+0K |
| 5. 100N+80K | 5. 100N+80K |
| 6. 100N+150K | 6. 100N+150K |
| 7. 150N+0K | 7. 150N+0K |
| 8. 150N+80K | 8. 150N+80K |
| 9. 150N+150K | 9. 150N+150K |
| 10. 200N+0K | 10. 200N+0K |
| 11. 200N+80K | 11. 200N+80K |
| 12. 200N+150K | 12. 200N+150K |

O adubo fosfatado foi aplicado em fundo e a adubação nitrogenada e potássica foi aplicada em maneira escalonada sendo 1/3 das doses totais aplicadas em fundo e os restantes 2/3 aplicado em cobertura, aos 35 dias após a emergência. Os ensaios tinham sido desenhados para serem conduzidos em sequeiro, condição similar à maioria dos camponeses, mas devido a ocorrência de períodos secos prolongados durante o crescimento da cultura foram feitas duas regas para evitar a perda total dos ensaios (figura 3-1). Da mesma forma foi realizada uma aplicação de um insecticida (Cipermetrina) na razão de 200 ml/ha sobre o funil das plantas para a prevenção contra a broca de milho. O controle de infestantes foi feito mediante a realização de 3 sachas manuais.

3.3. Dados recolhidos e transformações

Para análise técnica da resposta do milho ao efeito dos adubos aplicados, foi registado o peso do grão do milho produzido pelos diferentes tratamentos. Para a análise económica foram registados os preços dos adubos e do grão do milho, de semente e de insecticida.

O peso do grão obtido na área útil ($4,0\text{m} \times 1,5\text{m} = 6,0 \text{ m}^2$), foi convertido para uma produção de um hectare como se mostra na equação (3.1).

$$\text{Rendimento (kg/ha)} = \frac{\text{Peso do grão na área útil (kg)}}{\text{Área útil (m}^2\text{)}} \times 10\,000 \text{ (m}^2\text{)}; \quad (3.1)$$

A produção obtida foi corrigido à humidade de 12%, segundo a equação (3.2).

$$P_f = \frac{P_i \times (100 - h_i)}{(100 - 12)} \quad (3.2)$$

Onde: P_i = Peso inicial em kg

h_i = Humidade inicial em %

P_f = Peso final em kg

Foram registados os preços do milho e dos insumos utilizados na campanha 1993/94, ano em que foi conduzido este estudo. Para actualizar os resultados económicos foram também recolhidos os preços na campanha 2001/2002, a qual foi feita a análise dos dados deste estudo. Para permitir comparações, os preços nominais foram convertidos em preços reais com a base no mês de Dezembro de 2001, segundo a equação (3.3).

$$P_{r \text{ base}} = \frac{\text{IPC}_{\text{base}}}{\text{IPC}_{\text{referência}}} \times P_{n \text{ referência}} \quad (3.3)$$

Onde: $P_{r \text{ base}}$ = Preço real no ano base, em Mt/kg;

$P_{n \text{ referência}}$ = Preço nominal no ano de referência, em Mt/kg; e

IPC_{base} e $IPC_{referência}$ = Índice geral de preço ao consumidor nos anos de base e de referência, respectivamente.

Os preços dos nutrientes N, P, e K foram obtidos mediante a equação (3.4), que converte o preço do adubo para o preço do nutriente.

$$\text{Preço do nutriente (Mt/kg)} = \frac{\text{Preço do adubo (Mt/kg)}}{\% \text{ do nutriente no adubo}} \quad (3.4)$$

3.4. Método de análise dos dados

a) Análise de variância

Os dados de rendimento obtidos nos dois ensaios foram submetidos à uma análise de variância (ANOVA), separadamente e depois, em conjunto. Para esta análise, foi usado o programa de MSTATC baseado nos modelos estatísticos apresentados pelas equações (3.5) e (3.6).

Para a análise separada da variância, foi usado o modelo estatístico que é mostrado na equação (3.5).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + (\beta \cdot \delta)_{jk} + \epsilon_{ijk}; \quad \epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2) \quad (3.5)$$

Onde:

Y_{ijk} = Rendimento observado no bloco i que recebeu o nível j do adubo N, o nível k do adubo K; com (i = 1, 2, 3), (j=1, 2, 3, 4) e (k=1, 2, 3);

μ = Média geral;

α_i = Efeito do bloco i;

β_j = Efeito do nível j do N;

δ_k = Efeito do nível k do K;

$(\beta \cdot \delta)_{jk}$ = Efeito da interação entre N x K;

ϵ_{ijk} = Termo de erro.

E a análise conjunta, foi feita com base no modelo estatístico apresentado pela equação (3.6).

$$Y_{ijkz} = \mu + \alpha_z + \varphi_i + \beta_j + \delta_k + (\beta.\delta)_{jk} + (\delta.\alpha)_{kz} + (\beta.\alpha)_{jz} + (\delta.\beta.\alpha)_{jkz} + \varepsilon_{ijkz};$$
$$\varepsilon_{ijkz} \sim N(0, \sigma^2) \quad (3.6)$$

Onde:

Y_{ijkz} = Rendimento observado no local z dentro do bloco i que recebeu o nível j do adubo N e o nível k do adubo K ; com (i=1, 2, 3), (j=1, 2, 3, 4), (k=1, 2, 3) e (z = 1, 2). Em que o local z representa os níveis do adubo P.

μ = Média geral;

α_z = Efeito do local z;

φ_i = Efeito do bloco i;

β_j = Efeito do nível j do adubo N;

δ_k = Efeito do nível k do adubo K;

$(\beta.\delta)_{jk}$ = Efeito da interação entre N e K;

$(\beta.\alpha)_{jz}$ = Efeito da interação entre N e P;

$(\delta.\alpha)_{kz}$ = Efeito da interação entre K e P;

$(\delta.\beta.\alpha)_{jkz}$ = Efeito da interação entre N x K x P;

ε_{ijkz} = Termo de erro.

Onde o teste F mostrou diferenças significativas foi usado o teste múltiplo de Duncan, para comparar as médias dos tratamentos.

b) Análise de regressão

Foi feita uma análise de regressão múltipla usando as médias dos tratamentos para estimar as funções de produção nos dois ensaios (separadamente), relacionando as quantidades aplicadas de N e K no rendimento do grão de milho. A forma matemática assumida para descrever a função de produção para este estudo é quadrática, apresentada na equação (3.7), que tem sido a mais preferida para representar o efeito de adubação na produção

de culturas, por ela apresentar boas aproximações para muitos processos produtivos na agricultura e ser ajustável a todas as relações técnicas entre os factores aplicados e a produção (Fernandes *et al*, 1991).

$$Y_n = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 K + \beta_3 N^2 + \beta_4 K^2 + \beta_5 NK \quad (3.7)$$

Onde:

Y_n = Representa a produção em kgs/ha

N = Quantidade de N em kgs/ha

K = Quantidade de K em kgs/ha

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = Coeficientes a serem estimados.

Sendo N e K tecnicamente complementares, então β_1 e $\beta_2 > 0$; β_3 e $\beta_4 < 0$; e $\beta_5 > 0$

A partir da função de produção, o modelo de regressão apresentado pela equação (3.8) foi estimado pelo método dos mínimos quadrados.

$$Y_n = \beta_0 + \beta_1 N_n + \beta_2 K_n + \beta_3 N_n^2 + \beta_4 K_n^2 + \beta_5 (NK)_n + \varepsilon_n \quad \varepsilon_n \sim N(0, \sigma^2) \quad (3.8)$$

Onde:

Y_n = Produção em kg/ha;

β_0 = Intercepto;

N = Nitrogénio aplicado em kg/ha;

K = Potássio aplicado em kg/ha;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ = São coeficientes de regressão;

ε_n = Termo de erro.

c) Análise económica

i. Região económica

A região económica é delimitada pelas isóclínicas de fronteira, que definem, no mapa de isoquantas, os pontos que têm inclinação zero ou inclinação não definida. As equações

destas isóclinas são obtidas a partir das condições da primeira ordem da função de produção mostrada na equação (3.7). As isóclinas de fronteira para N e K são apresentadas pelas equações (3.10) e (3.11), respectivamente.

Isoclina de fronteira para N:

$$\frac{\delta Y}{\delta N} = \beta_1 + 2\beta_3 N + \beta_5 K = 0$$

$$N = \frac{-\beta_1 - \beta_5 K}{2\beta_3} \quad (3.10)$$

Isoclina de fronteira para K:

$$\frac{\delta Y}{\delta K} = \beta_2 + 2\beta_4 K + \beta_5 N = 0$$

$$K = \frac{-\beta_2 - \beta_5 N}{2\beta_4} \quad (3.11)$$

As quantidade de N e K que maximizam a produção são obtidas a partir das condições da primeira ordem da função de produção apresentada pela equação (3.7)

$$\frac{\delta Y}{\delta N} = PFM_n = \beta_1 + 2\beta_3 N + \beta_5 K = 0$$

e

$$\frac{\delta Y}{\delta K} = PFM_k = \beta_2 + 2\beta_4 K + \beta_5 N = 0$$

$$N = \frac{[\beta_2 \beta_5 - 2\beta_1 \beta_4]}{[4\beta_3 \beta_4 - \beta_5^2]} \quad (3.12)$$

$$K = \frac{[\beta_1 \beta_5 - 2\beta_2 \beta_3]}{[4\beta_3 \beta_4 - \beta_5^2]} \quad (3.13)$$

ii. Caminho de expansão

O caminho de expansão mostra a relação dos factores combinados que minimizam os custos a um dado nível de produção. A sua equação foi determinada a partir das condições da primeira ordem para minimizar os custos condicionados, equações (3.14) à (3.20).

$$\text{Minimize: } P_n N + P_k K \quad (3.14)$$

$$\text{Sujeito à: } Y_0 = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 K + \beta_3 N^2 + \beta_4 K^2 + \beta_5 NK \quad (3.15)$$

$$M = P_n N + P_k K + \mu(Y_0 - (\beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 K + \beta_3 N^2 + \beta_4 K^2 + \beta_5 NK)) \quad (3.16)$$

$$\frac{\delta M}{\delta N} = P_n - \mu(\beta_1 + 2\beta_3 N + \beta_5 K) = 0 \quad (3.17)$$

$$\frac{\delta M}{\delta K} = P_k - \mu(\beta_2 + 2\beta_4 K + \beta_5 N) = 0; \text{ ou} \quad (3.18)$$

$$\frac{(\beta_1 + 2\beta_3 N + \beta_5 K)}{(\beta_2 + 2\beta_4 K + \beta_5 N)} = \frac{P_n}{P_k} \quad (3.19)$$

$$N = \frac{[\beta_1 P_k - \beta_2 P_n + (-2\beta_4 P_n + \beta_5 P_k)K]}{[-2\beta_3 P_k + \beta_5 P_n]} \quad (3.20)$$

iii. Funções de procura para N e K e produção economicamente óptima

Assumindo que o objectivo do produtor é maximizar a margem bruta (Π) e que os mercados dos adubos e do milho são de concorrência perfeita, a margem bruta será calculada na base da equação (3.21).

$$\Pi = RT - CV$$

$$\Pi = P_y(\beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 K + \beta_3 N^2 + \beta_4 K^2 + \beta_5 NK) - P_n N - P_k K \quad (3.21)$$

Onde:

RT = Receita total em Mt/ha;

CV = Custos variáveis em Mt/ha;

P_y = Preço do produto Y em Mt; e

P_n e P_k = Preços dos adubos N e K em Mt, respectivamente.

Para determinar o ponto em que a margem bruta atinge o seu máximo, serão usadas as condições de primeira ordem da função da margem bruta apresentada pela equação (3.21). A partir destas equações são obtidas as funções de procura para o N e o K representadas pelas equações (3.22) e (3.23), sujeitas as restrições impostas pelas equações (3.24) à (3.27).

$$\frac{\delta \Pi}{\delta N} = P_y(\beta_1 + 2\beta_3 N + \beta_5 K) - P_n = 0$$

$$\frac{\delta \Pi}{\delta K} = P_y(\beta_2 + 2\beta_4 K + \beta_5 N) - P_k = 0$$

$$N^* = \frac{[2\beta_3 P_n - 2\beta_3 \beta_1 P_y - \beta_5 P_k + \beta_2 \beta_5 P_y]}{[P_y(4\beta_3 \beta_4 - \beta_5^2)]} \quad (3.22)$$

$$K^* = \frac{[2\beta_4 P_k - 2\beta_4 \beta_2 P_y - \beta_5 P_n + \beta_1 \beta_5 P_y]}{[P_y(4\beta_3 \beta_4 - \beta_5^2)]} \quad (3.23)$$

Se:

$$\frac{\delta N^*}{\delta P_n} = \frac{2\beta_3}{[P_y(4\beta_3 \beta_4 - \beta_5^2)]} < 0 \quad (3.24)$$

$$\frac{\delta N^*}{\delta P_k} = \frac{-\beta_5}{[P_y(4\beta_3 \beta_4 - \beta_5^2)]} < 0 \quad (3.25)$$

$$\frac{\delta K^*}{\delta P_n} = \frac{-\beta_5}{[P_y(4\beta_3\beta_4 - \beta_5^2)]} < 0 \quad (3.26)$$

$$\frac{\delta K^*}{\delta P_k} = \frac{2\beta_4}{[P_y(4\beta_3\beta_4 - \beta_5^2)]} < 0 \quad (3.27)$$

Conhecidos os preços do milho e dos adubos, as quantidades de N e K que vão maximizar a margem bruta podem ser estabelecidos a partir das funções de procura. Usando estas quantidades na função de produção, será obtida a produção óptima (Y^*) em termos económicos, equação (3.28).

$$Y^* = \beta_0 + \beta_1 N^* + \beta_2 K^* + \beta_3 N^{*2} + \beta_4 K^{*2} + \beta_5 N^* K^* \quad (3.28)$$

As condições da segunda ordem para maximizar a margem bruta com o uso dos adubos são apresentadas pelas equações de (3.29) e (3.30) e a condição total pela equação (3.31).

$$\frac{\delta^2 \Pi}{\delta N^2} < 0 \text{ ou } 2P_y \beta_3 < 0 \quad \text{e} \quad \frac{\delta^2 \Pi}{\delta K^2} < 0 \text{ ou } 2P_y \beta_4 < 0; \quad (3.29)$$

$$\frac{\delta^2 \Pi}{\delta N^2} \times \frac{\delta^2 \Pi}{\delta K^2} - \frac{\delta^2 \Pi}{\delta N \delta K} \times \frac{\delta^2 \Pi}{\delta K \delta N} > 0 \text{ ou } 4P_y^2 \beta_3 \beta_4 - (P_y \beta_5)^2 > 0 \quad (3.30)$$

$$RT > CV \quad (3.31)$$

iv. *Análise do "Break-even"*

O "break-even" sendo uma situação em que a margem bruta é zero ($\Pi=0$), resultado da igualdade entre os custos dos adubos envolvidos na produção de determinada quantidade do milho e as receitas provenientes da venda desse milho, é condição que para que o uso de adubos seja rentável o preço do milho ou o seu rendimento sejam superiores aos observados no ponto do "break-even".

$$\Pi = RT - CV = P_y Y - (P_n N + P_k K) = 0$$

$$P_y Y = P_n N + P_k K \quad (3.32)$$

Onde: P_y = Preço do milho em Mt/kg;

Y = Rendimento em kg/ha

P_n e P_k = Preço dos adubos N e K em Mt; e

N e K = Quantidades de N e K (kg/ha) que maximizam a margem bruta.

Preço do milho

Preço do milho abaixo do qual o camponês pode ficar prejudicado, se os preços dos adubos e rendimento do milho permanecerem no mesmo nível.

$$P_y = \frac{P_n N + P_k K}{Y} \quad (3.33)$$

Rendimento do milho

Rendimento abaixo do qual o camponês pode ficar prejudicado, se os preços dos adubos e do milho forem constantes.

$$Y = \frac{P_n N + P_k K}{P_y} \quad (3.34)$$

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Nas secções que se seguem são apresentados os resultados obtidos no milho com adubação. Nas secções 4.1 e 4.2 são examinados os efeitos dos diferentes níveis de nitrogénio e potássio e de fósforo, respectivamente, no rendimento do milho. Na secção 4.3 são analisados os resultados económicos de adubação desta cultura.

4.1. Efeito de N e K no rendimento do milho

Nesta secção são apresentados os resultados dos efeitos dos diferentes níveis de N e K no rendimento do milho para os dois ensaios. Os quadros 4-1 e 4-2 apresentam os rendimentos médios do milho como resultado de aplicação dos diferentes níveis de N e K para os ensaios sem P e com P, respectivamente. No ensaio sem aplicação de P (quadro 4-1), os rendimentos médios variaram de 487 para 1.395 kg/ha, enquanto que no ensaio com aplicação do P (quadro 4-2), estes variaram de 878 para 1.922 kg/ha.

Quadro 4-1: Efeito de N e K no rendimentos do milho, na ausência do P.

| | | Rendimento médio, em kg/ha | | | | |
|--------------------|-----|----------------------------|-------|----------|---------|-----------|
| | | Níveis de Nitrogénio | | | | |
| | | 0 | 100 | 150 | 200 | Médias 1/ |
| Níveis de Potássio | 0 | 737 | 870 | 1.265 | 1.086 | 989 A |
| | 80 | 541 | 1.133 | 992 | 1.140 | 951 A |
| | 150 | 487 | 790 | 1.152 | 1.395 | 956 A |
| Médias 1/ | | 588 a | 931 b | 1.136 bc | 1.207 c | |

1/ Nas linhas ou columnas, médias seguidas pela mesma letra não são diferentes ao nível de significancia de 5%. $C_v = 27,0$

Os diferentes níveis de N aplicados tiveram efeitos significativos no rendimento do grão do milho ($p < 0,01$) em ambos ensaios. Todos os tratamentos de N tiveram rendimentos significativamente superiores ao control, enquanto que a aplicação de K não teve nenhum efeito significativo ($P > 0,05$) no rendimento (quadro 4-1). Ambos ensaios não foi detectada uma interacção significativa entre os adubos N e K.

Comparando os tratamentos com N no ensaio sem aplicação de P (quadro 4-1), a

Quadro 4-2: Efeito de N e K no rendimentos do milho, na presença do P

| | | Rendimento médio, em kg/ha | | | | |
|-----------|-----|----------------------------|---------|---------|---------|-----------|
| | | Níveis de Nitrogénio | | | | Médias 1/ |
| | | 0 | 100 | 150 | 200 | |
| | 0 | 899 | 1.442 | 1.451 | 1.463 | 1.314 A |
| Níveis de | 80 | 1.338 | 1.557 | 1.479 | 1.535 | 1.477 A |
| Potássio | 150 | 878 | 1.397 | 1.922 | 1.497 | 1.424 A |
| Médias 1/ | | 1.038 a | 1.465 b | 1.617 b | 1.498 b | |

1/ Nas linhas ou colunas, médias seguidas pela mesma letra não são diferentes ao nível de significância de 5%. Cv = 23,6%

aplicação de 200 kg de N/ha teve efeitos significativamente superiores à aplicação de 100 kg de N/ha. Enquanto que no ensaio com P, embora os tratamentos com N mostrassem efeitos significativamente superiores em relação ao tratamento control, os rendimentos obtidos não foram significativamente diferentes entre eles (quadro 4-2). A resposta do milho ao efeito de N é também mostrada graficamente pela figura 4-1, que indica uma subida de produção quando este elemento é aplicado, em ambos ensaios.

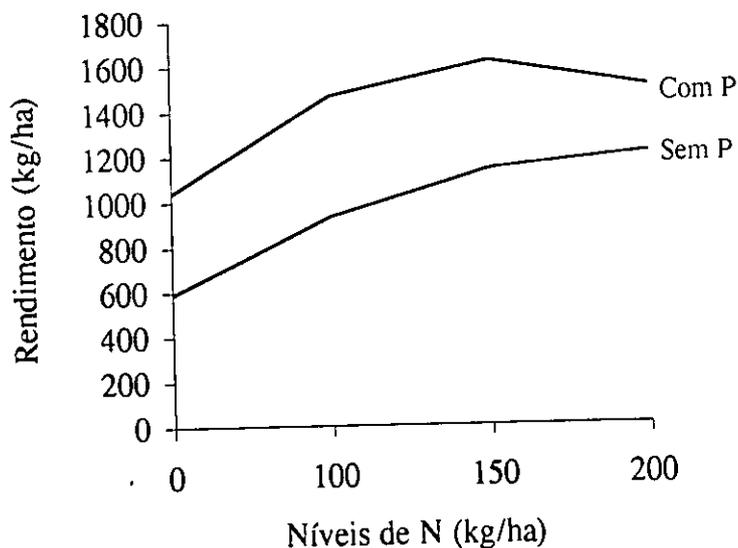


Figura 4-1: Resposta do milho ao efeito de N sem e com o P

4.2. Efeito de P no rendimento do milho

Para avaliar o efeito do fósforo no rendimento do milho foi feita uma análise conjunta dos dados obtidos nos dois ensaios. No quadro 4-3 estão apresentados os resultados desta análise, mostrando os rendimentos médios de milho a diferentes níveis de P.

Quadro 4-3: Efeito do P no rendimento do milho.

| | | Rendimento médio (kg/ha) | |
|-------------------|-----|--------------------------|---------|
| Níveis de dubação | | 0 P | 30 P |
| Nitrogénio | 0 | 589 | 1.030 |
| | 100 | 931 | 1.465 |
| | 150 | 1.137 | 1.617 |
| | 200 | 1.207 | 1.498 |
| Potássio | 0 | 990 | 1.313 |
| | 80 | 952 | 1.477 |
| | 150 | 957 | 1.424 |
| Médias | - | 966 a | 1.405 b |
| Média geral | | 1184 | |

Cv = 25,0 %

Dos resultados obtidos indicam que a aplicação de P tem efeitos significativos ($p < 0.01$) no rendimento do grão do milho. Entretanto, não houve uma interação significativa

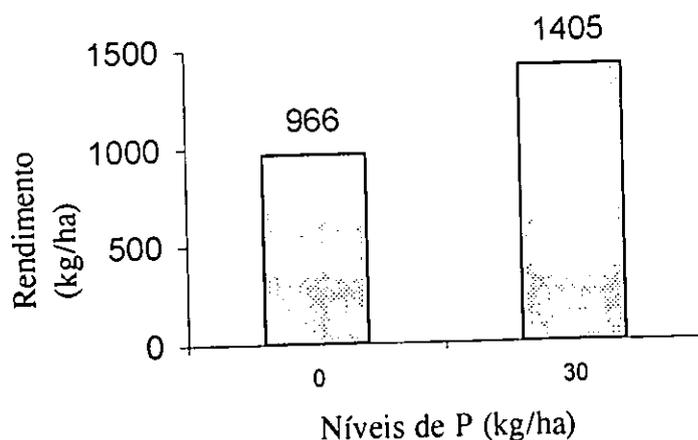


Figura 4-2: Resposta do milho ao fósforo

entre o P e outros dois adubos aplicados (N e K). os resultados do efeito do P no milho

também são apresentados graficamente pela figura 4-2, onde podem ser observados os incrementos obtidos quando este elemento foi aplicado.

4.3. Resultados de análise económica

Nesta secção será feita uma análise comparativa do impacto dos preços dos adubos, sementes e pesticidas aplicados e do preço do grão do milho sobre a margem bruta. Esta comparação vai-se basear nos de 1994 e 2001. A análise do "break-even" vai ser feita sobre preços e rendimentos do milho para os dois anos, 1994 e 2001.

(a) Análise dos preços dos anos 1994 e 2001

No quadro 4-4 estão apresentados os preços nominais e reais dos insumos aplicados e grão de milho. Os aumentos observados nos preços de 1994 para 2001 estão apresentados em percentagem (%). Tanto os preços de 1994 como os de 2001 foram deflacionados com o índice de preços ao consumidor, sendo a base no mês de Dezembro de 2001 (anexo 6).

Quadro 4-4: Preços reais e nominais dos insumos e do grão do milho em Mt/kg

| Preços | | 1994 | 2001 | % do aumento |
|-----------------|----------------------|--------|--------|--------------|
| Preços nominais | Nitrogénio | 1.220 | 18.750 | 1.437 |
| | Potássio | 975 | 14.981 | 1.436 |
| | Fósforo | 523 | 8.043 | 1.438 |
| | Semente de milho | 1.682 | 14.000 | 732 |
| | Pesticida, por litro | 9.615 | 60.000 | 524 |
| | Grão de milho | 495 | 1.471 | 197 |
| Preço reais | Nitrogénio | 3.456 | 18.750 | 443 |
| | Potássio | 2.762 | 14.981 | 442 |
| | Fósforo | 1.482 | 8.043 | 443 |
| | Semente de milho | 4.765 | 14.000 | 194 |
| | Pesticida, por litro | 27.238 | 60.000 | 120 |
| | Grão de milho | 1.402 | 1.471 | 5 |

Para os preços nominais os aumentos observados nos insumos variam de 524 para 1437%, enquanto que para o preço do milho a variação é de 197%. No caso dos preços reais o cenário é similar observando-se maiores aumentos nos preços dos insumos (de 120 para 443%) do que no preço do grão do milho no mesmo período (apenas 5%).

(b) Resultados de análise da equação de regressão

As funções de produção estimadas para os dois ensaios estão apresentadas pelas equações (4.1) para o ensaio sem P e (4.2) para o ensaio com P. A equação de regressão do ensaio sem P, apesar do coeficiente de determinação ser altamente significativo ($P < 0.01$) (anexo 5), mostra-se inadequada para este estudo porque os coeficientes β_2 e β_4 apresentam sinal negativo e positivo, respectivamente, contrários aos sinais assumidos na secção 3.4, alínea b) (Análise de regressão). Este facto deve ter assim acontecido provavelmente porque o adubo K causou um decréscimo na produção embora não significativo neste ensaio. Por isso, apenas foi usada a função de produção do ensaio com P para fazer as determinações económicas requeridas neste estudo.

Sem P:

$$\hat{Y}_I = 743 + 3,1 N - 2,5K - 0,0055N^2 + 0,0036K^2 + 0,016NK; \quad R^2 = 0,85 \quad (4.1)$$

(1,47) (-0,92) (-0,56) (0,22) (1,16)

Com P:

$$\hat{Y}_{II} = 996,3 + 6,5N + 2,83K - 0,02N^2 - 0,02K^2 + 0,0065NK; \quad R^2 = 0,73 \quad (4.2)$$

(2,3) (0,8) (-1,8) (-0,9) (0,5)

Os valores do teste de "t" de student para os coeficientes de regressão para cada equação estão apresentados abaixo de cada coeficiente, sendo significativo ($P < 0.05$) apenas para o coeficiente β_1 do ensaio com P (anexo 6). Neste ensaio, o coeficiente de determinação ($R^2 = 0,73$) é também altamente significativo ($p < 0,01$), mostrando assim o seu melhor ajuste nas relações entre a produção do milho e uso dos adubos N e K neste ensaio.

A figura 4-3 representa a região económica de produção, que é delimitada por duas isoclinas de fronteira. Na mesma figura também são representados os caminhos de expansão dos anos 1994 e 2001, que coincidem na mesma linha ($N_{1994 \text{ e } 2001} = 24,4 + 0,95 K$), segundo a equação (3.20). Esta sobreposição da linha foi devido a menor variação observada na relação dos preços dos adubos dos dois anos ($TMST_{nk1994} = P_{n1994}/P_{k1994} = 1,251$ e $TMST_{nk2001} = P_{n2001}/P_{k2001} = 1,252$). Na mesma figura são representados o ponto de máxima produção (1.718 kg/ha), que foi atingido com as doses de 178 kg de N/ha e 99 kg de K/ha, calculadas na base das equações (3.12) e (3.13), respectivamente; e o ponto da produção economicamente óptima (1.570 kg/ha), para o

ano de 1994, foi obtida com aplicação de 107 kg/ha de N e 39 kg/ha de K, equações (3.22) e (3.23). Com os preços de adubos de 2001, a sua utilização não é economicamente rentável.

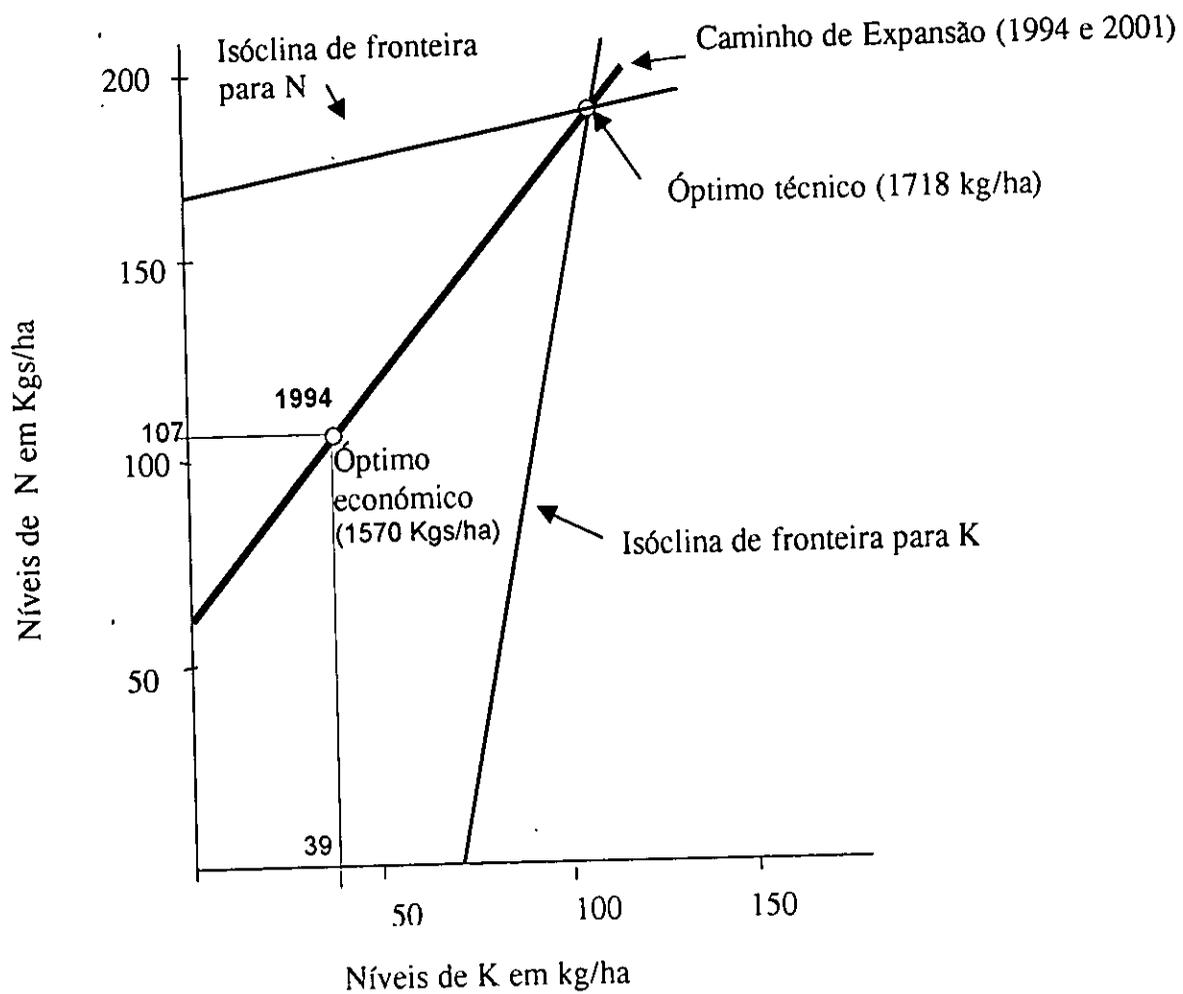


Figura 4-3: Região técnica e económica de produção

(c) Margem bruta

Os resultados da margem bruta para este estudo nos anos 1994 e 2001 são apresentados no quadro 4-6, calculados segundo a equação (4.3). Estes valores estão ainda sujeitos à outros custos que não foram incluídos neste estudo, nomeadamente: custos de transporte para o campo do produtor, custos de mão de obra e custos de processamento e de transporte para o mercado da produção adicional.

$$\Pi = RT - CA - CS - CP \quad (4.3)$$

Onde:

RT = Receita total em Mt/ha;

CA = Custo dos adubos N, P, K em Mt/ha;

CS = Custo da semente em Mt/ha; e

CP = Custo do pesticida em Mt/ha.

Quadro 4-5: Margem bruta de 1994 e 2001

| Ano | Margem bruta em Mts/ha |
|------|------------------------|
| 1994 | 1.475.570 |
| 2001 | <0 |

Na base das funções de procura dos adubos N e K, apresentadas pelas equações (3.22) e (3.23), foram determinadas as quantidades de N e K que maximizam a margem bruta neste ensaio. Com base nos preços de 1994, estas quantidades correspondem a 107 e 39 kg/ha, respectivamente (figura 4-3), que depois de deduzido o custo do fósforo (30 kg/ha), da semente (30kg/ha) e do pesticida (200 ml/ha) foi obtido o valor da uma margem bruta de 1.475.570 Mt/ha.

(d) Resultados de análise do "break even"

No quadro 4-6, são apresentados os preços reais do grão do milho e seu rendimento no "break even". Estes valores representam o preço e o rendimento que abaixo dos quais as receitas não irão superar os custos realizados na compra dos adubos, se os preços destes forem iguais ou superiores aos observados nos anos em referência (1994 e 2001).

Em 1994, com os preços reais de 3.456 Mt/kg e 2.762 Mt/kg para N e K,

Quadro 4-6: Preço e rendimento do milho no "break-even"

| Itens | 1994 | 2001 |
|--------------------|------|-------|
| Rendimento (kg/ha) | 341 | 2.158 |
| Preço real (Mt/kg) | 303 | 2.022 |

respectivamente, o rendimento e preço do milho no "break-even" são 341 kg/ha e 303 Mt/kg, respectivamente. Enquanto que para o ano de 2001, onde os preços de N e K foram mais elevados 18.750 Mt/kg e 14.981 Mt/kg, respectivamente, o rendimento e preço no break-even são 2.158 kg/ha e 2.022 Mt/kg, respectivamente (quadro 4-6).

CAPÍTULO V. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A discussão de resultados é apresentada em duas principais secções. A secção 5.1 onde está analisada a resposta do milho a adubação e a secção 5.2 onde é discutida a questão da viabilidade económica dos adubos através dos resultados da margem bruta.

5.1. Resposta do milho à aplicação de adubos

Os resultados deste ensaio indicam que o uso dos adubos N e P aumenta significativamente o rendimento do milho. O rendimento médio geral dos dois ensaios (1,2 t/ha) (quadro 4-3) superou os rendimentos médios obtidos pelo sector familiar, que oscilam entre 0,7 e 0,9 t/ha. No entanto, em condições de regadio na zona Sul de Moçambique, os produtores podem obter um rendimento médio de 2,3 t/ha com aplicação de uma dose recomendada de 46 kg de N/ha em fluvisols (Jimenz *et al*, 1990).

No ensaio sem aplicação de P, os rendimentos médios dos vários níveis de N variam de 737 para 1.265 kgs/ha na ausência do adubo K e de 487 para 1.395 kg/ha quando este foi aplicado. Na ausência de N, a adição K causou um decréscimo não significativo na produção. Este decréscimo é difícil de ser explicado uma vez que o solo onde foi conduzido o ensaio mostrava ter teores baixos deste elemento, mas é provável que a dose aplicada provocou elevadas concentrações deste elemento no solo devido a deficiência de humidade e esteve a provocar efeitos antagónicos na absorção de outros nutrientes que estiveram em menores concentrações (de Wit, 1993). Contudo, o rendimento máximo observado de 1.395 kg/ha foi obtido quando 200 kgs/ha de N e 150 kg/ha de K_2O foram aplicados.

No ensaio com P aplicado, os rendimentos médios dos vários níveis de N variam de 899 para 1.463 kg/ha na ausência de K e de 878 para 1.922 kg/ha na presença deste elemento. O rendimento máximo obtido de 1.922 kg/ha, obtido neste ensaio, foi muito superior comparado com o obtido no ensaio sem P que foi de 1.395 kg/ha, mesmo com aplicação de muito N (200 kg/ha). O rendimento de 1.922 kg/ha no ensaio com P, foi obtido quando foram aplicados 150 kg/ha de N e 150 kgs/ha de K_2O , mostrando-se uma melhor resposta dos adubos na presença do P (30 kg/ha de P_2O_5) quando comparado com os rendimentos obtidos com as mesmas doses no primeiro ensaio (sem P) de 1.152 kg/ha.

Ambos ensaios, não foram detectados efeitos significativos do potássio no rendimento do milho. A fraca resposta deste adubo nos solos arenosos foi também encontrada por Chaguala e Geurts (1996) em sequeiro, num solo que indicava menores conteúdos deste elemento (menor que 1 meq de K/100 g de solo) e é provável que essa resposta tenha sido devido ao baixo teor de água no solo, porque a água desempenha um papel muito importante na difusão do potássio para as zonas de absorção das plantas (Malavolta, 1991).

A adição dos 30 kg/ha de P_2O_5 obteve-se um aumento no rendimento médio da ordem dos 45%, com a elevação do rendimento de 966 kg/ha no ensaio sem P para 1.405 kgs/ha no ensaio com P. Um efeito significativo do P foi também encontrada por Chaguala e Geurts (1996) numa série de ensaios conduzidos em solos arenosos na estação experiemntal de Nhacoongo (Província de Inhambane) durante os anos 1950 - 1965, em condições de sequeiro, em que o milho respondeu significativamente a adubação fosfatada.

Apesar de estes ensaios terem produzido resultados que aparentemente são atractivos para camponeses de subsistência, para o aumento de rendimento, os mesmos foram obtidos nas condições de regas suplementares, não reflectindo a real situação do camponês. Deste modo, a adubação com o objectivo de melhorar o rendimento da cultura produzida em sequeiro não foi atingido. A questão de fundo não se prende na quantidade da precipitação total da estação chuvosa, mas a sua irregular distribuição ao longo da campanha é que desempenha um papel muito importante para o falhanço da cultura, sendo de 30% a propabilidade de a chuva cair por um período contínuo de 100-120 dias (Chaguala & Geurts (1996).

5.2. Análise económica

A decisão do produtor para adoptar uma nova tecnologia não depende apenas da contribuição desta no aumento do rendimento da cultura, mas também do benefício económico proveniente dessa tecnologia (porque ela pode introduzir um custo adicional para a sua utilização), da disponibilidade e acessibilidade da tecnologia e do suporte técnico para assistir os produtores . Experiências existentes mostram que para a maioria das situações o retorno mínimo aceitável e atractivo para o produtor usar uma nova tecnologia deve estar entre 50 e 100%, e se a tecnologia oferecer um retorno acima de

100% a aceitação é rápida e a tecnologia é segura para o produtor (Njui e Musandu, 1999). Perante os resultados apresentados pelo presente trabalho, pode-se constatar que os elevados custos dos adubos e a incerteza dos preços a serem praticados na venda do grão do milho constituem um grande risco para a perda do dinheiro investido na compra dos adubos.

(i) Efeito de preços livres

De 1994 para 2001 verificou uma subida nos preços reais dos insumos de 120 para 443%, enquanto a subida no preço real do grão do milho foi de apenas 5%. A subida do preço dos insumos não foi proporcional a subida do preço do milho, o que veio afectar negativamente a margem bruta obtida com o uso destes insumos em 2001.

Em 1994, os preços de ambos (produto e insumos) estavam sob controlo do Governo, na medida em que tanto os preços dos adubos como preço do grão do milho comercializados ao nível dos camponeses eram estabelecidos pelo Estado. Naquele momento, o uso de adubos no milho foi descrito como uma operação economicamente viável (Geurts, 1997). Com a privatização das empresas que importavam e distribuíam os adubos e sementes entre os anos 1995 e 1997, o Estado liberaliza o mercado destes insumos acabando com a política de fixação de preços de insumos. Como consequência, estas empresas ficaram livres de praticar o seu preço.

Contrariamente ao que aconteceu em Kenya em que a liberalização do mercado dos adubos resultou num rápido crescimento no número de privados retalhistas vendendo este insumo e consequentemente o aumento da competição nestes mercados e redução dos preços (Ade Freeman, et al, 1998), para Moçambique, a liberalização deste mercado não incentivou a participação de muitos privados devido, por um lado, da fraca procura destes insumos pelos produtores e por outro lado, por causa do mau estado das infra-estruturas nas zonas rurais onde se encontra a maior parte dos produtores, nomeadamente instalações para armazenamento e vias de acesso. E como consequência há poucos operadores, resultando num monopólio do mercado pelas grandes empresas que tornam os preços dos adubos cada vez mais elevados para os poucos compradores existentes. Em Moçambique apenas 4,5% do total das explorações utilizam adubos químicos (INE, 2001).

No milho, de 1994 para 2001, o aumento no preço foi mínimo. Este facto pode ter assim ocorrido devido ao efeito da negociação dos preços do milho entre produtores e compradores, o mesmo que não acontece para os insumos. Na verdade, os preços de milho ao produtor, antes fixados pelo governo, também foram liberalizados, com efeito a partir de 1998, em que todos os produtos agrícolas comercializados começaram a obedecer o regime de preços livres (MITUR, 1999). Neste contexto, os produtores e os comerciantes negociam entre si os preços, com a desvantagem para os produtores, por um lado, porque o fazem isso individualmente por não estarem organizados em associações ou cooperativas que daria mais firmeza na negociação dos preços e evitar a concorrência entre os produtores, e por outro lado os compradores alegam elevados custos de transporte causados pelo mau estado das vias de acesso para os locais de produção .

(ii) Retornos económicos à adubação do milho

Na base dos preços reais dos adubos, observados em 1994 (3.456 Mt/kg de N e 2.762 Mt/kg de K₂O) (quadro 4-4), foi obtida uma margem bruta máxima de 1.475.570 Mt/ha, com aplicação de 107 kg/ha de N e 39 kg/ha de K₂O na presença de 30 kg/ha de P₂O₅. Enquanto que para 2001, onde se observou uma subida nos preços destes adubos (18.750 Mt/kg para N e 14.981 Mt/kg para K₂O), o uso de adubo não foi economicamente rentável ($\Pi < 0$), porque o preço praticado para o milho em 2001 não foi bastante elevado capaz de cobrir com os custos dos adubos utilizados. Por outro lado, para o ano de 1994, para pagar 1 kg de do adubo N seriam necessários apenas 2.5 kgs de milho (57,5 kgs de milho, cerca de um saco (1/50), para pagar um saco de 50 kgs de ureia), enquanto que para 2001 seriam necessários 13.4 kgs de milho para pagar 1 kg de N (308,2 kgs de milho, cerca de 6 sacos (1/50), para pagar um saco de 50 kgs de ureia), o que realmente é uma quantidade bastante elevada quando comparada com a quantidade do insumo necessário para cada quilo do milho produzido.

Resultados similares foram encontrados por Jeje *et al* (1998) e Howard, *et al* (2000) no norte do país, indicando que, embora o uso de adubos possa resultar num aumento de rendimentos, os camponeses não tem sido devidamente compensados devido aos elevados custos dos insumos utilizados, referindo-se que cerca de 68-80% do custo total da produção gasta-se em adubos e sementes melhoradas. Para melhorar esta situação, o PROAGRI (1998) referiu existirem no País políticas macro económicas que favorecem o

desenvolvimento e reabilitação da rede do comércio rural para resolver o problema do mercado dos consumíveis para agricultura, com mais enfoque para adubos inorgânicos e pesticidas que actualmente são caros e com pouca disponibilidade.

(iii) Rendimentos e preços mínimos para uma adubação rentável

Com os preços reais dos adubos praticados em 2001, a produção do milho com a prática de adubação seria rentável se o preço do grão do milho fosse superior a 2.022 Mt/kg ou se o rendimento da cultura fosse acima de 2.158 kg/ha. Todavia com o preço de milho de 1.471 Mt/kg praticado em 2001 e o rendimento máximo de 1.718 kg/ha, obtido neste ensaio, foram bastante inferiores em relação aos rendimentos e preços mínimos necessários para tornar o uso de adubos como uma operação rentável, perante a actual situação do preço dos adubos. Nas condições de produção da zona Norte do País onde ocorrem elevados rendimentos desta cultura, variando de 2,8 t/ha, para as tecnologias melhoradas de baixo custo, para 4,1 t/ha para as tecnologias usando adubos e sementes melhoradas, o preço do milho no "break - even" variou de 60 para 325 Mt/kg para as tecnologias melhoradas de baixo custo e de 595 para 1.110 Mt/kg para produção com o uso de adubos e sementes melhoradas (Howard *et al* , 2000).

CAPÍTULO VI. CONSTATAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Constatações

Dado que o estudo foi feito somente numa campanha, num único tipo de solo (arenoso) e apenas em condições controladas (campo de experimentação), os resultados obtidos não podem fornecer informação suficiente para fazer conclusões sobre este estudo, que avalia o efeito de adubação no rendimento do milho produzido em condições de sequeiro na zona sul do país. Por esta razão, são apresentadas apenas algumas constatações observadas neste estudo para a campanha 93/94, uma vez que estes resultados não podem ser generalizados para diferentes campanhas, diferentes tipos de solos e condições dos produtores.

Este ensaio mostrou que perante as irregularidades de precipitações que tem se observado na zona sul do país, especialmente em termos da sua distribuição ao longo da estação, a prática de adubação não conseguiu resolver o problema de rendimento da cultura do milho produzido em sequeiro, não tendo sido reduzido o risco da perda da cultura. Isto porque durante a condução dos ensaios foram necessárias aplicar duas regas para salvar os ensaios.

Nas condições em que foram conduzidos os ensaios, permitiu constatar que a resposta do milho à aplicação dos adubos N e P resultou num aumento de rendimento desta cultura. Também permitiu constatar que a rentabilidade económica dos adubos N, P e K está fortemente condicionado pelos seus preços do que pelo preço do grão do milho, uma vez que o uso dos adubos foi rentável para os preços dos adubos de 1994 (baixos) e não rentável para os preços dos adubos de 2001 (elevados).

6.2. Recomendações

- O estudo devia ser expandido para outras campanhas, diferentes tipos de solos e para as condições de produção dos produtores, de forma a produzir uma informação consistente;
- Para motivar a redução dos preços dos adubos e de outros insumos passará

necessariamente por uma acção estratégica do Governo. Sendo, por um lado, criar condições para o envolvimento de vendedores retalhistas, que poderão fornecer aos produtores de pequena escala os adubos em embalagens de tamanhos apropriados. E, por outro lado, fornecer os adubos aos preços subsidiados aos produtores de fraco poder de compra, diminuindo, assim, a procura de novas terras para fazer machambas.

LITERATURA CITADA

- ADE FREEMAN, H., ADE FREEMAN, K. H. E KAGUONGO, W. (1998). Fertilizer market reforms and farmers changing fertility management strategies: Evidence from semi-arid Kenya. ICRISAT. Nairobi. Kenya.
- BALIGAR, V.C. & BENNETT, O.L. (1986). Outlook on fertilizer use efficiency in the tropics. *Fertilizer Research*, 10, 83-96.
- BARRY, D.A. MILLER, M.H. (1989). Phosphorus nutritional requirements of maize seedlings for maximum yield. *Agron. J.* 81:95-99.
- BOATENG, J.K; SHRESTHA, P.K., TANA, T., SHIMBER, T., JARWAR, A., MIRZA, S. N. (1998). Moisture stress and soil fertility management in the Jijiga zone of south eastern Ethiopia: consolidating farmers participation in research and development. Soil Research Institute, Academy Post Office, Kwadaso, Kumasi, Ghana.
- BOSERUP, E. (1981). *Population and technological Change*. Oxford, Blackwell.
- BUENO (1991). *Avaliação e selecção de variedades de milho em Moçambique*. Ministério de Agricultura e Pesca. Maputo. Moçambique.
- CHAGUALA, P E GEURTS, P (1996). Adubação orgânica e mineral numa rotação num arenosolo no sul de Moçambique (1950-1965). Instituto Nacional de Investigação Agronómica. Série Terra e Água. Comunicação no. 85. Maputo. Moçambique.
- De WIT, H.A. (1993). *Apontamentos de disciplina de Fertilidade de Solos*. UEM. Maputo.
- FAN, M.X. AND MACKENZIE, A.F. (1994). Corn yield and phosphorus uptake with banded urea and phosphorus mixtures. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:249-255.
- FARIA, E. A. e SANTOS, J. Q. (1991). Influência dos fosfatos minerais na mineralização dos fosfatos orgânicos dos solos. Lavras, ESAL. Brasil.
- GEURTS, P.M.H (1997). *Recomendação de Adubação Azotada e Fosfórica para as Culturas Anuais Alimentares e Algodão em Moçambique*. Instituto Nacional de Investigação Agronómica. Série Terra e Água. Comunicação no. 88. Maputo. Moçambique.
- HARVEY, P.H. (1939). Hereditary variation in plant nutrition. *Genetics* 24:437-461.
- HOOGLAND, E.H. (1987). *Recomendações preliminares de adubação para as principais culturas de Moçambique*. Instituto Nacional de Investigação Agronómica. Série Terra e Água : Documento interno no. 20. Maputo. Moçambique.
- HOWARD, J., JEJE, J. J., KELLEY, V., BOUGHTON, D. (2000). Comparing yields and profitability in MADER's high and low input maize programs: 1997/98 survey results and analysis. Research Report No. 39. Directorate of Economics. Ministry of Agriculture and Rural Development. Republic of Mozambique.
- INE (2001). *Censo Agro-Pecuário 1999-2000. Apresentação sumária dos resultados quadros e graficos*. Instituto Nacional de Estatística. Maputo.

- JEJE, J.J. MACHUNGO, C. HOWARD, J. STRASBERG, P. TSCHIRLEY, D. CRAWFORD, E. WEBER, M. (1998). What makes agricultural intensification profitable for mozambican smallholders? An appraisal of the inputs subsector and the 1996/97 DNER/SG2000 Program. VII. Main Report. Directorate of Economics. Ministry of Agriculture and Fisheries. Republic of Mozambique.
- JIMENZ, H. e PICCIOTTO, G. (1988). Sistemas de produção tradicional e melhorado no Chokwe. Serie documento de campo no.6. departamento de agricultura e sistemas de produção/DASP. Ministério de Agricultura da República de Moçambique. Maputo.
- JIMENZ, H; PICCIOTTO, G; BATA, F. (1990). Sistema de produção tradicional e melhorado no Chokwe. I. Áreas de solos leves, Milho x Milho. Instituto de Investigação Agronómica de Moçambique. Departamento de Agricultura e Sistemas de produção/DASP.
- LUGG, D.G. AND SINCLAIR, T.R. (1981). Seasonal changes in photosynthesis of field-grown soyabean leaflets. 2. Relation to nitrogen content. *Photosynthetica* 15:138-144.
- PROAGRI (1998). Programa Nacional de Desenvolvimento Agrário (1998 a 2003). Documento Mestre. Ministério de Agricultura e Pescas. República de Moçambique.
- *MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; De MELLO, F. A. F.; BRASIL, M. O. C. (1967). Nutrição mineral de algumas culturas tropicais. ESAL. Brasil. 4ª edição
- MEDEIROS, J.B. de; SILVA, P.R.F. (1975). Efeitos de níveis de nitrogénio e densidade de plantas sobre o rendimento de grãos e outras características agronómicas de duas cultivares de milho (*Zea mays* L.). *Agronomia Sulriograndese*, Porto Alegre, v.11, n.2, p.227-249.
- x MINED (1997). Atlas Geográfico Universal. 2a Edição (1997). Ministério de Educação. República de Moçambique.
- MITUR (1999). Ministério de Indústria, Comércio e Turismo. Comercialização agrícola. Questão de fundo: como melhorar a comercialização agrícola? Direcção Nacional do Comércio Interno. II Conselho Coordenador do MITUR (Nampula). Moçambique.
- MURRATA, Y. (1969). Physiological response to nitrogen in plants. In: *Physiological Aspects of Crop Yield*. Eastin, J.D. Haskins, F.A., Sullivan, C.Y. and van Bavel, C.H.M. (Eds.), pp 235-263. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- NJUI, N.A. E MUSANDU, A.A.O (1999). Response of maize to phosphorus fertilization at selected sites in Western Kenya. *African Crop Science Journal*, 7: 397-406.
- NUNES, E. SOUSA, D. SATARIC, I (1982). Recent Research on the principal factors limiting maize producing in Mozambique. Ministry of Agriculture and Fisheries. Maputo. Mozambique.
- OHLSSON, E, SHEPHERD, K. D. & DAVID, S. (1998). The importance of resource endowment for farmers's soil fertility management practices-especially levels of inputs - a study on small-scale mixed farms in wetern Kenya. Department of Crop Production Science, SLU (Swedish University of Agricultural Science). Uppsala, Sweden.
- PAIVA, L. E.; ANDRADE, M. A.; ANDRADE, L. A. B. e ENGELISTA, A. R.

- (1993). Influência da adubação nitrogenada, espaçamento e densidade na produção de matéria seca e qualidade de silagem de milho. Lavras, ESAL. Brasil
- PEREIRA, P. A. A.; BALDANI, J. I.; BLANA, R. A. G. e NEYRA, C. A. (1981). Assimilação e translocação de nitrogénio em relação a produção de grãos e proteínas do milho. Lavras ESAL. Brasil.
- POLLMER, W.G., EBERHARD, D., KLEIN, D. AND DHILLON, B.S. (1979). Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. *Crop Science* 19:83-86.
- RAIJ, B.V. (1988). Fertilidade e adubação. Piracicaba, Instituto de potassa & fosfato. Brasil.
- REZENDE, G.M.; de SILVA, G.L.; PAIVA, L.E.; DIAS, P.F. e DE CARVALHO, J.G. (1994). Resposta do milho (*Zea mays* L.) às doses de nitrogénio e potássio em solos da região de Lavra. I. Efeito sobre algumas. Lavras, ESAL. Brasil.
- RÖTTER, R. & VAN KEULEN, H. (1996). Variations in Yield Response to Fertilizer Application in the Tropics: II. Risks and Opportunities for Smallholders Cultivating Maize on Kenya's Arable Land. *Agricultural Systems*, 53 (1997), pp 69-95.
- SELIGMAN, N. G. & VAN KEULEN, H. (1989). Herbage production of a Mediterranean grassland in relation to soil depth, rainfall and nitrogen nutrition: A simulation study. *Ecological Modelling*, 43, 303-311.
- SELIGMAN, N. G., VAN KEULEN, H. & SPITTERS, C. J. T. (1992). Weather, soil conditions and the interannual variability of herbage production and nutrient uptake on annual Mediterranean grassland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 54, 265-279.
- SMALING, E. M. A. (1993). An agro-ecological framework for integrated nutrient management with special reference to Kenya, PhD Thesis. Wageningen Agricultural University, The Netherlands, 250 pp.
- STANFORD, G.; NELSON, L.N. (1949). Utilization of phosphorus as affected by placement. I. Corn In Iowa. Ames, Iowa State University.
- VICENTE, C.F. (1987). Principais culturas. Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil.
- VLEK, P.L.G. (1990). The role of fertilizer in sustaining agriculture in sub-Saharan Africa. *Fertilizer Research*, 26, 327-339.
- WOODHOUSE & RENDLE (1983). Programa de ensaios de adubação. Relatório trienal, 1979-1982. Instituto Nacional de Investigação Agronómica. Série Terra e Água, no. 23. Maputo.
- XAVIER, C. e HOOGLAND (1987). Relatório sobre a parte de fertilidade de solos no conjunto dos trabalhos efectuados nas zonas verdes de Maputo. Instituto Nacional de Investigação Agronómica. Série Terra e Água. Maputo.
- YIBIRIN, H., JOHNSON, J.W. AND ECKERT, D.J. (1993). No-till corn production as affected by mulch, potassium placement, and soil exchangeable potassium. *Agron. J.* 85:639-644.

ANEXOS

ANEXO 1: Análise de variância da produção do ensaio sem aplicação do fósforo.

| <i>Fonte de variação</i> | <i>Gl</i> | <i>Quadrados médios</i> |
|--------------------------|-----------|-------------------------|
| Repetição (R) | 2 | 111281,03 |
| Nitrogénio (N) | 3 | 576052,52** |
| Linear | 1 | 1057386,7** |
| Quadrático | 1 | 670761,0 |
| Cúbico | 1 | 9,8 |
| Potássio (K) | 2 | 83515,03 |
| NxK | 6 | 117668,77 |
| Erro | 22 | 107078,91 |

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ANEXO 2: Análise de variância da produção de grão do ensaio com aplicação do fósforo.

| <i>Fonte de variação</i> | <i>Gl</i> | <i>Quadrados médios</i> |
|--------------------------|-----------|-------------------------|
| Repetição(R) | 2 | 170740,33 |
| Nitrogénio(N) | 3 | 692943,33** |
| Linear | 1 | 1912093,00** |
| Quadrático | 1 | 166736,00 |
| Cúbico | 1 | 14,00 |
| Potássio (K) | 2 | 5144,25 |
| NxK | 6 | 93854,58 |
| Erro | 22 | 68224,33 |

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ANEXO 3: Análise de variância da produção dos dois ensaios.

| <i>Fonte de variação</i> | <i>Gl</i> | <i>Quadrados médios</i> |
|--------------------------|-----------|-------------------------|
| Localidade | 1 | 3465466,89** |
| R(L) | 4 | 141010,68 |
| Nitrogénio (N) | 3 | 1219943,26** |
| Linear | 1 | 2906647,50** |
| Quadrático | 1 | 753173,55** |
| Cúbico | 1 | 8,71 |
| LxN | 3 | 49052,59 |
| Potássio (K) | 2 | 24070,89 |
| LxK | 2 | 64588,39 |
| NxK | 6 | 120383,82 |
| LxNxK | 6 | 91139,54 |
| Erro | 44 | 87651,62 |

Nota: Localidade = Local sem aplicação e com aplicação do fósforo;

** = Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

ANEXO 4: Coeficientes de regressão e os respectivos níveis de significâncias do ensaio sem P

| Coeficiente | Parâmetros da regressão | Valores do T de student | Prob. |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| β_1 | 3.0767e+000 | 1.470 | 0.170 |
| β_2 | -2.5209e+000 | -0.920 | 0.377 |
| β_3 | -5.4788e-003 | -0.564 | 0.584 |
| β_4 | 3.5952e-003 | 0.220 | 0.830 |
| β_5 | 1.5629e-002 | 1.645 | 0.128 |

ANEXO 5: Tabela de análise de variância da equação de regressão do ensaio sem P

| | Soma de quadrados | GL | Quadrados médios | F | Signif |
|-----------|-------------------|----|------------------|------|--------|
| Regressão | 750430.585999 | 5 | 150086.11720 | 6.74 | 0.019 |
| Resíduo | 133546.080668 | 6 | 22257.68011 | | |
| Total | 883976.666667 | 11 | | | |

ANEXO 6: Coeficientes de regressão e os respectivos níveis de significâncias do ensaio com P

| Coeficiente | Parâmetros da regressão | Valores do T de student | Prob. |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------|
| β_1 | 6.5003e+000 | 2.326 | 0.040 |
| β_2 | 2.8207e+000 | 0.771 | 0.457 |
| β_3 | -2.2836e-002 | -1.760 | 0.106 |
| β_4 | -1.8744e-002 | -0.860 | 0.408 |
| β_5 | 6.5230e-003 | 0.506 | 0.623 |

ANEXO 7: Quadro de análise de variância da equação de regressão do ensaio com P

| | Suma dos quadrados | Gl | Quadrados médios | F | Signif |
|-----------|--------------------|----|------------------|------|--------|
| Regressão | 628381.218169 | 5 | 125676.24363 | 3.17 | 0.096 |
| Resíduo | 238018.448498 | 6 | 39669.74142 | | |
| Total | 866399.666667 | 11 | | | |

ANEXO 8: Preços do milho ao produtor no sul de País, em Mt/kg

| LOCAL | Preços 1994 | Preços 2001 |
|--------------|---------------|-----------------|
| Chokwe | 578,00 | 1 524,00 |
| Massinga | 511,00 | 1 429,50 |
| Vilanculos | 440,00 | 1 285,50 |
| Homoine | 452,00 | 1 400,00 |
| Manhiça | - | 1 719,00 |
| MÉDIA | 495,00 | 1 471,00 |

Fonte: Boletim de informação de mercado agrícola de Moçambique, Junho de 1994 e 2001.