UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MOÇAMBIQUE

Faculdade de Ciências Agronómicas

Influência das práticas de maneio de solos adoptadas na produção de milho sobre as propriedades edafológicas: um olhar sobre aptidão agrológica dos solos e a idoneidade das práticas na produção da cultura de milho em Mepica

Por

Ângela Maria Júlio Muissicoja

Cidade de Cuamba, Abril de 2023

Influência das práticas de maneio de solos adoptadas na produção de milho sobre as propriedades edafológicas: um olhar sobre aptidão agrológica dos solos e a idoneidade das práticas na produção da cultura de milho em Mepica

Ângela Maria Júlio Muissicoja

Trabalho de dissertação apresentado à Universidade Católica de Moçambique – Faculdade de Ciências Agronómicas como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Solos e Agricultura Sustentável.

Supervisores: Mestre Miquitaio João Rego (MSc), *Principal*
Mestre Paulo Xavier Tebulo (MSc), *Co-supervisor*

Faculdade de Ciências Agronómicas
Junho de 2023

Influência das Práticas de Maneio de Solos Adoptadas na Produção de Milho Sobre as Propriedades Edafológicas: Um Olhar Sobre Aptidão Agrológica dos Solos e a Idoneidade das Práticas na Produção da Cultura de Milho em Mepica

ÂNGELA MARIA JÚLIO MUISSICOJA

O presente trabalho de dissertação é submetido à Universidade Católica de Moçambique (UCM), Faculdade de Ciências Agronómicas (FCA), como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em **Solos e Agricultura Sustentável.**

Aprovação do Júri: Este trabalho foi sujeito a avaliação do júri em Maio de 2023 tendo sido aprovado com a classificação final de **15,0 valores.**

Júri examinador:

Presidente: Nito da Conceição Impissa

Doutor Nito da Conceição Impissa, PhD

Universidade Católica de Moçambique, Faculdade de Ciências Agronómicas (UCM-FCA)

1° Oponente: José Uachisso Savanguane

Mestre José Uachisso Savanguane

Universidade Católica de Moçambique, Faculdade de Ciências Agronómicas (UCM-FCA)

2° Oponente: Mussa Juma Joaquim

Mestre Mussa Juma Joaquim, MSc

Universidade Católica de Moçambique, Faculdade de Ciências Agronómicas (UCM-FCA)

Supervisor: Miquitaio João Rego

Mestre Miquitaio João Rego, MSc

Universidade Católica de Moçambique, Faculdade de Ciências Agronómicas (UCM-FCA)

Cuamba,

Maio de 2023

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Eu, **Ângela Maria Júlio Muissicoja,** estudante matriculada com o nº de estudante 704200100, no curso de Mestrado em Solos e Agricultura Sustentável, autora do trabalho de dissertação, submetido à Faculdade de Ciências Agronómicas da Universidade Católica de Moçambique, intitulado ***Influência das práticas de maneio de solos adoptadas na produção de milho sobre as propriedades edafológicas: um olhar sobre aptidão agrológica dos solos e a idoneidade das práticas na produção da cultura em Mepica***, orientado pelo Mestre Miquitaio João Rego e pelo Mestre Paulo Xavier Tebulo, declaro que este é original, nunca foi antes submetido a outra instituição para efeitos de obtenção de grau. Declaro ainda que toda a informação apresentada no trabalho é resultado da investigação e da revisão da literatura, cujas fontes utilizadas encontram-se devidamente citadas no texto e listadas nas referências bibliográficas.

Cidade de Cuamba, Abril de 2023

_____

Ângela Maria Júlio Muissicoja

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, por me terem criado e pelos ensinamentos que, de certo modo, contribuíram para o sucesso nos meus estudos…

Dedico este trabalho a eles

AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiro de agradecer ao meu supervisor, Mestre Miquitaio João Rego, e ao meu Co-supervisor, Mestre Paulo Xavier Tebulo, pelas suas orientações, encorajamento, paciência e excelente apoio durante o período de duração do meu Mestrado. Agradeço-lhes sinceramente e espero conseguir obter o nível de ética de trabalho que me mostraram ao longo do período dos meus estudos.

Aproveito esta oportunidade para agradecer aos colegas da turma de 2021, do curso de Mestrado em Solos e Agricultura Sustentável da Universidade Católica de Moçambique, Faculdade de Ciências Agronómicas, em especial ao Walter Belmiro Saibo e ao Alcino Mucama por terem criado um ambiente de trabalho amigável e pela sua ajuda durante o meu mestrado.

Um agradecimento especial vai também aos meus professores dos programas do Mestrado, especialmente ao Doutor Momade M. Ibraimo, Doutor José Bofana, Mestre José Savanguane e Mestre Barreta Savanguane pelo seu encorajamento e verdadeira motivação durante os meus estudos. Um agradecimento especial também vai para a equipa dos Serviços Distritais das Actividades Económicas de Cuamba, em especial ao Eng.º. José Bernardo de Almeida, Técnico Gomes Manuel Elias Saíde, Técnica Laurinda e Técnica Ladina pelo apoio prestado durante a fase de colecta de dados para a realização do trabalho.

A minha especial gratidão estende-se também aos meus amigos, Luís Davide Voreiua, Raúl Domingos, Fernando França, Cesário Amido, Armando Bartolomeu, pelas palavras de encorajamento e ajuda no processamento de dados durante os meus anos de estudo.

Finalmente, mas não menos importante, a minha mais profunda gratidão vai para à minha adorável família. Obrigada por me acompanhar todos estes anos. Obrigada por me ter fornecido as ferramentas necessárias que me permitissem chegar até aqui.

A todos, muito obrigada.

RESUMO

A adopção de práticas de produção sem uma orientação técnica, tal como sucede em maior parte do país, pode resultar na perda da capacidade produtiva dos solos. A pesquisa pretendeu analisar a influência das práticas de maneio de solo adoptadas na produção de milho sobre as propriedades edafológicas dos solos do posto administrativo de Mepica. Foi realizada uma pesquisa quantitativa. Para tal, para a descrição das práticas agrícolas, recorreu-se à entrevista (coadjuvada pela observação), onde foram inquiridos 250 produtores de milho distribuídos nas três localidades do Posto Administrativo de Mepica. Para avaliação do estado dos solos, além dos dois perfis abertos em Mepica e Napacala, foram colectadas amostras compostas em duas unidades de produção por localidade. Em laboratório foram analisados os seguintes parâmetros: pH, matéria orgânica, textura, densidade, acidez potencial, macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Mn, Na). Os resultados mostram que: a limpeza dos campos é feita por queima e remoção dos restolhos do campo e o preparo do solo é realizado por reviramento manual; a rotação de cultura é feita com o algodão e a consociação é feita com feijão nhemba e bóer com ausência da cobertura morta. Os solos usados para a produção de milho apresentam textura franca arenosa com baixos teores de MOS, pH em torno de 5,5 a 6,5, CTC baixa e entre 82% a 90%; são pobres em nitrogénio; o teor de fósforo são médios e de cálcio e potássio são baixos; os teores de magnésio foram altos em Napacala e médios em Mitucué e Mepica-sede. Os resultados do solo revelam baixa aptidão agrológica dos solos para a produção de milho. Apesar de as práticas agrícolas afetarem as componentes do solo, os solos da região refletem a génese da sua formação.

Palavras-chave: Milho; Aptidão agrológica; Mepica; Práticas agrícolas.

ABSTRACT

The use of production techniques without technical guidance, as is the case in most parts of the country, can lead to a decrease in the productive capacity of the soil. This study aimed to analyze the impact of soil management practices on maize production and its effect on the edaphological properties of the soil in the administrative post of Mepica. The agricultural practices of 250 maize producers in the three locations of the administrative post of Mepica were described using interviews and observation. In addition, composite samples were collected from two production units per location, and two open profiles were observed in Mepica and Napacala to assess the soil condition. In the laboratory, parameters such as pH, organic matter, texture, density, potential acidity, macronutrients (N, P, K, Ca, and Mg), and micronutrients (Fe, Mn, and Na) were analyzed. The findings showed that field cleaning is typically done by burning and removing stubble from the field, while soil preparation is carried out manually. Crop rotation is done with cotton, and intercropping is done with cowpea and pigeon without mulch. The sandy soils used for maize production have low organic matter content, a pH between 5.5 and 6.5, low CEC, and are poor in nitrogen, with medium phosphorus content, low calcium and potassium, and high magnesium contents in Napacala, and medium in Mitucué and Mepica. The soil analysis revealed that the soils in the region are not well-suited for maize production. Although agricultural practices do affect soil components, the study shows that the soils in the region are mainly a result of their formation genesis.

Keywords: Maize; Agrological aptitude; Mepica; Agricultural practices.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO 1

1.1. Generalidades 1

1.2. Problematização 2

1.3. Justificativa 3

1.4. Delimitação da pesquisa 3

1.5. Objectivos 4

1.5.1. Geral 4

1.5.2. Específico 4

1.6 Questões de pesquisa 4

CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA 5

2.1. Produção de milho em Moçambique 5

2.1.1. Produção de milho no distrito de Cuamba 5

2.2. Condições edafoclimáticos 6

2.2.1. Precipitação e textura do solo 6

2.2.2. Exigências nutricionais 7

2.2.3. Acidez do solo 8

2.3. Maneio do solo 9

2.4. Avaliação da qualidade do solo 13

2.4.1. Indicadores físicos 14

2.4.2. Indicadores químicos 15

2.4.3. Indicadores biológicos 18

CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS 19

3.1. Características gerais da zona de estudo 19

3.1.1 Localização 19

3.1.2. Clima 19

3.2 Materiais 20

3.3. Métodos 21

3.3.1. Descrição das práticas de maneio do solo para a produção de milho 21

3.3.1.1. Tipo de Pesquisa **21**

3.3.1.2. Técnicas de recolha de dados **22**

3.3.1.3. População e Amostra para a entrevista **23**

3.3.1.4 Método bibliográfico **24**

3.3.1.5 Estudo documental **24**

3.3.2. Caracterização dos solos 24

3.4. Processamento e análise de dados 28

3.5. Considerações éticas 28

CAPÍTULO IV: RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO 29

4.1 Práticas agronómicas adoptadas pelas comunidades de Mepica na produção de milho . 29

4.1.1 Limpeza dos campos 29

4.1.2. Preparo do solo 30

4.1.3. Rotação de culturas 32

4.1.4. Consociação 33

4.1.5. Cobertura morta 35

4.1.6. Adubação 36

4.2. Caracterização dos solos 37

4.2.1. Caracterização do perfil do solo 37

4.2.2. Características físicas dos solos 39

4.2.3. Características químicas dos solos 41

CAPÍTULO V: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES **53**

5.1. Conclusões 53

5.2. Recomendações 53

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

APÊNDICES **61**

MATERIAL SUPLEMENTAR **67**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Necessidades nutricionais do milho.....7
Tabela 2. Material usado no laboratório.....20
Tabela 3. Classificação de fósforo disponível para as plantas 27
Tabela 4. **Intervalos de classificação dos parâmetros estudados na pesquisa**.....28
Tabela 5. Culturas produzidas em rotação com a cultura de milho.....33
Tabela 6. Cultura produzidas em consociação com o milho 34
Tabela 7. Características físicas (textura e densidade) e químicas (pH e matéria orgânica no solo) de dois perfis abertos na localidade de Mepica e Napacala 37
Tabela 8. Macronutrientes e micronutrientes de dois perfis abertos na localidade de Mepica e Napacala 38
Tabela 9. Características físicas dos perfis nos seus diferentes horizontes 39
Tabela 10. Características físicas (densidade das partículas e a textura do solo) do solo das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Metúcue) 39
Tabela 11. Resultados médios do pH activo, o teor de Matéria Orgânica no Solo (MOS) e a Capacidade de Troca Catiónica (CTC) do solo das três Localidades.....41
Tabela 12. Resultados médios da Acidez potencial (H+Al), Soma de bases (SB) e Saturação por bases (V) do solo das três Localidades.....45
Tabela 13. Resultados médios dos micronutrientes (Ferro, Manganês e Sódio) dos solos das três Localidades.....46
Tabela 14. Resultados médios dos macronutrientes primários (Nitrogénio, Fósforo e Potássio) e secundários (Cálcio e Magnésio) do solo das três Localidades.....47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Crescimento da área de produção global de milho no distrito de Cumba na campanha 2019/2020 a 2020/2021 (Adaptado dos relatórios do SDAE-Cuamba). 6
Figura 2. Localização geográfica da área de estudo (Adaptado do CENACARTA, 2017) 19
Figura 3. Decurso das entrevistas junto dos produtores seleccionados. 22
Figura 4. Nível de inclusão do género nos produtores entrevistados 23
Figura 5. Processo de análise do perfil do solo 24
Figura 6. Perfil do solo aberto na localidade de Mepica e de Napacala 25
Figura 7. Processo de colecta de amostras 26
Figura 8. Sumário dos resultados sobre o maneio da limpeza dos campos 29
Figura 9. Sumário dos resultados sobre o preparo do solo 31
Figura 10. Resultado da prática de rotação de culturas 32
Figura 11. Resultados de prática de consociação na produção de milho 34
Figura 12. Resultado de prática de cobertura morta na produção da cultura de milho 35
Figura 13. Resultados de práticas de adubação na produção da cultura de Milho 36
Figura 14. Regressão linear entre a matéria orgânica no solo e a densidade aparente. 41
Figura 15. Gráficos de regressão: Esquerda: regressão entre a Matéria orgânica e a capacidade de Troca Catiónica do solo e Direita: regressão entre o teor de argila e a capacidade de Troca Catiónica do solo. 44
Figura 16. Gráficos de regressão: Regressão entre saturação por base do solo com o pH activo (à esquerda) e teor de fósforo (à direita) 46
Figura 17. Gráficos de regressão: Regressão entre fósforo no solo com pH activo (à esquerda) e Teor de argila (à direita). 49
Figura 18. Regressão entre o teor de argila no solo com o teor de Cálcio, Potássio e Magnésio no solo 51

LISTA DE ABREVIATURAS

ANDA: Associação Nacional para Difusão de Adubos

ANOVA: Análise de Variância

CTC: Capacidade de Troca Catiónica

Dap: Densidade aparente do solo

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GPS: Sistema de posicionamento global

Hab: Habitantes

IIAM: Instituto de Investigação Agraria de Moçambique

MAE: Ministério da Administração Estatal

MOS: Matéria Orgânica do Solo

ONGs: Organizações Não-governamentais

PIB: Produto Interno Bruto

SB: Soma de Bases

SDAE: Serviços Distritais de Actividade Económica

V: Saturação de Bases

USDA: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

A agricultura, em Moçambique, é dominada pelo sector familiar, com mais de 95% das áreas cultivadas, em que o destino da produção é essencialmente a subsistência e somente os excedentes são comercializados. O milho, produzido em condições não irrigadas, é a cultura de maior importância em todo o território nacional, ocupando em torno de um terço do total da área produzida (Mabilana, Fontana & Fonseca, 2012).

Nos últimos anos, a produção de milho, vem registando importantes transformações tecnológicas, resultando em aumentos consideráveis no rendimento da cultura. Entre essas tecnologias destaca-se a consciencialização dos agricultores de milho da pertinência do melhoramento da qualidade físico-química dos solos, objetivando uma produção sustentável. Isso prende-se ao facto de o solo ser o principal componente para a prática da agricultura podendo, na maioria das vezes, determinar a qualidade da produção e a produtividade (Stone & Silveira, 2001).

Em países como Moçambique, onde maior parte dos produtores praticam agricultura de subsistência, a limpeza dos campos, em muitos campos de produção, é com base nas queimadas. Ademais, nos últimos anos, como forma de dar face ao aumento da produção e geração de excedentes, o Governo moçambicano tem incentivado o uso da mecanização, monocultivo, pesticidas e adubos químicos, abandonadas as práticas agrícolas tradicionais. Estas práticas podem, a longo prazo, afectar a qualidade do solo.

A melhoria das características físico-químicas dos solos está relacionada ao maneio adequado, o qual inclui práticas como, a rotação de culturas, sementeira directa, maneio da fertilidade do solo por meio da correcção do pH do solo e aplicação adequada de adubos como fonte de macronutrientes e micronutrientes, utilizando adubos inorgânicos e/ou orgânicos (compostos, estercos, adubação verde) (Stone & Silveira, 2001).

Em Moçambique, em particular no distrito de Cuamba, o produtor tem adoptado diferentes tecnologias de maneio do solo, algumas destas, sem uma recomendação técnica. A adopção destas tecnologias pode conduzir à degradação dos solos e como consequência, os solos podem perder a sua capacidade produtiva. Nesta vertente, a pesquisa pretendeu analisar a influência das práticas de maneio do solo adoptadas pelos produtores do posto administrativo de Mepica, Distrito de Cuamba sobre as características edafológicas do solo e a sua aptidão na produção de milho.

O estudo é de carácter Quantitativo e qualitativo descritivo-explicativo e analítico interpretativo. Como instrumento de colecta de dados optou-se pela entrevista dirigida aos produtores, revisão da literatura e estudo documental. Em termos de estrutura, para além da introdução, este trabalho integra três capítulos, seguidos de conclusões, sugestões e referências bibliográficas, apêndices e anexos. O primeiro centra-se no marco teórico, onde faz-se o levantamento e sistematização da literatura relacionada à matéria a investigar, buscando elucidar os principais conceitos teóricos, explorando diferentes abordagens e definições com base nas ideias de vários autores. O segundo capítulo debruça-se sobre o desenho metodológico, no qual é apresentado o percurso empreendido na elaboração do trabalho, a natureza da pesquisa, as etapas e procedimentos utilizados na recolha de dados. No terceiro capitulo são apresentados e analisados os dados colectados no contexto do estudo e interpretados os respectivos resultados.

1.2. Problematização

O solo é o principal componente para a prática da agricultura podendo, na maioria das vezes, determinar a qualidade da produção e a produtividade. Contudo, o uso irracional (práticas de maneio de solo inadequado) dos solos pode conduzir a resultados produtivos muito abaixo dos esperados devido à perda da capacidade produtiva dos mesmos. O distrito de Cuamba tem se destacado na produção de milho, além de outras culturas. A maioria da produção é realizada pelo sector familiar, que busca aumentar a produtividade através de diversas práticas de maneio do solo, uma vez que não recebe assistência frequente ou ate mesmo antecipada dos extensionistas da rede do Estado.

Na maioria das vezes, as práticas de maneio do solo adoptadas pelos produtores não são antecedidas de estudos científicos que comprovem a sua eficiência. E, algumas são cientificamente desaconselhadas por conduzir à degradação dos solos e consequente perda da capacidade produtiva dos mesmos. As perdas da capacidade produtiva conduzem ao abandono das áreas de produção. Aliás, este fenómeno é muito recorrente no distrito de Cuamba, onde os produtores, devido à incapacidade produtiva dos solos, abandonam as áreas de produção e abrem novas áreas. As aberturas de novas áreas, na maioria das vezes, implicam o desmatamento (versos custo de produção) e, com isso, a redução do sequestro de carbono e consequentemente o aumento da temperatura global, que conduz às mudanças climáticas. Tendo em conta as consequências que podem advir da adopção de práticas inadequadas de maneio do solo, a pesquisa centra-se na seguinte questão de partida: Q*ue influências as práticas de maneio do solo adoptadas pelos produtores do Posto Administrativo de Mepica, distrito de*

Cuamba, exercem sobre a composição físico-química do solo e a sua aptidão na produção do milho?

1.3. Justificativa

A constituição moçambicana define a agricultura como base de desenvolvimento da economia nacional devido aos seguintes factores: mais de 70% da população encontram-se sedeadas nas zonas rurais, onde a agricultura é a fonte de renda das famílias; a agricultura ser o sector que mais emprega na economia do país; produção de alimento (Mosca, 2014). Presentemente a agricultura contribui com 24% do PIB (Ministério da Agricultura de Moçambique, 2011).

Em países em via de desenvolvimento, como é o caso de Moçambique, a produção agrícola é quase dependente do solo. Estudos que visam compreender a forma de uso do solo e os impactos que esta forma de uso tem sobre o solo são de extrema importância para o desenho de estratégias que visam garantir a manutenção ou acréscimo da capacidade produtiva do solo e consequente aumento da produção e produtividade das culturas. Na perspectiva de Reichert, Reinert e Braida (2003), indicadores qualitativos são fundamentais, especialmente para que sejam compartilhados com os agricultores, permitindo que eles possam avaliar as limitações na produção em suas propriedades, integrando-os no trabalho de monitoramento dos progressos (ou regressos) conseguidos.

Observou-se que este tema ainda não foi suficientemente explorado, há poucas publicações sobre as mudanças das propriedades edafológicas em função do maneio agronómico dos solos, o que leva a que muitas pessoas tenham um desconhecimento total sobre o tema aqui abordado. Daí que a autora entende que no espaço académico o estudo foi relevante na medida em que contribui, não só, para enriquecer o escasso debate literário existente sobre a temática, como também serve de base para o desenvolvimento de outras pesquisas.

Socialmente, compreendendo a relação maneio do solo e as suas propriedades, os resultados das pesquisas contribuirão para o desenho de estratégia de redução dos efeitos nocivos ao solo, aumentando, deste modo, a produção e a produtividade da cultura de milho e, provavelmente, o aumento da renda e do bem-estar dos produtores e da comunidade em geral.

1.4. Delimitação da pesquisa

A pesquisa foi realizada no distrito de Cuamba, Posto Administrativo de Mepica no período correspondente a 2022. O distrito de Cuamba está localizado na parte Sul do Niassa, ao Norte, confinado pelos distritos de Metarica e Mandimba, a Sul faz limite com os distritos de Gurué e

Mecanhelas, a Este com os distritos de Gurué, Lalaua e Malema, e a Oeste com o distrito de Mecanhelas (Ministério da Administração Estatal –MAE, 2005).

1.5. Objectivos

1.5.1. Geral

- Analisar a influência de maneio de solos adoptadas na produção de milho sobre as propriedades edafológicas dos solos do Posto Administrativo de Mepica.

1.5.2. Específico

- Descrever as práticas agronómicas adoptadas pelas comunidades de Mepica na produção de milho;
- Avaliar a idoneidade das práticas agronómicas adoptadas pelas comunidades de Mepica na produção de milho;
- Caracterizar os solos usados para a produção de milho no Posto Administrativo de Mepica;
- Descrever a aptidão agrológica dos solos do Posto Administrativo de Mepica na produção de milho;
- Descrever a influência das práticas de maneio do solo sobre as propriedades edafológicas na produção de milho.

1.6 Questões de pesquisa

- Que propriedades edafológicas apresentam os solos do Posto Administrativo de Mepica?
- Em que condições edafológicas a cultura de milho é produzida?
- Os solos do Posto Administrativo de Mepica conferem a aptidão para a produção de milho?
- Que práticas agronómicas são adoptadas pelas comunidades de Mepica na produção de milho?
- Como é que influenciam as práticas adoptadas pelas comunidades na manutenção, melhoramento ou degradação das propriedades edafológicas dos solos?

CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de milho em Moçambique

A agricultura, em Moçambique, é dominada pelo sector familiar, com mais de 95% das áreas cultivadas, em que o destino da produção é essencialmente a subsistência e somente os excedentes são comercializados (Mabilana et al., 2012). O milho é a cultura agrícola de maior importância em Moçambique, ocupando cerca de 1/3 da área total cultivada no país. Esta cultura tanto pode ser considerada uma cultura alimentar básica assim como uma cultura de rendimento (Mabilana et al., 2012).

Para USAID (2011 citado por Demarchi, 2011, p.10), o rendimento mundial do milho para a campanha 2010/2011, esteve na ordem dos 5.069kg/ha. Entretanto, Garcia (2002) afirma que o rendimento do milho pode atingir 2500 a 7000 kg/ha dependendo das variedades e dos outros factores que influenciam no rendimento. Walker et al. (2006) sustentam que em Moçambique as regiões agroecológicas R7 e R10 (alta altitude) apresentam maior produção deste cereal, entretanto, as regiões de produção da cultura de milho mais dinâmicas, com produtividade por familiar significativamente maior, são a R10, R6 e R4 onde a produção média anual aproxima-se ou excede os 800 kg/agregado familiar.

O IIAM (2012 citado por Cipriano & Silva, 2019, p. 2) 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. Em 2004, o rendimento do milho em Moçambique, atingiu uma média em torno de 960 kg/ha (Faostat 2005, citado em Uaiene, 2006, p. 5). Entretanto, Uaiene (2006) afirma que em Moçambique o rendimento do milho ronda os 200 kg/ha nas zonas baixas e 1200 kg/ha nas zonas médias e de altas altitudes.

2.1.1. Produção de milho no distrito de Cuamba

O distrito de Cuamba tem-se destacado na produção, além de outras culturas, da cultura de milho, sendo esta, de acordo com o relatório do SDAE-Cuamba, o cereal mais produzido a nível do distrito. A produção de milho no distrito é praticada maioritariamente pelo sector familiar que, com a deficiência de assistência dos extensionista da rede do Estado, tem adoptado deferentes práticas de maneio de solo visado o aumento da produtividade.

Na campanha agrícola 2020/21, o distrito produziu cerca de 3.061.393 toneladas de culturas diversas, destas, 1.247.556 toneladas corresponderam à produção da cultura de milho (ver a

Figura 1). Maior parte desta produção é proveniente do Posto Administrativo de Mepica. Ademais, na Figura 1, é possível verificar a evolução das áreas de produção de milho, assim como a produção global do cereal.

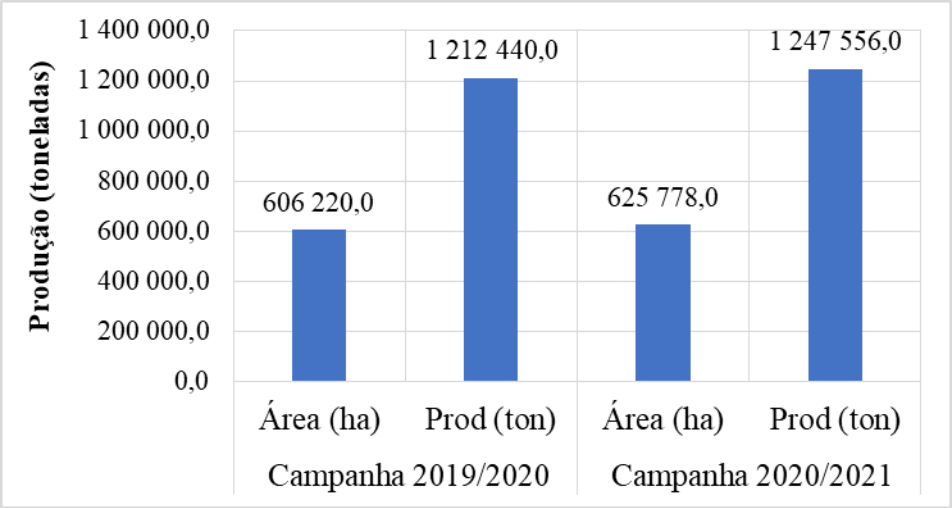

Figura 1. Crescimento da área de produção global de milho no distrito de Cumba na campanha 2019/2020 a 2020/2021 (Adaptado dos relatórios do SDAE-Cuamba).

A produção de milho na primeira campanha, embora fosse de menor área, apresentou maior rendimento em relação a segunda campanha:

1ª Campanha: $rendimento = \frac{produção(ton)}{área(ha)} = \frac{1.212.440}{606.220} = 2ton/ha$

2ª Campanha: : $rendimento = \frac{produção(ton)}{área(ha)} = \frac{1.247,556}{625.778} = 1,99360ton/ha$

2.2. Condições edafoclimáticos

2.2.1. Precipitação e textura do solo

O milho responde melhor em regiões com taxa de precipitação anual que varia de 300 a 5.000mm sendo que a demanda de água para maximizar o rendimento de milho durante o seu ciclo de desenvolvimento é de cerca de 600 mm. Na fase de florescimento, dois dias de stress hídrico, conduz a uma redução do rendimento por hectare em mais de 20%, entre quatro a oito dias, reduz o rendimento em mais de 50% (Magalhães & Durães, 2006).

Segundo Barros e Calado (2014), a cultura responde melhor a solos de textura mediana, de franco a franco-limoso no horizonte superficial. Ademais, na visão de Sans e Santana (2002), os solos devem apresentar teor de argila em torno de 30-35%, com estrutura que possibilita a drenagem adequada, boa capacidade de retenção de água e de nutrientes, são os mais recomendados para a cultura do milho. Os solos arenosos, segundo devem ser evitados na

produção da cultura de milho, devido à sua baixa capacidade de retenção de água e nutrientes por meio da lixiviação e (Sans & Santana, 2002), por possuírem baixa capacidade de retenção de catiões (Pereira, Signor & Deon, 2018).

2.2.2. Exigências nutricionais

Dentre os vários nutrientes, observa-se que a extracção de nitrogénio, potássio, fósforo, magnésio e cálcio aumenta linearmente a produtividade da cultura, e que a maior exigência da cultura de milho refere-se a potássio e nitrogénio, seguindo-se os seguintes elementos, cálcio, magnésio e fósforo (Bahia Filho, Vasconcellos, dos Santos, de Franca & Pitta, 2000).

O rendimento de uma produção é determinado pela ausência de qualquer um dos nutrientes essenciais, mesmo que todos os outros estejam disponíveis em quantidades adequadas, onde o excesso de um nutriente não supera a falta do outro (Justus von Liebig, 1840)

Para os micronutrientes, a demanda necessária para garantir incremento do rendimento de milho são relativamente pequenas. Para obter um rendimento por hectare de 9 toneladas de grãos, são extraídos: 340 g de manganês, 2.100 g de ferro, 9 g de molibdénio, 400 g de zinco, 110 g de cobre e 170 g de boro. Contudo, a insuficiência de um destes nutrientes pode ter efeito na desordem de seguimentos metabólicos e redução na produção, à semelhança de qualquer macronutriente (Bahia Filho et al., 2000).

Enquanto os baixos teores de ferro podem afectar o rendimento da cultura por deficiência, os altos teores afectam o rendimento por meio da toxidade ou antagonismo (competição) com outros nutrientes. Num estudo realizado por Jucoski, Cambraia, Ribeiro e Oliveira (2016), o excesso de ferro promoveu a toxidade nas plantas e reduziu os teores de P, Cu, Zn e Mn. Outrossim, a deficiência dos micronutrientes (como Fe e Mn) pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos e redução na produtividade, como a deficiência de um macronutriente (Coelho, 2006). De acordo com Filho et al. (2000), as necessidades nutricionais do milho podem ser resumidas na tabela 1.

Tabela 1. Necessidades nutricionais do milho

Tipo de exploração	Produtividade t/ha	Nutrientes extraídos (kg/há)				
		N	P	K	Ca	Mg
Grãos	3.66	77	9	83	10	10
	5.80	100	19	95	17	17
	7.87	167	33	113	27	25
	9.17	187	34	143	30	28
	10.15	217	42	157	32	33
Silagem (Matéria seca)	11.60	115	15	69	35	26
	15.31	181	21	213	41	28
	17.13	230	23	271	52	31

	18.65	231	26	259	58	32

Na cultura de milho, os nutrientes registam diferentes níveis de translocação entre os tecidos da planta. Neste contesto, 77 a 86 % do fósforo absorvido é translocado para os grãos, seguindo-se 70 a 77 % de nitrogénio, 60 % de enxofre, 47 a 69 % de magnésio, 26 a 43 % de potássio e 3 a 7 % de cálcio (Coelho, 2006).

Em muitos sistemas de cultivo de milho, a disponibilidade de N é sempre um factor que limita a produção da cultura, influenciando o desenvolvimento da cultura mais do que qualquer outro elemento nutritivo (Silva Filho, 2016). Isso prende-se ao facto de o nitrogénio no solo apresentar alta mobilidade e a sua reserva nos solos tropicais encontra-se associada à disponibilidade da matéria orgânica, correspondendo a cerca de 95% do total existente (Lopes, 2018; Pavinato, Ceretta, Girotto & Moreira, 2018).

Neste caso, em zonas trópicas, o incremento do teor de nitrogénio no solo, passa por assegurar a disponibilidade e a qualidade da MO e, consequentemente, os teores de carbono e nitrogénio do solo (Silva Filho, 2016). Na perspectiva dos autores, o incremento da matéria orgânica no solo passa necessariamente pelo constante emprego dos adubos verdes e, (Lopes, 2018) com a adição de mais resíduos de culturas. Pavinato et al, (2018) avaliando a influência do nitrogénio e potássio no rendimento de milho, verificaram a máxima produtividade de grãos de milho sob irrigação quando foram aplicados 283 a 289 kg/ha de nitrogénio.

Souza, Vilar, Ushiwata, Reis e Ribeiro (2018) avaliando a reposta de milho da segunda campanha de produção à adubação fosfatada verificaram uma dependência do fósforo no crescimento e rendimento do milho produzido na segunda época. Num estudo conduzido por Petter, Andrade, Zuffo, de Sousa, Pacheco e de Almeida (2016) reportaram influência significativa das doses de potássio na produtividade de grãos. O maior rendimento (6607 kg/ha) foi obtido quando foi aplicado utilizando a dose estimada de 53 kg/ha de K_2O. Júnior, de Oliveira, Neto, Couto e Viégas (2000), na sua pesquisa, reportaram valores elevados de K no horizonte A nas áreas com pastagens cultivadas. Os autores relacionaram os altos teores com a mobilização do potássio, pela queima periódica durante a estação seca.

2.2.3. Acidez do solo

Entre as culturas, o milho é considerado como sendo de tolerância mediana em função das condições de acidez e toxidade de alumínio. Solos com saturação de Al da Capacidade de Troca Catiónica efectiva maior que 20 %, afecta o rendimento da cultura de milho. Contudo, deve acrescentar-se que isto é resultado da ocorrência de deficiência hídrica, teores de MOS e fósforo

no solo e híbrido de milho (Bahia Filho et al., 2000). De acordo com Barros e Calado (2014), a cultura de milho desenvolve-se melhor em solos cujo pH se encontra em torno de 5 a 8.

2.3. Maneio do solo

Nos últimos anos, a produção da cultura de milho vem passando por mudanças tecnológica consideráveis, conduzindo em aumentos notáveis da produção e produtividade. Entre essas tecnologias, destaca-se a necessidade de educar os produtores sobre a importância do melhoramento da qualidade dos solos, visando uma produção e produtividade sustentável (Stone & Silveira, 2001).

A melhoria na qualidade dos solos está geralmente relacionada ao maneio adequado, tais como, a rotação de culturas, sementeira directa, maneio da fertilidade do solo através da correcção da acidez do solo e adubação em quantidade necessária com macronutriente e micronutrientes, utilizando adubos inorgânicos ou orgânicos (compostos, estercos, adubação verde, etc.) (Stone & Silveira, 2001)**.**

A adopção da sementeira directa pode ser uma alternativa aos sistemas agrícolas convencional de preparo do solo e garantir a sustentabilidade de sistemas intensivos, por manter o solo coberto com restos de culturas ou plantas vivas ao longo do ano, reduzindo a erosão, e por manter o teor de MOS (Stone & Silveira, 2001). Dentre os vários benefícios do sistema de sementeira directa sobre o solo, Toledo-Souza, Silveira, Lobo Júnior e Café Filho (2008) destacam os seguintes: protecção contra os danos directo das gotas de chuva; contribui para a infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial e a perda das partículas do solo e nutrientes por meio da erosão.

A adopção do sistema de sementeira directa contribui para a modificação da compactação e desagregação do solo quando comparado com o sistema de maneio do solo que envolve o reviramento (Reichert et al., 2003). Ademais, o sistema de sementeira direita associado a rotação de culturas e também inclusão de plantas com capacidade de cobrir o solo, além de reduzir a erosão hídrica, favorece a estabilidade estrutural devido ao aumento do teor de matéria orgânica e actividade biológica do solo (Reichert et al., 2003).

Em geral, na sementeira directa, os solos apresentam no horizonte superficial, após um intervalo de três a quatro anos, incremento da densidade e microporos e redução dos macroporos e porosidade total, quando confrontados com os valores do preparo convencional (Stone & Silveira, 2001; Resende, Souza, Oliveira & Gualberto, 2005). Isto, limita o crescimento e desenvolvimento das raízes.

Diferentemente da sementeira directa, o reviramento do solo, associado a factores como, chuvas intensas, alta taxa de erosão e temperaturas elevadas, favorece a degradação rápida do solo, pode pôr em risco a saúde do solo e, consequentemente, a actividade agrícola (Stone & Silveira, 2001). Reichert et al. (2003) consideram que o reviramento do solo ou tráfego de máquinas e equipamentos agrícolas alteram a estrutura dos solos. Além das máquinas, o pisoteio de animais durante o preparo do solo por meio da tracção animal, também influencia na estruturação do solo (Silva, Reinert & Reichert, 2000). A alteração da estrutura pode ser compreendida como compactação e agregação do solo.

O uso incorrecto de máquinas e equipamentos agrícolas é um dos principais factores que conduz à formação de horizonte sub-superficial compacto e tem sido a principal causa da degradação da estrutura do solo e da redução da produção e produtividade das culturas (Stone & Silveira, 2001) devido à restrição do crescimento do sistema radicular (Silva et al., 2000; Reichert et al., 2003) e encharcamento do solo. Ademais, a compactação pode predispor o solo à erosão hídrica (Silva et al., 2000). Segundo Reichert et al. (2003), o carbono do solo é perdido muito rapidamente sob a forma de CO_2, minutos depois de reviramento intenso[1], em teores iguais em relação às quantidades adicionadas pelos resíduos da cultura anterior deixados no terreno. Assim, a perda de carbono do solo durante as operações de preparação, é o que reduz os níveis de MOS.

Silva et al. (2000) avaliando a densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular da cultura milho afectados pela pastagem e maneio do solo verificaram que o sistema de maneio do solo influenciou positivamente na densidade do solo em relação ao pisoteio de animais, observando o controlo da carga animal ajustado ao desenvolvimento da pastagem. O rendimento de grãos da cultura de milho e de silagem não foi afectada pela pastagem ou pelo preparo do solo.

A compactação é mais intensa quando se trabalha em solos com textura argilosos; entretanto, esses solos resistem a desagregação, contrariamente a estes, os solos com textura arenosos apresentam menores probabilidades de compactação, porém são suscetíveis à desagregação (Reichert et al., 2003). Silva et al. (2000) considera que o sistema radicular das plantas cultivadas apresenta diferentes níveis de tolerância à compactação do solo, porém, as culturas respondem a números a partir dos quais se iniciam limitações ao seu desenvolvimento e crescimento.

[1] 5 vezes mais em relação às parcelas não reviradas

Um estudo realizado por Stone e Silveira (2001), no qual avaliaram a influência da rotação de culturas e do sistema de preparo e na densidade do solo e porosidade, verificaram que a sementeira directa aumentou a densidade do solo e reduziu a porosidade total e macrósporo na camada superficial do solo, enquanto o preparo do solo com charruas reduziu a densidade do solo e aumentou a porosidade total. Nas camadas abaixo da superfície, o preparo do solo com charruas de aiveca reduziu a densidade do solo e aumentou a porosidade total e os micróporos.

A rotação de diferentes culturas, pela inclusão de culturas com sistema radicular pivotante e com aportes diversificados de matéria seca, pode modificar a composição física do solo. A intensidade da modificação depende do período de cultivo, do número de culturas por ano e do tipo de culturas produzidas (Stone & Silveira, 2001). Toledo-Souza et al. (2008) avaliando a influência dos sistemas de produção, sucessões de culturas, sobre a sobrevivência de patógenos de solo e densidade, observaram influências positivas da rotação de culturas sobre os teores e estoques de Carbono e Nitrogénio que influenciaram na agregação do solo. As qualidades dos restos de culturas influenciaram positivamente nas fracções mais humificadas da Matéria Orgânica do Solo.

Ainda no mesmo estudo realizado por Stone e Silveira (2001), no qual avaliaram os efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na densidade e porosidade do solo, verificaram na camada superficial do solo que os sistemas de rotação que incluíram trigo e soja aumentaram a densidade do solo e os microporos e reduziu os macroporos, enquanto a consociação do arroz e calopogônio-feijão aumentou os macróporos e reduziu os micróporos.

Mottin, Seidel, Ribeiro, Pan, Fey e Rosset (2022) avaliando a influência do cultivo do milho consorciado com culturas de cobertura na produção e produtividade de matéria seca e nas características físicas do solo, verificaram que a produção de milho consorciado com culturas de cobertura melhorou as características físicas do solo na profundidade de até 10 cm. Num outro estudo realizado por Silva, Santos, Barretto, de Freitas e Kluthcouski (2018) concluíram que a consociação de milho com braquiária e feijão bóer não prejudica a produção do milho nem os seus componentes de rendimentos.

A cobertura do solo tem sido utilizada para reduzir a desagregação da estrutura do solo, controlo de ervas daninhas, além de influenciar na manutenção da humidade do solo e temperatura em níveis ideais para o crescimento das plantas (Resende et al., 2005). Em sistemas de produção orgânica, o uso de cobertura morta pode trazer uma série de vantagens como o controlo de erva daninha, devido às limitações de uso de agroquímicos neste sistema de produção (Stone & Silveira, 2001). Em uma pesquisa realizada por Prezotti, Silva, Vieira, Calmon, de Melo e

Stefanon (2020), a qual objectivou avaliar a influência de diferentes quantidades de cobertura morta sobre a temperatura e a humidade do solo cultivado com milho, verificaram redução da amplitude térmica e aumento da humidade do solo em parcelas com cobertura de 8 ton/há.

Toledo-Souza et al. (2008) avaliando os Sistemas de produção, sucessões de plantas cultivadas, sobrevivência de patógenos de solo e densidade do solo, verificaram que os restos de cultura eram integrados ao solo, na sementeira convencional, e ficavam à superfície do solo, na sementeira directa.

A limpeza de áreas para produção com base na queima é uma actividade característica em países em desenvolvimento (caso de Moçambique). Esta prática conduz à liberação de substâncias poluentes para a atmosfera (Bittencourt, 2009; Rocha, Pereira & Teixeira, 2014), tais como: monóxido de carbono, óxido de nitrogénio (Machado, 2012) e CO_2. Para alguns países, em particular os em desenvolvimento, a emissão dos gases de efeito estufa pela queima para limpeza de áreas agrícolas, representa importante parcela do total de emissões nacionais (Bittencourt, 2009), contribuindo para o aquecimento global.

Além do efeito estufa, os gases libertados durante a queima da vegetação afectam a saúde humana. Os efeitos podem ir de intoxicação (provocando asma, tosse, conjuntivite, bronquite e desordens cardiovasculares) até à morte devido a redução do teor de O_2 e elevação de CO (Rocha et al., 2014). Os mesmos autores consideram que, em países em desenvolvimento devido à difusão do uso da queimada para limpeza dos campos de produção, existe um número significativo de indivíduos afectados pelo efeito tóxico dos gases.

A queima da cobertura vegetal contribui para a redução da biodiversidade, extinção de espécies vegetais e animais, erosão, redução dos nutrientes do solo, desertificação (Rocha et al., 2014) afecta a estrutura do solo e elimina os microrganismos presentes no solo, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (Machado, 2012). A redução de nutrientes no solo conduz à aplicação de maiores quantidades de adubos químicos para incrementar a produção das culturas, levando, além de aumento de custos de produção, ao aparecimento de problemas ambientais como, acidificação e salinização dos solos. No estudo realizado por Costa e Rodrigues (2015) verificaram que a queimada exerceu forte influência sobre o processo erosivo do solo. No entanto, os teores de Alumínio, Cálcio, Fósforo, Magnésio e Potássio mantiveram-se nas mesmas quantidades em todas as parcelas. A ausência de diferença pode ser justificada pelo facto de a queimada aplicada ser de baixa intensidade.

Devido à perda de produtividade dos solos, tem sido recorrente o uso de adubos químicos para incrementar a fertilidade do solo e consequente melhoria do rendimento das culturas. Contudo, o uso vicioso dos adubos pode afectar a biodiversidade por alterar as características físico-químicas do solo e contaminar cursos de água.

A maioria dos adubos azotados (sulfato de amónio, nitrato de amónio) acidifica os solos (ANDA- Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2000; Bittencourt, 2009), afectado a produção de certas culturas devido a indisponibilidade de nutrientes e a libertação de elementos tóxicos para a solução do solo (alumínio). Outrossim, devido a alta solubilidade de alguns adubos (azotados e potássicos) podem conduzir a salinização dos solos. De acordo com Bittencourt (2009), a salinidade representa uma das principais causas de perda de solo.

Os adubos químicos podem ser fonte da maior parte de metais pesados presentes em um determinado solo. Um exemplo disso é o teor de Cádmio (Cd) frequente em solos que recebem adubação fosfatada (ANDA, 2000). Os altos teores de metais pesados, além de afectar o desenvolvimento das plantas, podem intoxicar as pessoas ou animais que se tenha alimentado de produtos provenientes de plantas que tenham absorvido teores elevados deste elemento. Estudos realizados com adubos nitrogenados têm mostrado que, perto de 5% do azoto é perdido para a água durante o crescimento das plantas (ANDA, 2000).

2.4. Avaliação da qualidade do solo

As perdas nas propriedades do solo, que afectam a capacidade de sustentar o crescimento e desenvolvimento das plantas, influenciam negativamente no bem-estar das comunidades rurais, com repercussões no meio urbano (Reichert et al., 2003). Para evitar ou reverter a degradação dos solos, a avaliação da qualidade dos mesmos é fundamental para garantir a capacidade produtiva.

Araújo, Ker, Neves e Lani (2012) consideram que não existe um método ou uma forma prático e confiável para aferir a qualidade do solo. Porém, a qualidade do solo tem sido, na maioria das vezes, avaliada por meio da mensuração de indicadores e pela sua comparação com valores pré-estabelecidos (*threshold level* ou limite crítico). A sua avaliação, por meio de indicadores, associada a informações sobre crescimento vegetal e aspectos ambientais, pode ser útil para o estabelecimento de uma agricultura sustentável (Reichert et al., 2003). Ademais, na perspectiva dos mesmos autores, a avaliação da qualidade do solo por meio de indicadores é de extrema importância, especialmente para que os produtores tenham bases sólidas para a monitoria e avaliação dos limites produtivos das suas áreas de produção (Reichert et al., 2003).

Araújo et al. (2012) consideram que a qualidade do solo, de entre os vários factores, dependerá da extensão em que o solo funcionará em benefício do homem, de acordo com a constituição natural do solo e pelas práticas adoptadas pelo homem no processo produtivo. Para a avaliação da qualidade dos solos, Arshad e Martin (2002 citado por Araújo et al., 2012, p. 12) sugerem as seguintes etapas:

1) Dividir a região ou área de estudo em diferentes ecorregiões (seleccionar zonas ecológicas, campo de produção com solos semelhantes);
2) Definir o objectivo do estudo sobre a qualidade do solo (produção agrícola, protecção ambiental ou qualquer outro uso);
3) Eleger um conjunto de indicadores para a área de estudo; e
4) Especificar os limites críticos para os indicadores e transformá-los em qualidade do solo.

Doran e Parkin (citado em Reichert et al., 2003, p. 4) salientam que os indicadores devem obedecer os seguintes critérios: (I) envolver processos ocorrentes no ecossistema; (II) integrar processos e propriedades físicos, biológicos e químicos; (III) ser atingível e adequável no campo; (IV) ser sensível a mudanças de maneio e de clima; e (V) compor o banco de dados de solos. Os indicadores de qualidade do solo podem ser agrupados em três microgrupos a destacar: Indicadores físicos; indicados químicos; e os indicadores biológicos

2.4.1. Indicadores físicos

De entre os indicadores usados para avaliação da qualidade dos solos, segundo Araújo et al., (2012) e Reichert et al. (2003), destacam-se os seguintes: textura; estrutura; espessura (horizonte A); densidade do solo; porosidade; resistência à penetração; estabilidade de agregados; retenção da água; e condutividade hidráulica.

2.4.1.1. Densidade e Porosidade

A densidade e porosidades têm sido largamente usadas pela facilidade de determinação e pelo facto de receberem pequena influência do teor de água no momento da colecta das amostras do solo (Reichert et al., 2003). A densidade varia em função da textura, da estrutura do solo e ela pode ser modificada pelo processo produtivo, pela compactação de máquinas usadas na produção agrícola, por pisoteio de animais e condições ambientais do meio (Arshad et al., 1996 citado por Araújo et al., 2012, p. 5).

Silva, Portela, Gondim e Oliveira (2019) avançam que vários autores reportam uma correlação negativa entre a MOS e a densidade sobretudo nas camadas superficiais, devido à menor densidade dos sólidos da MOS, o que indica melhorias nos atributos físicos relacionados à estrutura do solo. Ademais, solos com maior teor de matéria orgânica apresentam valores menores de densidade de partículas (Almeida, 2005).

2.4.1.2. Horizonte superficial

O horizonte superficial é considerado um dos melhores indicadores da qualidade do solo, por ser nesta faixa onde encontra-se maior actividade da biota, sendo, consequentemente, um local oportuno para ciclagem de matéria orgânica e dos nutrientes (Araújo et al., 2012), por ser onde as raízes das plantas cultivadas extraem água e sais minerais necessários para o seu desenvolvimento.

2.4.2. Indicadores químicos

Os indicadores químicos, segundo Araújo et al. (2012), são agrupados em: os relacionados com teor de matéria orgânica; pH do solo; teor de nutrientes; elementos fitotóxicos (Al3+, Mn); Saturação de bases (V%); e saturação de alumínio (m). A esta lista, acresce-se os seguintes indicadores: Capacidade de Troca Catiónica; o teor de sais.

2.4.2.1. pH solo

O pH do solo é de extrema importância pelo facto de determinar a disponibilidade de nutrientes a actividade microbiana do solo. Segundo Araújo et al. (2012), o pH é uma medida que expressa a disponibilidade de nutrientes, como os macro e micronutrientes, assim como as suas relações são importantes para avaliar a qualidade de solo entre diferentes sistemas de maneios.

Cardoso, Fernandes e Fernandes (2009) consideram pH óptimo aquele que varia entre 5,5 a 6 e alto aquele que está em torno dos 6,1 a 7. Solos de pH a tender para 5 podem apresentar teores de alumínio e ferro que são tóxicos para as plantas (Barros & Calado, 2014). Contudo, Sobral, Barretto, da Silva e dos Anjos (2015) garantem que no pH em torno de 5,2 a 5,3 o alumínio trocável está na sua totalidade insolúvel, não causando danos às raízes das culturas.

Em solos com pH ácido, regista-se maior disponibilidade de elementos tóxicos (Al, Mn, Fe) às plantas que nele se desenvolvem. Estes elementos, além de serem tóxicos, tornam o fósforo indisponível às plantas devido a complexação do fósforo com os tais elementos. Num estudo realizado por Rosa, Caponi e Júnior (2016), verificaram que o teor de fósforo disponível no solo para as plantas aumentou quando o pH foi elevado até à faixa de pH de 6,5 e acima deste valor, o teor de fósforo disponível para as plantas reduziu.

2.4.2.2. Capacidade de Troca Catiónica

A capacidade de troca de catiões (CTC) do solo é medida à pH 7 e indica o total de cargas negativas (responsáveis pela retenção de catiões) que o solo poderia apresentar se o seu pH fosse 7. Ela representa um dos parâmetros importantes para a interpretação do potencial produtivo do solo (Prezotti & Guarconi, 2013).

Solos argilosos e aqueles com elevado teor de matéria orgânica possuem elevada CTC, isto é, conseguem reter grande quantidade de catiões. E os arenosos apresentam baixa CTC e são suscetíveis a perdas por lixiviação (Prezotti & Guarconi, 2013). Pereira et al. (2018), avaliando a contribuição da matéria orgânica no aumento da capacidade de troca de catiões, verificaram que uma boa parte da CTC é proveniente da MO, comprovando o seu papel na melhoria da qualidade química dos solos arenosos. Num outro estudo realizado por Ramos (2012) verificaram redução da CTC no solo com a eliminação total da meteria orgânica do solo.

2.4.2.3. Saturação de bases

A saturação de bases (representada por V) indica a percentagem total de cargas negativas ocupadas por bases (potássio, sódio, cálcio e magnésios). A sua determinação resulta da divisão da soma de bases (SB) pela capacidade de troca catiónica do solo, multiplicado por 100 (Prezotti & Guarconi, 2013). Ronquim (2010) considera que a maioria das culturas apresenta boa produtividade em solos com valor de saturação de base entre 50 e 80%.

Nolla, da Silva, da Silva e Bordin (2020) avaliando o efeito da aplicação superficial de doses de calcário na disponibilidade de P e K verificaram que, a calagem aumentou o P, atingindo a maior disponibilidade com calagem para incrementar a saturação de bases até 60%; as doses elevadas de calcário (para incrementar a saturação de base até 70 e 80%) diminuíram os teores de fósforo. Ademais, os autores verificaram uma tendência positiva de aumento do pH activo em função do aumento da saturação por bases.

2.4.2.4. Matéria orgânica

A matéria orgânica é um dos melhores indicadores de qualidade do solo, pois relaciona-se com inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas (Reichert et al., 2003; Runquim, 2010), sendo considerada a principal indicadora da qualidade do solo (Costa, Silva & Ribeiro, 2013).

A matéria orgânica do solo representa substância morta no solo que provenha de resíduos animais e vegetais em diversos estágios de decomposição (Runquim, 2010; da Costa, 2011). Entretanto, na sua maioria, a matéria orgânica do solo é originária de material vegetal (Costa, Silva & Ribeiro, 2013) e, representa de 1-5% da composição geral do solo, em alguns solos,

como os organossolos, contêm mais de 20% de matéria orgânica com espessura mínima de 40 cm (Madari et al., 2009).

A distribuição da MOS é variável, tanto ao longo do perfil quanto horizontalmente, podendo estar dependente de vários factores, como: o tipo do solo; o relevo do terreno; a cobertura; as condições climáticas; a vegetação dominante na área; as práticas de uso e maneio do solo (Madari et al., 2009). Pode também estar dependente da entrada de material orgânico, da sua taxa de mineralização, da textura do solo pela interacção entre factores climáticos, microbiota do solo e a composição química do material (Costa et al., 2013).

O cultivo do solo com adições frequentes de matéria orgânica é a forma mais racional e ecológica de manter e/ou aumentar a fertilidade do solo tropical (Runquim, 2010), por ser fonte de nutrientes, em particular N, P e S (Da Cunha, 2015). Duxbury et al. (1989 citado por Da Cunha, 2015, p.11) revelam que, 95% N e do S e 60% a 80% de P do solo estão contidos na matéria orgânica e que a sua absorção pelas plantas depende da mineralização. Diferentemente da adubação química, a matéria orgânica contém praticamente todos os macronutrientes e micronutrientes (Runquim, 2010).

A presença de matéria orgânica no solo reduz a disponibilidade de Mn e Al, reduzindo o efeito tóxico às plantas, por meio da complexação destes elementos com substâncias húmicas e ácidos orgânicos simples (Da Cunha, 2015). A matéria orgânica do solo representa mais de 80% do valor total da CTC dos solos das zonas tropicais e subtropicais (Ronquim, 2010) e, em alguns casos, dependendo do teor de MO, da classe texturas e da mineralogia pode representar entre 20 a 90% da CTC (Canellas et al., 2003; Mielniczuk, 2008 citado por Da Cunha, 2015).

A ausência da matéria orgânica no solo afecta significativamente a estabilidade dos agregados do solo devido à dispersão do solo ocasionado pelas forças erosivas do impacto de gotas de chuva (Costa, et al., 2013). O incremento de matéria orgânica na superfície do solo protege do impacto directo da chuva, por dispersar os pingos de chuva (Braida, Bayer, Albuquerque & Reichert, 2011; Costa et al., 2013), reduzindo a remoção das partículas de solo, mantendo taxas óptimas de infiltração de água (Costa et al., 2013) consequente maior disponibilidade de água no solo para o crescimento das plantas.

No geral, a presença de matéria orgânica no solo resulta em melhorias da estrutura do solo, com redução da densidade do solo e ampliação da porosidade (Braida et al., 2011). Nos solos argilosos, a presença da matéria orgânica contribui para a formação de uma óptima estrutura, contribuindo para a melhoria da drenagem e do arejamento (Da Costa, 2011; Varennes, 2003). Estas condições permitem um maior desenvolvimento radicular e condições mais favoráveis

para a actividade microbiana, resultando numa maior taxa de decomposição do material orgânico.

A matéria orgânica do solo desempenha um papel fundamental nos atributos biológicos do solo ao ser fonte de carbono, energia e nutrientes para os microrganismos (Fernandes, 2016) e de fonte vitaminas, purinas, pirimidinas e aminoácidos (Moreira & Sequeira, 2006). Prova da dependência dos microrganismos sobre a matéria orgânica do solo é a maior população microbiana habitando nos primeiros 20 cm da profundidade do solo onde há maior abundância de matéria orgânica nestas profundidades (Moreira & Sequeira, 2006).

O alto poder tamponizante resultante da decomposição da matéria orgânica evita oscilações bruscas de pH do solo, permitindo um maior desenvolvimento dos microrganismos. Cardoso, Bento, Moreski e Gasparotto (2014) estudando a influência do uso de adubação verde nas características físicas e biológicas do solo e no rendimento da soja, evidenciaram que a palha dos adubos verdes usados teve influência significativa no crescimento da biota do solo.

2.4.3. Indicadores biológicos

Araújo et al. (2012) agrupam os indicadores biológicos em aqueles referentes à biomassa microbiana do solo, os referentes ao nitrogénio mineralizável, os referentes à respiração microbiana do solo, ao quociente metabólico e à actividade enzimática. De acordo com os mesmos autores, estes indicadores são de extrema importância na ciclagem dos nutrientes e na avaliação da capacidade do solo em face ao crescimento das culturas.

CAPÍTULO III: MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Características gerais da zona de estudo

3.1.1 Localização

O estudo foi realizado no Posto Administrativo de Mepica (figura 2), no distrito de Cuamba. O distrito tem uma superfície de 5121 km² e localiza-se a Sul da Província do Niassa, a Norte, confinando com os distritos de Metarica e Mandimba entre os Paralelos 16º 17' Sul e entre os meridianos 35º 12' e 37º 35'. Ao Sul faz limite com os distritos de Mecanhelas e Gurué, a Este com os distritos de Malema, Lalaua e Gurué da, e a Oeste com o distrito de Mecanhelas (MAE, 2005). O distrito conta com uma população de 355.299 habitantes, a data de 1 de Julho de 2012 com uma população estimada em 40,4 hab/km².

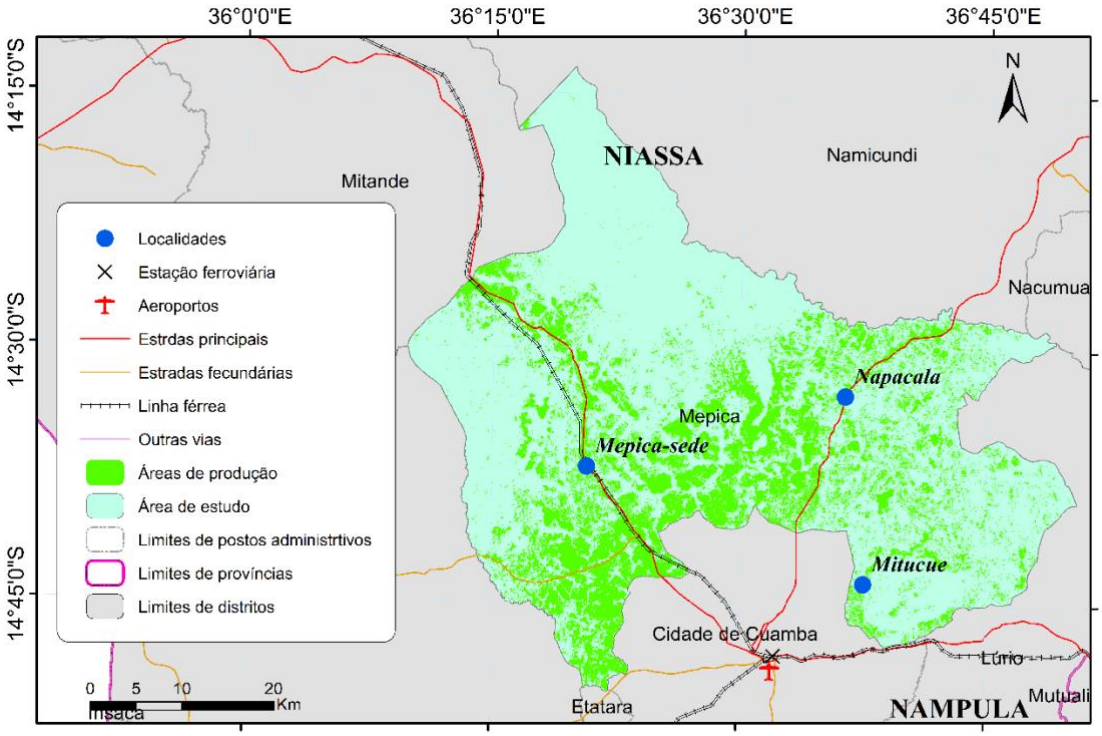

Figura 2. Localização geográfica da área de estudo (Adaptado do CENACARTA, 2017)

3.1.2. Clima

O distrito de Cuamba está localizado numa região caracterizada pelo clima tropical húmido e clima moderados pela altitude, nas zonas de Lúrio, Mitucué e Mathia. Este tipo de clima é resultado da existência de duas estações ao longo do ano (estação seca e chuvosa). Em média a temperatura anual é de 26°C, excluindo as regiões com alta altitude que não superam os 24°C. A precipitação máxima é de 1.400mm e a mínima de 800mm (MAE, 2005).

A maior parte da precipitação (300 mm) cai no mês de janeiro e a diferença entre a precipitação do mês mais chuvoso e do mês mais seco é de 239 mm, portanto, as temperaturas médias têm uma variação de 12°C a 41,7ºC durante o ano. Durante o verão regista-se mais pluviosidade que no inverno.

3.2 Materiais

Para material do campo, foram usadas as espátulas, picaretas para abertura de perfis, sacos plásticos e fitas métricas de campo, tabela de cores de munsel e o Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System*), GPS. Para o laboratório, utilizou-se material para as análises recomendadas das propriedades físico-químicas do solo, como indicado na tabela 2.

Tabela 2. Material usado no laboratório

Reagentes	Fórmula química	Aparelho de medição
Análise de fósforo		
Sodium bicarbonate	NaHCO3	Espectrofotometro de absorção molecular
Sulfuric Acid	H2SO4	
Antimony III Potassium Tartrate 1/2Hidrate	K(SbO)C4H4O6.1/2H2O	
Ammonium Molybdate	(NH4)6Mo7O24.24H2O	
L-Ascorbic Acid	C6H8O6	
Potassium dihydrogen phosphate	KH2PO4	
Sódio, Potássio, e Cálcio		
Ammonium Acetate	CH3-NH3-COOH	Espectrofotometro de absorção atómica
Potassium Chlorate	KCl	
Ethanol	CH3-CH3O 99.9%	
Cesium	Cs	
Standard solution	K^+, $Ca^{2+}Mg^{2+}Na^+$	
Micronutrientes (Fe, Mn)		
Acetic Acid 99.8%	CH3-COOH	Espectrofotometro de absorção atómica
Ethylenediamine Tetraacetic Acid (EDTA)	C10H16N2O8	
Ammonium Acetate		
Standard solution	Cu, Zn, Fe and Mn	
Nitrogénio Total (Kjeldahl)		
Iron sulfate	FeSO4.7H2O	Digestores Kjeldahl e Destilador Kjeldahl
Copper sulfate	CuSo4	
Potassium sulfate	K2SO4	
Sodium hydroxide	NaOH	
Boric acid 2%	H2BO3	

Reagentes	Fórmula química	Aparelho de medição
Hydrochloric acid 0.1N	HCl	
Methyl Orange	$C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$	
Phenolphthalein	$C_{20}H_{14}O_4$	
Bromothymol Blue	$C_{27}H_{28}Br_2O_5S$	
Acidez trocável		
Potassium Cloride	KCl	Potenciómetro
Textura do solo		
Hexametafosfato de sódio		Densímetro
Densidade aparente		Anel cilíndrico
Matéria orgânica		Dedução a partir de N

3.3. Métodos

3.3.1. Descrição das práticas de maneio do solo para a produção de milho

3.3.1.1. ***Tipo de Pesquisa***

Para a classificação desta pesquisa, baseou-se na tipologia de Gil (2002), que as caracteriza de acordo com 3 critérios: quanto ao objectivo, quanto à natureza e quanto à escolha do objecto de estudo. Quanto à natureza é classificada como quali-quantitativa. A escolha da abordagem qualitativa prende-se ao facto de a pesquisa ter analisado certos aspectos no seu contexto social e interpretado os factos, segundo o parecer dos entrevistados que participam da situação, sem necessidade de quantificar, de inferências estatísticas e de relações de causa e efeito. Enquanto a escolha da pesquisa quantitativa fundamenta-se no facto de a pesquisa, para análise de certas questões, apoiar-se em ferramentas estatísticas que permitiram inferir as práticas agrícolas adoptadas pelos produtores e a sua influência na qualidade dos solos do Posto Administrativo de Mepica.

Quanto aos objectivos, o presente estudo é de carácter descritivo-explicativo. Este foi escolhido por auxiliar no levantamento de informações sobre o tema abordado, ajudando-nos a entendê-lo melhor através dos factores identificados. Neste contexto, procura-se compreender uma realidade através de levantamento de depoimentos orais dos produtores de milho no que se refere a amanhos culturais praticados para a produção de milho.

Esta pesquisa tem como foco compreender um fenómeno que ocorre num determinado contexto, com recurso à descrição de uma realidade que, neste caso, são as práticas agronómicas adoptadas para a produção de milho no Posto Administrativo de Mepica. Desse modo, a metodologia escolhida é o estudo de caso. Realça-se a opção metodológica pelo estudo de caso neste trabalho, pelo facto de se tratar de um caso singular que visa a descoberta de fenómenos

em um determinado contexto, onde se enfatiza a interpretação de um fenómeno específico, buscando-se retratar a realidade de uma maneira complexa e profunda.

3.3.1.2. Técnicas de recolha de dados

Para a descrição das práticas de maneio do solo recorreu-se à entrevista coadjuvada pela observação não participativa. A escolha da entrevista fundamenta-se no facto de se querer ter informação fidedigna e com grande profundeza, que permitisse descrever com objectividade e realeza as práticas agrícolas adoptadas pelos produtores da cultura de milho. Para tal, optou-se pela entrevista semi-estruturada, onde os entrevistados tiveram a possibilidade de relatar as suas experiências e vivências sobre as práticas agrícolas na produção de milho. A observação consistiu em colectar dados em campos de produção que permitiram confrontar com os dados fornecidos pelos produtores.

Como forma de garantir a privacidade da relação entrevistador e entrevistado e do decurso da recolha de dados, as entrevistas foram realizadas nas residências dos produtores seleccionados. As entrevistas (figura 3) foram conduzidas através de um guião, em cuja construção teve-se sempre presente o problema do estudo, formulado por meio de questões fechadas e abertas, (apêndice I). Com efeito, houve boa gestão do tempo de cada entrevista, que teve uma duração de 20 a 25 minutos e foi de carácter individual, para evitar a copiosidade das respostas. Todas as entrevistas foram registadas com recurso a um gravador e transcritas na sua íntegra para fins de análise. O objectivo essencial da gravação foi de não deixar passar de forma despercebida nenhuma informação das opiniões dos participantes em relação ao tema em estudo.

Figura 3. Decurso das entrevistas junto dos produtores seleccionados.

A realização das entrevistas (figura 3) iniciou com um pedido de autorização junto ao Serviço Distrital de Actividades Económicas de Cuamba, aos chefes de comunidades e ao chefe do posto administrativo do local de estudo. O presente estudo realizou-se também mediante apresentação de uma credencial emitida pela instituição de ensino onde a autora encontra-se a frequentar o curso de Mestrado em Solos e Agricultura Sustentável. Seguidamente deslocou-se às comunidades, onde se realizou uma breve explicação com vista ao esclarecimento dos objectivos pretendidos sobre o tema em estudo.

3.3.1.3. População e Amostra para a entrevista

A pesquisa trabalhou com 250 (de um total de 750 produtores de milho) produtores do Posto Administrativo de Mepica, nas localidades de Mepica-Sede, Mitucué e Napacala. A amostra de produtores foi determinada com base nas equações 3.1 e 3.2 proposta por Kiehl (1970) (a determinação da amostra pode ser vista no apêndice IX). Devido à grande dispersão dos produtores, a escolha dos mesmos foi feita com base em técnicas não probabilísticas (Bola de neve). Com o uso da Bola de neve tornou-se difícil a selecção dos produtores com base no género porque, além do primeiro a ser inquirido, os subsequentes forão seleccionados com o seu anterior. Assim, a figura 4 mostra o nível de inclusão do género nos produtores entrevistados.

$$n_o = \frac{1}{(0{,}05)^2} \tag{3.1}$$

$$n = \frac{N \times n_0}{N + n_o} \tag{3.2}$$

Onde: n: tamanho da amostra; N: Universo; n_0: Primeira aproximação da amostra.

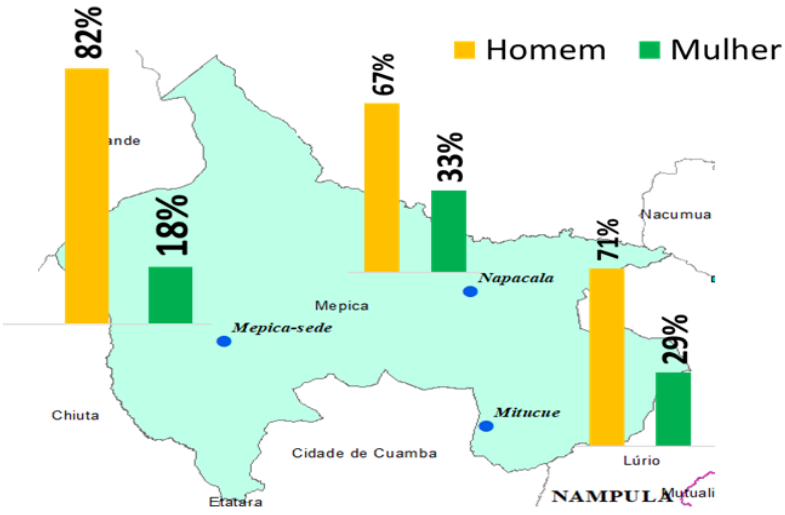

Figura 4. Nível de inclusão do género nos produtores entrevistados

3.3.1.4 Método bibliográfico

Considerada uma fonte de colecta de dados secundária, consistiu em análise de literatura e outras fontes escritas (documentos oficiais, não editados), consideradas essenciais. Abrangeu toda a bibliografia pública, desde boletins, publicações, revistas, jornais, pesquisas, livros, dissertações, materiais cartográficos e teses. O objectivo foi de colocar a pesquisadora em contacto com tudo o que foi escrito em relação ao tema.

3.3.1.5 Estudo documental

O método documental foi usado para consolidar as informações referentes à produção do milho no Posto Administrativo de Mepica e o global de produtores a produzirem milho no posto. Para este estudo foram examinados os relatórios de actividades do Serviço Distrital de Actividades Económicas (SDAE) de Cuamba, Niassa.

3.3.2. Caracterização dos solos

Em campo (figura 5), foram medidas e observadas as seguintes características morfológicas: Descrição do lugar, localização; Informação geral da zona de estudo; Geomorfologia (posição); Rocha mãe (litologia); Pedregosidade em superfície e afloramento rochoso; Classe de drenagem; Uso do solo e vegetação; Descrição do perfil; Cor (determinado com base na tabela de Munsel); Textura; Consistência.

Figura 5. Processo de análise do perfil do solo

a) Estrutura dos diferentes horizontes do perfil; b) determinação do teor de MOS em campo; c) Determinação da cor do solo

3.3.2.1. Perfil dos solos

Foi realizado um estudo morfológico e analítico de três (3) perfis de solo aberto dentro da zona de estudo de 2 metros de profundidade. Os perfis foram abertos em zona representativa da unidade fisiográfica dominante na zona de estudo e em solos virgens – nunca antes perturbados pela actividade agrícola. Para o estudo de perfis, os solos foram descritos e amostrados por horizontes genéticos até à profundidade de abertura do perfil (figura 6.).

Figura 6. Perfil do solo aberto na localidade de Mepica e de Napacala

3.3.2.2. Solos perturbados pelas actividades agrícolas

Foi feito estudo analítico em solos perturbados pelas actividades agrícolas. Neste grupo, trabalhou-se com o solo na profundidade de 35 cm assumindo como profundidade efectiva para o desenvolvimento radicular da cultura de milho.

Amostragem: A área de estudo foi dividida em seis (6) subáreas cabendo a cada localidade duas (2) subáreas designadas, subárea trabalhada (campos de produção de milho). Foram recolhidas amostras (figura 7) em solos já trabalhados há mais de cinco (5) anos. Em cada subárea do solo trabalhado recolheram-se 60 subamostras. Nas seis subáreas já trabalhadas foram necessárias 360 subamostras para perfazer seis (6) amostras. As amostras foram acondicionadas em plásticos transparentes e transportas para o laboratório.

Figura 7. Processo de colecta de amostras

a) e b) colecta de amostras de solo nos campos de produção de milho; c) Amostras de solo acondicionadas em plásticos transparentes.

As análises do solo foram feitas no laboratório de Solos e Plantas do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique – Nampula. Os parâmetros do solo analisados foram: o teor de matéria orgânica do solo (MOS), pH activo, capacidade de troca catiónica (CTC), densidade aparente (Dap), textura do solo, bases trocáveis (Ca, Mg, K, Na) a soma das bases (SB), saturação por base (V), macronutrientes (N, P, K), micronutrientes (Fe e Mn) e Acidez potencial (H+Al). Os métodos analíticos utilizados foram os convencionais de acordo a USDA, NRCS (1995) e Carter (1993). Foram estabelecidas comparações entre os dados encontrados com os padrões de avaliação e depois foi emitido juízo de valor sobre os resultados.

3.3.2.3. Procedimentos de análises laboratoriais

Textura do solo: A textura nas amostras do solo foi determinada pelo método de densimetria. A classificação textural do solo das diferentes amostras foi feita com base no triângulo granulométrico proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

pH Activo e trocável: Para determinação do pH foi Pesado 10g de solo incluindo solo padrão em duas séries diferentes e colocou-se em frascos de plástico de 25mL enumerado; de seguida adicionou-se 25 mL de água destilada para a primeira série incluindo ensaio em branco e 25 mL de KCl à 1N para a segunda série incluindo ensaio em branco; depois de agitar as amostras,

foi calibrado o potenciómetro utilizando solução-tampão de pH=7 e pH=4. Nas amostras em água fez-se a leitura de pH e as de cloreto de potássio e também a leitura de pH trocável.

Matéria Orgânica: A matéria orgânica foi determinada com base na oxidação da matéria orgânica por meio da via húmida com dicromato de potássio em uma solução sulfurosa, aplicando-se como fonte de energia o calor liberto do ácido sulfúrico. O excesso de dicromato depois da oxidação é titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal.

Cálcio, Magnésio, sódio e potássio: O cálcio e o magnésio foram extraídos com solução KCl à 1N e determinação complexiométrica em presença do indicador o Negro-de-Eriocromo-T os iões Ca^{2+} e Mg^{2+} são titulados por EDTA. Na qual o seu teor último é obtido pela diferença da quantidade do cálcio pelo magnésio. O sódio e o potássio foram determinados por meio da extracção através do Mehlich-1**,** e na determinação por espectrofotometria de chama.

Fósforo disponível: Determinação do fósforo foi com base no Extrator de Mehlich -1. Para tal, pesou-se 5g de solo em erlenmeyer de 125ml e adicionou-se 50ml do extrator Mehlic-1 (HCl 0,05 N e H_2SO_4 0,025N). A leitura foi feita em fotocolorímetro (absorvência), Thermo Spetronic Genesys 20, em comprimento da onda de 725nm. O H+Al foi determinado com base na extração com Acetato de cálcio 0.5Mol/L atamponado com pH7 e determinado por volumetria com solução de hidróxido de sódio na presença de fenolftaleína.

Nitrogénio total: Para apuramento do Nitrogénio total foi pesado 0.7 g de solo e colocado no balão de Kjeldahl de uma dimensão de 100 ml pesado aproximadamente na balança de precisão de 0.001 g, onde foram adicionados 15 ml de mistura ácida de sulfatos que foram fervidos por horas até que se destruiu a matéria orgânica.

Para a caracterização dos solos, as interpretações dos resultados laboratoriais foram usadas nos intervalos propostos por autores patentes na Tabela 3 (para o fósforo) e Tabela 4 (para os restantes parâmetros) para a determinação da textura do solo recorreu-se ao triângulo trigonométrico proposto pelo laboratório de solo da USDA. Já para a avaliação da adequabilidade nutricional dos solos para a produção do milho recorreu-se à Tabela 3, de acordo com Sobral et al. (2015). A tabela 4 mostra os intervalos de classificação dos parâmetros estudados na pesquisa.

Tabela 3. Classificação de fósforo disponível para as plantas

Argila g kg^{-1}	**Classe textural**	**Classes de teores de P no solo em ppm**		
		Baixo	**Médio**	**Adequado**
<150	Arenosa	0-10	10.1 – 20	>20
150-350	Média	0-7	7.1 -15	>15
>350 - <600	Argilosa	0-4	4.1 – 8	>8

Tabela 4. **Intervalos de classificação dos parâmetros estudados na pesquisa**

Parâmetro	Muito baixa	Baixo	Médio	Alto	Muito alta	Fonte
Matéria orgânica %		< 1,5	1,5 – 3,0	>3,0		Prezotti e Guarçoni (2013)
pH do solo	<4,5	4,5–5,4	5,5 – 6,0	6,1 – 7,0	>7	Cardoso et al. (2009)
Potássio mg/kg		<30	30 – 60	>60		Sobral et al. (2015)
Cálcio $cmol_c$/kg		<1,6	1,6 – 3,0	>3,0		Sobral et al. (2015)
Magnésio $cmol_c$/kg		<0,4	0,4 -1,0	>1,0		Sobral et al. (2015)
CTC (pH 7,0) $cmol_c$/kg		<4,5	4,5 - 10	>10		Prezotti e Guarçoni (2013)
Saturação de base $cmol_c$/kg		<50	50 – 70	>70		Ronquim (2010)
Acidez potencial $cmol_c$/kg		< 2,5	2,5 – 5	>5		Prezotti e Guarçoni (2013),
Ferro mg/kg	<9	9-18	19-30	31-45	>45	Cardoso et al. (2009)
Manganês mg/kg	<3	3-5	6-8	9-12	>12	Cardoso et al. (2009)

3.4. Processamento e análise de dados

Para caracterização dos solos, as estatísticas (uni variada e bilateral) foram determinadas com base no pacote estatístico *Sisvar*. Os dados da entrevista foram organizados e tabulados com base no recurso a Microsoft Excel na sua versão 2016 e os resultados expressos em forma de gráficos de barras ou tabelas e o Word foi usado para documentação.

3.5. Considerações éticas

Para garantir os aspectos éticos, os entrevistados responderam as questões sob condições de anonimato, assim a sua identificação foi protegida o que não permite localizar nenhum participante. Antes do início da entrevista foi clarificado aos entrevistados que não teriam compensação financeira relacionada à sua participação. O princípio da voluntariedade teve um valor importante na pesquisa, as informações fornecidas foram respeitadas e usadas nesta investigação que tem finalidade académica.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO

4.1 Práticas agronómicas adoptadas pelas comunidades de Mepica na produção de milho

4.1.1 Limpeza dos campos

Na figura 8 estão representados resultados referentes à forma como os produtores das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Mitucué) do Posto Administrativo de Mepica realizam a limpeza dos seus campos para a produção da cultura de milho.

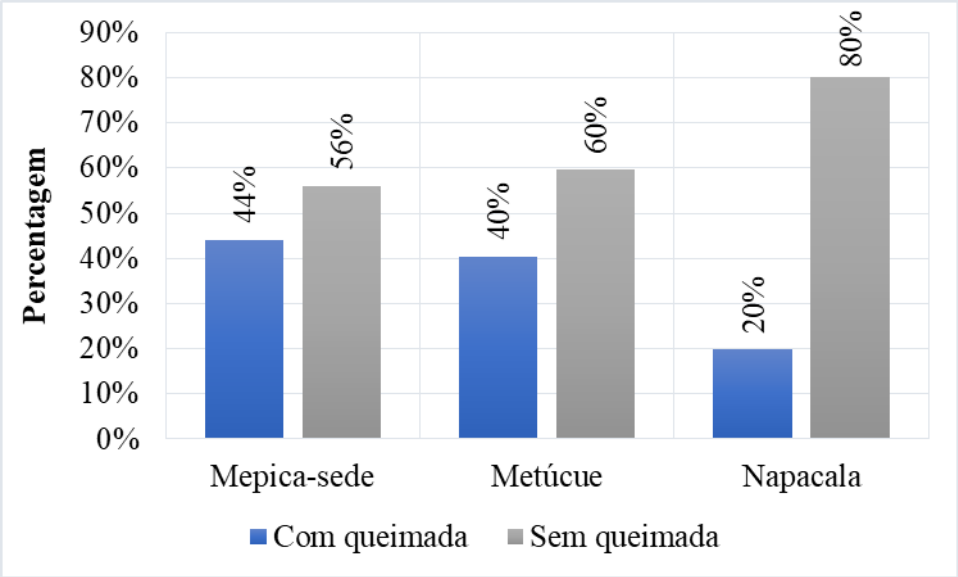

Figura 8. Sumário dos resultados sobre o maneio da limpeza dos campos

Quando os produtores foram questionados em relação à forma de limpeza do campo, independentemente da localidade, mais do que a metade dos produtores indicaram não usar a queima como uma forma de limpeza de campo. No entanto, o maior número (80%) de produtores que dizem não praticar a queima foi registado na localidade de Napacala e o menor (56%) foi registado na localidade de Mepica Sede.

Pese embora a maior parte dos produtores indicarem a não prática de queimadas no processo de limpeza dos campos, os poucos que praticam a queima podem provocar a queimada de grandes áreas, principalmente se praticada de forma não controlada (tal como sucede no local em estudo). Esta prática pode ser danosa para a saúde dos solos, visto que, a queima da cobertura vegetal contribui para a ocorrência de erosão, redução dos nutrientes do solo, desertificação (Rocha et al., 2014). Além disso, afecta a estrutura do solo e elimina os microrganismos presentes no solo responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (Machado, 2012). A redução de nutrientes no solo conduz à aplicação de maiores quantidades

de adubos químicos para incrementar a produção das culturas, levando, além do aumento de custos de produção, ao aparecimento de problemas ambientais como, acidificação e salinização dos solos.

Noleto, Noleto, de Sousa e Guimarães (2020) estudando a influência das queimadas sobre a qualidade orgânica de duas áreas localizadas no cerrado tocantinense denotaram que, o fogo não alterou significativamente a composição química dos solos. Diferentemente dos outros macronutrientes, o potássio apresentou uma redução significativa nos solos submetidos a queima, demonstrando que o seu valor no solo tem íntima relação com a ausência de fogo. No estudo realizado por Costa e Rodrigues (2015) verificaram que a queimada exerceu forte influência sobre o processo erosivo do solo. No entanto, os teores de Alumínio, Cálcio, Fósforo, Magnésio e Potássio se mantiveram nas mesmas quantidades em todas as parcelas. A ausência da diferença pode ser justificada pelo facto de a queimada aplicada ser de baixa intensidade.

Embora o maior número dos entrevistados tenha referido que não pratica queimada no acto da preparação dos campos, durante a observação feita, verificou-se em alguns que os produtores retiram dos campos os restos de cultura. Esta prática conduz à degradação dos solos por afectar a disponibilidade de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes no solo e por contribuir para a ocorrência de erosão eólica e/ou hídrica. A presença de matéria orgânica no solo reduz a disponibilidade de Mn e Al, reduzindo o efeito tóxico às plantas, por meio da complexação destes elementos com substâncias húmicas e ácidos orgânicos simples (Da Cunha, 2015). No geral, a presença de matéria orgânica no solo resulta em melhorias da estrutura do solo, com redução da densidade do solo e ampliação da porosidade (Braida et al., 2011). Nos solos argilosos, a presença da matéria orgânica contribui para a formação de uma óptima estrutura, contribuindo para a melhoria da drenagem e arejamento (Da Costa, 2011; Varennes, 2003). Estas condições permitem um maior desenvolvimento radicular e condições mais favoráveis para a actividade microbiana, resultando numa maior taxa de decomposição do material orgânico.

4.1.2. Preparo do solo

Na figura 9 estão apresentados resultados concernentes à forma como os produtores das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Mitucué) do Posto Administrativo de Mepica realizam o preparo do solo e a frequência do mesmo.

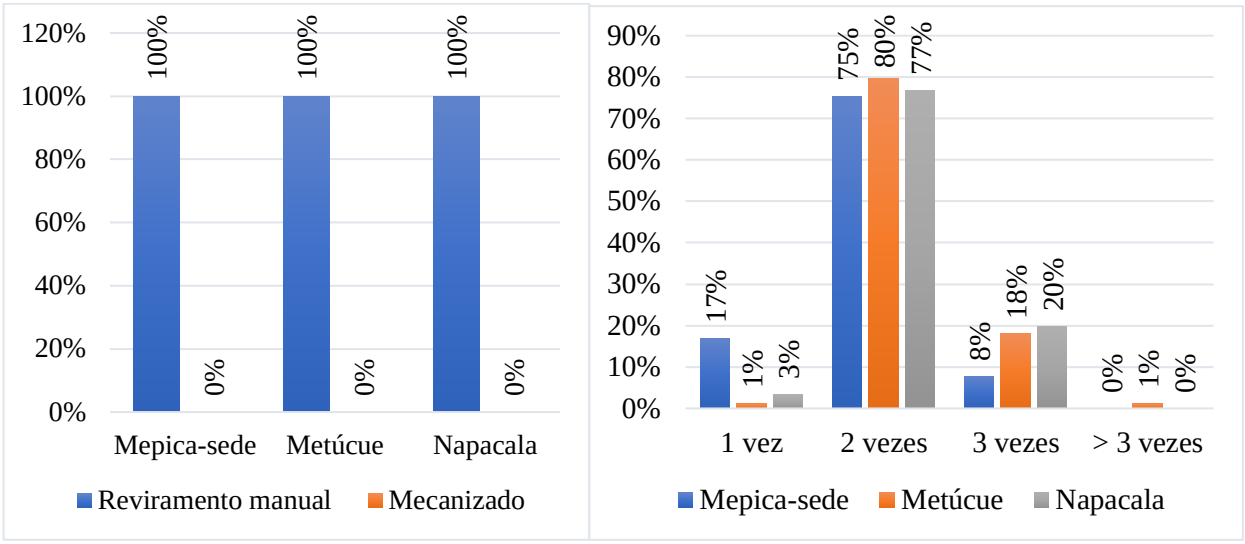

Figura 9. Sumário dos resultados sobre o preparo do solo

Esquerda: resultados da forma de preparo do solo; Direita: frequência de reviramento do solo.

Em relação ao preparo do solo, em todo o Posto Administrativo de Mepica, os produtores foram unânimes em afirmar que o preparo do solo para a produção da cultura de milho tem sido por meio do reviramento manual. Em sua maioria, independentemente da localidade, os produtores indicam realizar dois reviramentos do solo e somente 1% dos produtores de Metúcue indicaram realizar mais de três (3) reviramentos do solo.

Diferentemente da sementeira directa, o reviramento do solo, associado a factores como, as chuvas intensas, alta taxa de erosão e temperaturas elevadas, favorece a degradação rápida do solo, pode pôr em risco a saúde do solo e, consequentemente, a actividade agrícola (Stone & Silveira, 2001). Entretanto, segundo Machado (2001), a sementeira directa integrada à rotação de culturas, envolvendo culturas de cobertura, incrementa o nível de MOS e a fertilidade de solos.

O reviramento manual associado à frequência do mesmo pode contribuir para a rápida mineralização da matéria orgânica contribuído para a rápida disponibilidade dos nutrientes. A rápida disponibilização dos nutrientes faz com que os nutrientes estejam disponíveis apenas em uma determinada fase de desenvolvimento da cultura devido a perdas por lixiviação (característica em solos tropicais, sobretudo o frequentemente revirado). Segundo Reichert et al. (2003), o carbono do solo é perdido muito rapidamente sob a forma de dióxido de carbono, minutos depois de uma mobilização intensa deste (cinco vezes mais que nas parcelas não mobilizadas), em quantidades iguais à quantidade que foi adicionada pelos resíduos da cultura anterior deixados no terreno. Assim, a perda de carbono do solo durante as operações de

preparação, é o que diminui os níveis de matéria orgânica do solo, pelo facto deste ser um dos principais elementos da matéria orgânica.

Toledo-Souza et al. (2008) avaliando o sistema de produção, sucessões de culturas, densidade e sobrevivência de agentes patogénicos do solo, verificaram que os restolhos eram incorporados ao solo, na sementeira convencional, e permaneciam à superfície, na sementeira directa. Por outra, o reviramento frequente contribui para a exposição da macrobiota do solo e para a rápida evaporação da água no solo devido à incidência directa da radiação solar.

4.1.3. Rotação de culturas

A figura 10 ilustra resultados referentes à proporção dos produtores que praticam (sim) e os que não praticam (não) a rotação de culturas nos campos de produção de milho das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Metúcue) do Posto Administrativo de Mepica.

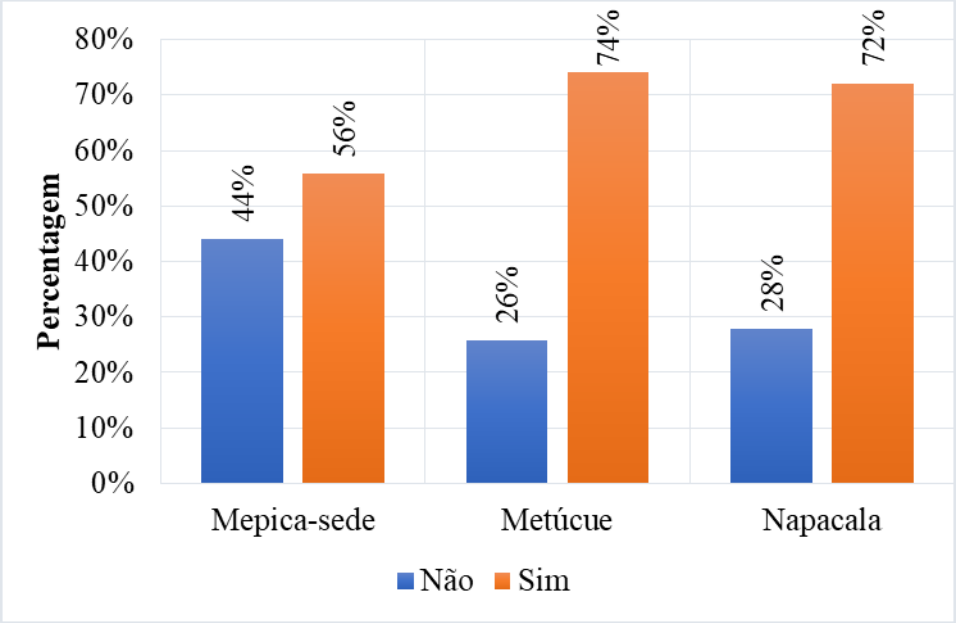

Figura 10. Resultado da prática de rotação de culturas

De acordo com a resposta dos produtores, a rotação de culturas é uma prática adoptada por mais de metade dos produtores em cada localidade. O maior número de praticantes da rotação de culturas foi registado na localidade de Metúcue seguido de Napacala com 74% e 72%, respectivamente. No entanto, de acordo com os resultados patentes na Tabela 5, maior parte dos praticantes da rotação de cultura, independentemente da localidade, diz fazer a rotação de milho com a cultura de algodão. Apesar de o algodão ter uma influência na formação de bioporos (resultado da decomposição das raízes) e ciclagem dos nutrientes (devido à decomposição dos restos da cultura), pode ter uma influência na redução da fertilidade do solo por ser uma esgotante.

Stone e Silveira (2001) consideram que a rotação de culturas, pela inclusão de culturas com sistema radicular pivotante e pelos aportes diferenciados de matéria seca, pode modificar a composição física do solo. Contudo, a intensidade da modificação depende do período de cultivo, do número de culturas por ano e do tipo de culturas produzidas. Toledo-Souza et al. (2008) avaliando a influência dos sistemas de cultivo, sucessões de culturas, sobre a densidade do solo e sobrevivência de patógenos de solo, observaram influências positivas da rotação de culturas sobre os teores e estoques de Carbono e Nitrogénio, que influenciaram na agregação do solo.

Tabela 5. Culturas produzidas em rotação com a cultura de milho

Culturas usadas na rotação com o milho	Mepica-sede	Napacala	Metúcue
Rotação com Algodão	48%	83%	93%
Rotação com Soja	7%	0%	0%
Rotação com Soja e Gergelim	3%	0%	0%
Rotação com Tabaco ou Gergelim	1%	0%	0%
Rotação com Feijão e Soja	1%	9%	0%
Rotação com Feijão Boer	7%	2%	5%
Rotação com Tabaco	11%	0%	2%
Rotação com Feijão Bóer e Tabaco	1%	0%	0%
Rotação com Feijão Holoko	3%	0%	0%
Rotação com Gergelim	17%	2%	0%
Rotação com Feijão Nhemba	0%	2%	0%
Rotação com Feijão Ncute, Bóer e Mandioca	0%	2%	0%
Rotação com Soja	0%	0%	2%
Rotação com Feijão Holoko, Amendoim e Feijão Bóer	0%	0%	2%
Rotação com Algodão e Feijão Nhemba	0%	0%	2%
Rotação com Feijão Bóer, Mapira e Feijão Holoko	0%	0%	2%

Devido a influencia de entidades fomentadoras de algodão e de tabaco nestas localidades, pode se observar maior aderência desta cultura na rotação com o milho e pouca aderência das leguminosas (fabaceas) pelo facto de estas exigirem condições hídricas suficientes para o seu crescimento ao longo do seu ciclo vegetativo.

4.1.4. Consociação

A figura 11 ilustra resultados referentes à proporção dos produtores que praticam (sim) e os que não praticam (não) a consociação nos campos de produção de milho das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Mitucué) do Posto Administrativo de Mepica.

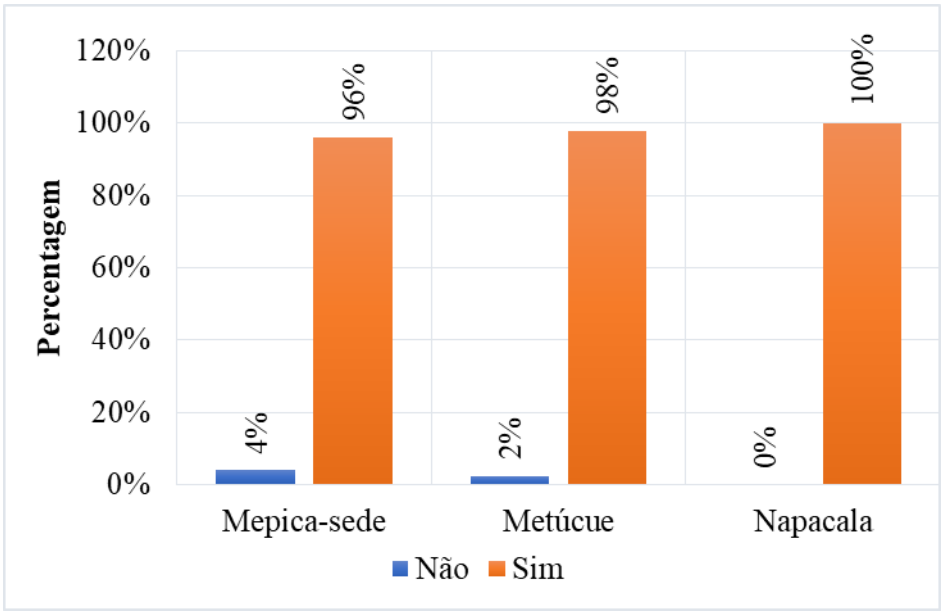

Figura 11. Resultados de prática de consociação na produção de milho

A prática de consociação de milho com outras culturas foi destacada pela maioria dos produtores como sendo uma prática característica em todas as localidades, sobretudo, na localidade de Napacala, onde os produtores foram unânimes (100%) em afirmar que praticam a consociação. Em Mepica-sede e Metúcue, somente 4% e 2% respectivamente, afirmou não praticar a consociação.

Maior parte dos que disseram praticar a consociação, consociam o milho com leguminosas sobretudo com o feijão bóer seguido do feijão nhemba (tabela 6). O uso das leguminosas em consócio com o milho resulta em maiores ganhos edáficos principalmente no aumento de teores de nitrogénio por meio da fixação biológica, a ciclagem de nutrientes e na formação de bioporos (principalmente quando se usa o feijão bóer) devido ao sistema radicular pivotante.

Tabela 6. Cultura produzidas em consociação com o milho

Culturas consociadas com milho	Metúcue	Napacala	Mepica-sede
Feijão Nhemba, Feijão Bóer e Algodão	1%	0%	0%
Feijão Bóer, Feijão Nhemba, Batata-doce e Mandioca	1%	0%	0%
Feijão Bóer, Feijão Nhemba e Mandioca	1%	1%	4%
Feijão Bóer, Feijão Nhemba, Holoko e Amendoim	1%	0%	0%
Feijão Bóer, Feijão Nhemba e Amendoim	2%	0%	0%
Feijão Bóer, Feijão Nhemba e Holoko	5%	0%	1%
Feijão Bóer e Feijão Nhemba	14%	21%	3%
Mapira e Feijão Bóer	1%	0%	1%
Feijão Bóer	47%	64%	75%
Feijão Nhemba	18%	10%	6%

Culturas consociadas com milho	Metúcue	Napacala	Mepica-sede
Mapira	3%	0%	1%
Soja	1%	0%	1%
Feijão Bóer, Feijão Nhemba e Mapira	1%	0%	0%
Feijão Bóer e Holoko	1%	0%	0%
Algodão	1%	0%	0%
Feijão Bóer e Amendoím	0%	1%	0%
Feijão Bóer e Mandioca	0%	1%	1%
Feijão Bóer, Feijão Nhemba, Holoko, Banana, Mexoeira e Mapira	0%	1%	0%
Tabaco	0%	0%	1%
Feijão Bóer, Feijão Nhemba, Amendoim e Mandioca	0%	0%	1%
Soja e Feijão Bóer	0%	0%	1%

Mottin et al. (2022) avaliando a influência do cultivo do milho consociado com plantas de cobertura na produtividade de massa seca e nas propriedades físicas do solo, verificaram que o cultivo de milho consociado com plantas de cobertura proporcionou melhorias na qualidade física do solo na profundidade de 0 – 10 cm. Num outro estudo realizado por Silva et al. (2018), concluíram que a consociação de milho com braquiária e feijão bóer não causa prejuízos à cultura do milho em relação aos seus componentes de produção.

4.1.5. Cobertura morta

A figura 12 ilustra resultados referentes à proporção dos produtores que praticam (sim) e os que não praticam (não) a cobertura morta nos campos de produção de milho das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Mitucué) do Posto Administrativo de Mepica.

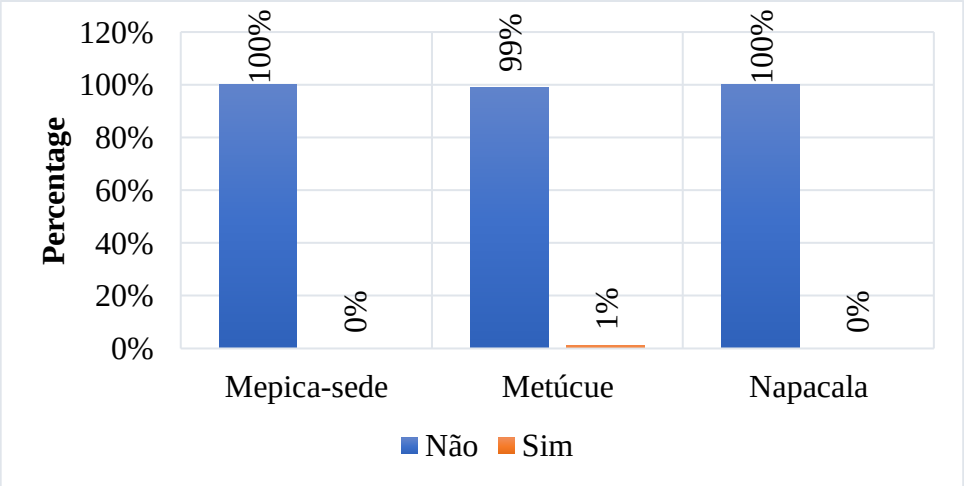

Figura 12. Resultado de prática de cobertura morta na produção da cultura de milho

Com a excepção de 1% dos produtores da localidade de Metúcue que afirma praticar a cobertura morta, os restantes, incluindo os produtores de Mepica-sede e Napacala, afirmaram não usar

qualquer forma de cobertura morta. A ausência desta prática contrasta com os princípios de conservação dos solos podendo, de certo modo, afectar o teor de humidade no solo, disponibilidade de matéria orgânica e contribui para redução da compactação do solo e ocorrência de erosão. A ausência da cobertura morta afecta significativamente a estabilidade dos agregados do solo devido à dispersão do solo ocasionado pelas forças erosivas do impacto de gotas de chuva (Braida et al., 2011; Costa et al., 2013), reduzindo a remoção das partículas de solo, mantendo taxas óptimas de infiltração de água (Costa et al., 2013), consequentemente, maior disponibilidade de água no solo para o crescimento das plantas.

A cobertura do solo tem sido utilizada com a finalidade de diminuir a desagregação da composição do solo, incidência de ervas daninhas, além de auxiliar na manutenção da humidade do solo e da temperatura em níveis ideais para o crescimento das plantas (Resende et al., 2005). Em um estudo realizado por Prezotti et al. (2020), no qual objectivou avaliar a influência de diferentes quantidades de cobertura morta sobre a temperatura e a humidade do solo cultivado com milho, verificaram redução da amplitude térmica e aumento da humidade do solo em parcelas com cobertura de 8 ton/ha. Por outra, a ausência da cobertura morta pode contribuir para a ocorrência de reviramento constante do solo por meio da realização das sachas, visto que, segundo Stone e Silveira (2001), a cobertura morta pode ser de grande vantagem no controlo de plantas daninhas, evitando o reviramento frequente do solo.

4.1.6. Adubação

A figura 13 ilustra resultados referentes à proporção dos produtores que praticam (sim) e os que não praticam (não) adubação nos campos de produção de milho das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Mitucué) do Posto Administrativo de Mepica.

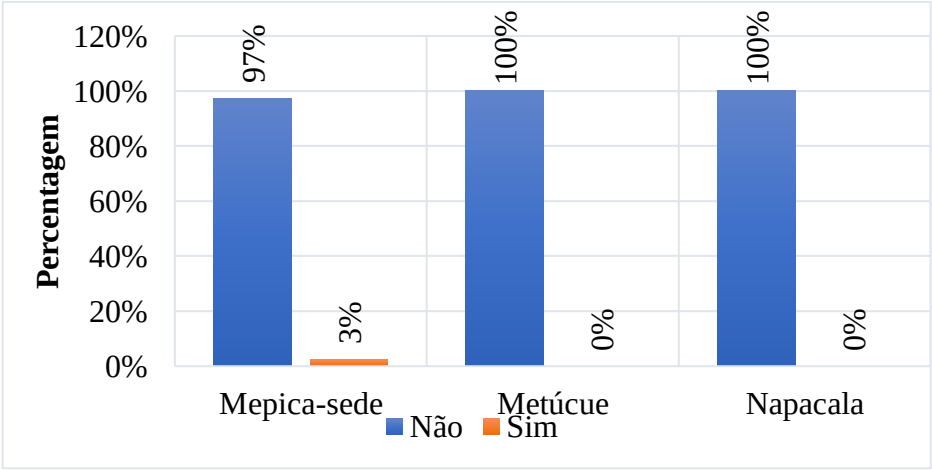

Figura 13. Resultados de práticas de adubação na produção da cultura de Milho

Em relação ao uso de adubos químicos, com a excepção de 3% de produtores de Mepica que indicaram usar, os restantes produtores, incluindo os de Metúcue e Napacala, informaram não usar qualquer forma de adubo químico. A ausência desta prática na maior parte da unidade de produção de milho naquele posto administrativo, reduz os impactos negativos sobre os solos, visto que, os adubos químicos, dentre as várias consequências, acidificam os solos promovendo a degradação da argila conduzindo na liberação de elementos tóxicos (Alumínio e Manganês) e afectando a disponibilidade de alguns nutrientes (Cálcio, fósforo). Assim, reduz a capacidade produtiva da cultura nestes locais.

A maioria dos adubos azotados (sulfato de amónio, nitrato de amónio) acidifica os solos (ANDA- Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2000; Bittencourt, 2009), afectando a produção de certas culturas devido à indisponibilidade de nutrientes e à libertação de elementos tóxicos para a solução do solo (alumínio). Outrossim, a alta solubilidade de alguns adubos (azotados e potássicos) podem conduzir à salinização dos solos. De acordo com Bittencourt (2009), a salinidade representa uma das principais causas de perda da capacidade produtiva dos solos.

4.2. Caracterização dos solos

4.2.1. Caracterização do perfil do solo

Na tabela 7 estão representados os resultados das características físicas (textura e densidade) e químicas (pH e matéria orgânica no solo) de dois perfis abertos na localidade de Mepica e Napacala, no Posto Administrativo de Mepica.

Tabela 7. Características físicas (textura e densidade) e químicas (pH e matéria orgânica no solo) de dois perfis abertos na localidade de Mepica e Napacala

Local	Profundidade em m	pH em água	MO %	Dr g/cm^3	Textura			
Napacala	00-25	6,37	0,07	2,42	45	21	5	Areia Franca
	25-85	6,12	0,42	2,63	40	20	17	Franco arenoso
Mepica	00-25	6,25	0,06	2,19	51	13	8	Areia Franca
	20-123	6,2	0,06	2,31	51	9	22	Franco arenoso

Dr-Densidade de partículas; AG-areia grossa; AF-areia fina; Si-limo; Ar-argila.

O pH de ambos perfis mostrou tendências de redução com a profundidade. Neste caso, as camadas superficiais apresentaram um pH alto quando comparado com os das camadas subsuperfícies. Em geral, o pH registado nos dois perfis, independentemente da profundidade, é considerado por Cardoso et al. (2009) como sendo alto. No perfil de Napacala, o maior teor

de matéria orgânica foi registado no horizonte sub-superficial. No perfil de Mepica não foi registada diferença no teor de matéria orgânica nas duas profundidades. Os teores de MOS registados, na classificação proposta por Prezotti e Guarçoni (2013), são considerados baixos. pois, de acordo com os autores, o teor de matéria orgânica abaixo de 1,5% é considerado baixo.

A densidade aparente apresentou tendências de redução em função da profundidade, tendo apresentado valores altos na superfície e baixos no horizonte a baixo. A redução da densidade pode estar relacionada com o aumento do teor de argila nas profundidades a baixo. Em ambos os perfis, as camadas superficiais apresentam solos com areia franca e as camadas subsuperfícies apresentam solos com textura franca arenosa. A diferença de textura entre as camadas superficiais e subsuperfícies pode estar relacionado com eluviação da argila do horizonte superficial para as subsuperfícies, justificando o facto das camadas superficiais apresentarem baixos teores de argila em relação as camadas subsuperficiais.

Na tabela 8 estão representados os resultados referentes aos macronutrientes e micronutrientes de dois perfis abertos na localidade de Mepica e Napacala, no Posto Administrativo de Mepica.

Tabela 8. Macronutrientes e micronutrientes de dois perfis abertos na localidade de Mepica e Napacala

Perfil	**Prof. em m**	**Macronutrientes**					**Micronutrientes**		
		N	P	K	Ca++	Mg++	Fe	Mn	Na^+
		%	Ppm	Cmolc/kg			ppm	ppm	Cmolc/kg
Napacala	00-25	3	56	0,7	0,4	1,55	70	8	0,1
Napacala	25-85	5	4	0,3	0,3	1	94	5	0,1
Mepica	00-25	0	69	0,2	0,2	0,2	21	9	0
Mepica	20-123	0	52	0,2	0,1	0,45	50	5	0

No perfil de Mepica, não foram registados teores de nitrogénio nos dois horizontes. Já em Napacala, o horizonte superficial apresentou baixos teores de nitrogénio quando comparado com o horizonte a baixo. Esta tendência está relacionada à alta dinâmica do nitrogénio (alta solubilidade) associado com alto teor de areia, o que favorece a lixiviação do elemento para as camadas a baixo.

Diferentemente do nitrogénio, que apresentou tendência de aumentar com a profundidade, o fósforo nos dois perfis apresentou tendências de redução com a profundidade. A baixa solubilidade (baixa lixiviação) do elemento justifica o facto de as camadas a baixo apresentarem baixa concentração. No entanto, o perfil de Mepica apresentou, independentemente da profundidade, maiores teores de fósforo.

O teor de potássio no perfil de Mepica não apresentou variação nos dois perfis. Já em Napacala, o horizonte superficial apresentou maior teor em relação ao horizonte a baixo. Já o cálcio nos dois perfis apresentou tendência quando se aumenta a profundidade. Enquanto no perfil de Napacala, o teor de magnésio reduz com a profundidade, no perfil de Mapica a tendência é contrária. Em ambos os perfis, enquanto o teor de ferro aumenta com a profundidade, o teor de manganês teve a tendência contrária. Na tabela 9 estão descritas algumas características (estrutura do solo, densidade de raízes e estabilidade dos agregados) determinadas e/ou observadas *in situ* do perfil de Mepica e de Napacala.

Tabela 9. Características físicas dos perfis nos seus diferentes horizontes

Horizonte	Estrutura	Raízes	Cor	Estabilidade de agregados
Mepica				
1	Grumosa	Finas e poucas	Amarelo vermelho	Alta instabilidade
2	Massiva	Não tem		Não tem estabilidade
3	Não tem	Não tem	Amarelo	Não tem estabilidade
Napacala				
1	Grumosa quase granular	Muitas	Amarelo vermelho	Alta instabilidade
2	Grumosa e prismática	Poucas		Não tem estabilidade
3	Prismática	Não tem		Não tem estabilidade

4.2.2. Características físicas dos solos

Na tabela 10 encontram-se representados os resultados médios das características físicas (densidade das partículas e a textura do solo) do solo das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Metúcue) do Posto Administrativo de Mepica.

Tabela 10. Características físicas (densidade das partículas e a textura do solo) do solo das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Metúcue)

Área	Localidade	Profundidade	Dr	AG	AF	Si	Ar	Textura do solo
		Cm	g/cm^3	%				
Área Virgem		00-25	2.31	45	30	21	5	Areia Franca
Produção de milho	**Napacala**	00-35	2,23	34	33	19	16	Franco arenoso
	Mepica	00-35	2,27	34	32	16	19	Franco arenoso
	Metúcue	00-35	2,32	46	32	13	11	Franco arenoso
Pr			0.987					
CV			12.38					

Dr-Densidade de partículas; AG-areia grossa; AF-areia fina; Si-limo; Ar-argila.

4.2.2.1. Textura do solo

As camadas superficiais das áreas usadas para a produção do milho, independentemente da localidade, apresentaram solos com textura franco arenoso. Diferentemente das áreas em produção, as áreas virgens nas suas camadas superficiais apresentaram solos com textura de areia franca. A diferença entre o tipo de textura das áreas virgens e as usadas para produção pode estar relacionado com o facto de os produtores tenderem a escolher os solos com capacidade de retenção de água em detrimento dos solos com maior teor de areia.

Apesar de o milho se cultivar em diversos solos, Barros e Calado (2014) consideram que os solos registados nas áreas virgens assim como os adoptados para a produção de milho não são ideais para a produção de milho, pois, a cultura responde melhor a solos de textura média, de franco a franco-limoso na camada superficial. Ademais, na visão de Sans e Santana (2002), os solos devem apresentar teor de argila em torno de 30-35%, com estrutura que possibilita a drenagem adequada, boa capacidade de retenção de água e de nutrientes, são os mais recomendados para a cultura do milho.

O baixo teor de argila registado nas camadas superficiais compromete a retenção de água e nutrientes para o bom desenvolvimento da cultura. Estes tipos de solos, segundo Sans e Santana (2002), devem ser evitados na produção da cultura de milho, devido à reduzida capacidade de retenção de água e perda de nutrientes por meio da lixiviação e por possuírem, segundo Pereira et al. (2018), baixa capacidade de retenção de catiões.

O problema de retenção de água agrava-se ao facto de: maior parte de produtores afirmarem que fazem frequentemente o reviramento do solo, o que intensifica a desagregação do solo; os solos apresentarem baixo teor de matéria orgânica que, além de promover a agregação das partículas do solo, incrementa os colóides do solo e consequente melhoria da capacidade de retenção dos nutrientes. A matéria orgânica do solo tem sido apontada por diversos autores como agente construtor do arranjo estrutural do solo (sobretudo em solos arenosos), por unificar as partículas minerais e, por conseguinte, formar os agregados secundários, contribuir para a melhoria dos atributos físicos, atuar na estabilidade dos agregados, permitir a retenção e disponibilidade de água (Silva et al. 2019).

4.2.2.2 Densidade de partículas

As áreas avaliadas, pela Análise de Variância, não apresentaram diferenças significativas. Em termos absolutos as áreas virgens foram superadas pelas áreas de produção de milho de Napacala e Mepica. No entanto, a densidade de partículas registadas nas diferentes áreas estão

dentro do intervalo apontado por segundo o qual???, para solos comuns, a densidade de partícula varia de 2,65 a 2,90.

Os altores valores de densidade podem estar relacionados com o teor reduzido de matéria orgânica do solo. Prova disso pode se ver na Figura 14, onde a matéria orgânica apesar de apresentar uma relação inversa com a densidade, não exerce forte influência na redução da densidade do solo (R=4,12%). Silva et al. (2019) avançam que, vários autores reportam uma correlação negativa entre a MOS e a densidade, sobretudo nas camadas superficiais, devido à menor densidade dos sólidos da MOS, o que indica melhorias nos atributos físicos relacionados à estrutura do solo. Ademais, solos com maior teor de matéria orgânica apresentam valores menores de densidade de partículas (Almeida, 2005).

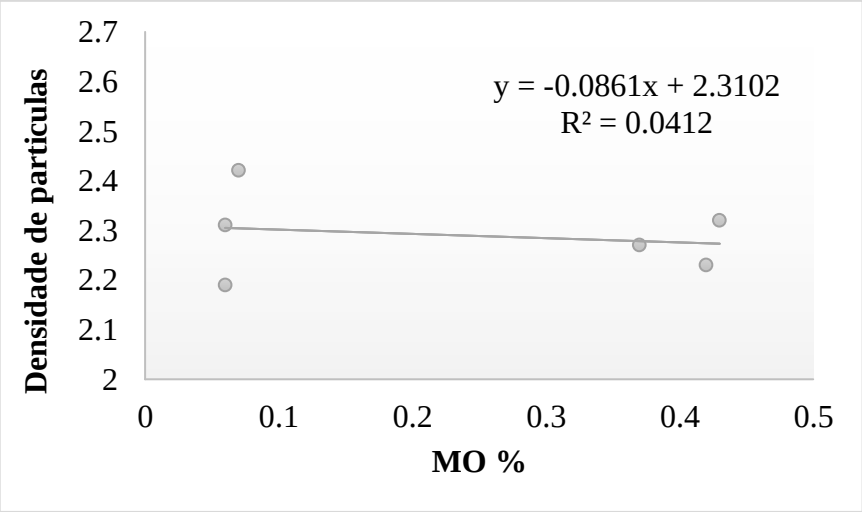

Figura 14. Regressão linear entre a matéria orgânica no solo e a densidade aparente.

4.2.3. Características químicas dos solos

4.2.3.1 pH do solo, Matéria orgânica do solo e Capacidade de Troca Catiónica

Na tabela 11 encontram-se representados os resultados médios do pH activo, o teor de Matéria Orgânica no Solo (MOS) e a Capacidade de Troca Catiónica (CTC) do solo das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Metúcue) do Posto Administrativo de Mepica.

Tabela 11. Resultados médios do pH activo, o teor de Matéria Orgânica no Solo (MOS) e a Capacidade de Troca Catiónica (CTC) do solo das três Localidades

Áreas	pH	MOS	CTC
		%	$Cmol_c/kg$
Virgens	6,3 b	0,065 a	1,88
Napacala	6,5 b	0,420 b	1,99
Metucue	5,7 a	0,430 b	1,32
Mepica	5,5 a	0,370 b	1,76

- **pH**

Com baixo Coeficiente de Variação (2,01%), o pH activo do solo, pela ANOVA, apresentou diferenças significativas entre as áreas de produção e as áreas virgens das três localidades. As áreas de produção de Napacala e as virgens não se diferiram significativamente. Contudo, as áreas de produção de Mepica e Metúcue, quando comparadas com as áreas virgens, apresentam diferenças significativas pelo teste Tukey. A tendência de acidificação (redução do valor de pH) nas áreas de produção de milho em relação às áreas virgens, pode estar associado a vários factores relacionados com as práticas agrícolas adoptadas pelos produtores. Dentre elas pode destacar-se o esgotamento das bases de troca do solo devido: à realização de rotação de cultura com espécies esgotantes (algodão); o não uso de cobertura morta associado com o reviramento frequente do solo, o que conduz à lavagem das bases de troca por meio da erosão e/ou por lixiviação. A influência das práticas agrícolas sobre o pH do solo é defendida por Prezotti e Guarçoni (2013) ao afirmar que o pH varia conforme o maneio do solo, cultivos sucessivos e adubações. Sob o ponto de vista agronómico, Cardoso et al. (2009) consideram o pH óptimo aquele que varia de 5,5 a 6 e alto aquele que está em torno dos 6,1 a 7. Nesta vertente, de acordo com a classificação proposta pelos autores, os campos de produção de milho de Metúcue e Mepica apresentam um pH óptimo; as áreas virgens e as de produção de milho em Napacala apresentam um pH alto.

Apesar da existência de diferenças significativas, de acordo com Barros e Calado (2014), o pH registado nas diferentes áreas é óptimo para o desenvolvimento da cultura de milho, pois, os autores apontam o pH em torno de 5 a 8 como sendo ideal. No entanto, solos de pH a tender para 5 podem apresentar teores de alumínio e ferro que são tóxicos para as plantas. Contudo, Sobral et al. (2015) garantem que no pH em torno de 5,2 a 5,3 o alumínio trocável está na sua totalidade insolúvel, não causando danos às raízes das culturas.

- **Matéria orgânica**

Resultados da Análise de Variância indicam diferenças significativas entre as áreas avaliadas em relação ao teor de MOS. Pelo teste de Tukey, o teor de matéria orgânica nas áreas virgens difere significativamente do teor registado nas áreas de produção de milho. O menor teor de matéria orgânica foi registado nas áreas virgens. O incremento significativo de MO nas áreas em produção de milho em detrimento das áreas virgem pode dever-se ao facto de, no processo de produção de milho, os produtores adoptarem práticas que incrementam o teor de matéria orgânica no solo, tais como: rotação de culturas e consociação de culturas. Tendências diferentes foram reportadas por Guimarães, Gonzaga e Melo (2014), quando avaliaram as

mudanças na dinâmica e no estoque de carbono em solos agrícolas, onde constataram mudanças no uso do solo de mata nativa para culturas de frutas, reduziu o teor de MOS.

Pese embora tenham sido registadas diferenças significativas entre as áreas virgens e as de produção, os teores de MOS registados, na classificação proposta por Prezotti e Guarçoni (2013), são considerados baixos, pois, de acordo com os autores, o teor de matéria orgânica abaixo de 1,5% são considerados baixos. O baixo teor de matéria orgânica pode dever-se ao facto de nas condições tropicais e subtropicais os restos de plantas ser rapidamente decompostos, resultando numa quantidade mínima de material orgânico e, assim, contribuir muito pouco para a conservação da MOS (Machado, 2001).

Por se tratar de solos maioritariamente de textura franca arenosa, os teores baixos de matéria orgânica podem afectar a disponibilidade de nutrientes por meio de factores como: baixa capacidade de troca catiónica que se traduz na fraca capacidade de retenção de nutrientes; liberação de nutrientes durante a mineralização do material orgânico. O cultivo do solo com adições frequentes de matéria orgânica é a forma mais racional e ecológica de manter e/ou aumentar a fertilidade do solo tropical (Runquim, 2010), por ser fonte de nutrientes, em particular N, P e S (Da Cunha, 2015). Duxbury et al. (1989 citado por Da Cunha, 2015, p.) revelam que, 95% N e do S e 60% a 80% de P do solo estão contidos na matéria orgânica e que para a absorção pelas plantas dependem da mineralização. Ademais, diferentemente da adubação química, a matéria orgânica contém os macronutrientes e micronutrientes (Runquim, 2010).

- **Capacidade de Troca Catiónica**

Pela ANOVA, a Capacidade de Troca Catiónica do solo não apresentou diferenças significativas entre as áreas avaliadas. Em termos absolutos, as áreas virgens foram superadas pelas áreas de produção de milho de Napacala. As áreas de produção de Metucue e Mepica apresentaram menor CTC quando comparado com as áreas virgens.

Em temos gerais, pese embora existam diferenças absolutas, os valores de CTC registado nas áreas testadas, segundo Prezotti e Guarçoni (2013), são considerados como sendo baixos, pois, estão abaixo de 4,5 cmolc/kg. A baixa capacidade de troca catiónica registada pode dever-se ao baixo teor de argila associado ao alto teor de areia e baixo teor matéria orgânica dos solos das áreas avaliadas, visto que, solos argilosos e/ou com elevado teor de matéria orgânica geralmente possuem elevada CTC (Prezotti & Guarçoni, 2013).

Dentre os vários factores do solo, os teores de matéria orgânica influenciam significativamente (coeficiente de determinação igual 76,03%) na capacidade de troca catiónica dos solos das áreas

avaliadas. Tendências semelhantes também foram reportadas por Ramos (2012), quando avaliou a influência da MO na fertilidade do solo e verificou que a matéria orgânica tinha uma correlação forte (R=0,9) com CTC. A influência da matéria orgânica sobre a CTC é confirmada por Ronquim (2010); Prezotti e Guarçoni (2013) ao afirmarem que em solos tropicais, a MO é a principal responsável pela geração de cargas negativas do solo, contribuindo com até 80% das cargas negativas do solo. Em alguns casos, dependendo do teor de MO, da classe texturas e da mineralogia pode representar entre 20 a 90% da CTC (Canellas et al., 2003; Mielniczuk, 2008 citado por Da Cunha, 2015, p.).

Pereira et al. (2018) avaliando a contribuição da matéria orgânica no aumento da capacidade de troca de catiões verificaram que uma boa parte da CTC é proveniente da MO, comprovando o seu papel na melhoria da qualidade química dos solos arenosos. Num outro estudo realizado por Ramos (2012), o autor verificou redução da CTC no solo com a eliminação total da matéria orgânica do solo. A fraca influência da argila sobre a capacidade de troca catiónica do solo (Figura 15) deve-se ao baixo teor de argila registado. Sobral et al. (2015) consideram que valores menores que 5 cmolc/kg (tal como foi registado na pesquisa) indicam baixo teor de argila ou predominância de argila 1:1 (caulinita).

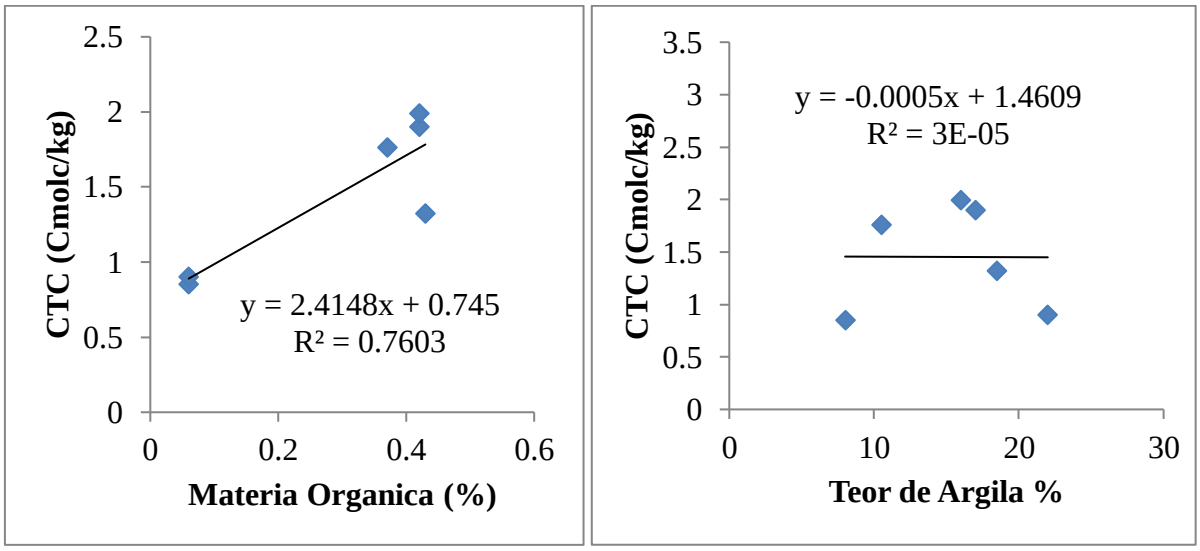

Figura 15. Gráficos de regressão: Esquerda: regressão entre a Matéria orgânica e a capacidade de Troca Catiónica do solo e Direita: regressão entre o teor de argila e a capacidade de Troca Catiónica do solo.

4.2.3.2. Acidez potencial, Soma de bases e Saturação por bases

Na Tabela 12 estão representados os resultados médios da Acidez potencial (H+Al), Soma de bases (SB) e Saturação por bases (V) do solo das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Metucue) do Posto Administrativo de Mepica.

Tabela 12. Resultados médios da Acidez potencial (H+Al), Soma de bases (SB) e Saturação por bases (V) do solo das três Localidades

Áreas	H+Al (cmolc/kg)	SB (cmolc/kg)	V (%)
Virgens	0.23	1.66	82
Napacala	0.20	1.79	90
Metúcue	0.20	1.12	84
Mepica	0.20	1.56	87,5

A acidez potencial, a semelhança da soma de bases e a saturação de bases no complexo de troca não apresentaram diferenças significativas quando comparadas as áreas virgens com as usadas para a produção de milho.

Os valores de acidez potencial registados nas áreas avaliadas são baixos, pois, segundo Prezotti e Guarçoni (2013), os teores de acidez potencial abaixo de 2,5 cmolc/kg são considerados baixos. Os baixos valores de H+Al são resultado de baixo teor de matéria orgânica, principalmente se estes apresentarem baixos valores de pH (Prezotti & Guarçoni, 2013). Solos nestas condições contêm alumínio em níveis não tóxicos às plantas e apresentam maior quantidade de bases de troca no complexo de troca do solo (Ronquim, 2010).

De acordo com Ronquim (2010), os solos das áreas avaliadas são eutróficos (férteis), pois, apresentam saturação por base superior a 50%. Contudo, a saturação de bases de troca está acima daquela apontada por Coelho (2006) como sendo óptimas para a maximização das componentes de rendimento da cultura de milho, que está em torno de 50 a 60%. O baixo nível de acidez potencial dos solos justifica o facto de os sítios de troca estarem com saturação de base muito alta, sendo considerados, na visão de Ronquim (2010), solos bons para a nutrição das plantas. Contudo, a maioria das culturas apresenta boa produtividade quando no solo é obtido valor de saturação de base entre 50 e 80%.

O alto nível de saturação por base registado nas áreas avaliadas influencia negativamente na concentração do fósforo disponível para as plantas (ver a Figura 16 onde R=84,25%) e positivamente no pH activo do solo (ver a Figura 16 onde R=90,12%). Este facto pode dever-se à precipitação do fósforo por meio da ocorrência da ligação entre os catiões bivalentes e o fósforo. Para as maiores doses de Ca o pH promoveu um aumento significativo, acima de 6,0. Nolla et al. (2020) avaliando o efeito da aplicação superficial de doses de calcário na disponibilidade de P e K verificaram que, a calagem aumentou o P, atingindo a maior disponibilidade para as plantas com calagem para incrementar a saturação de base até 60%; as doses elevadas de calcário (para incrementar a saturação de base até 70 e 80%) diminuíram os

teores de P. Ademais, os autores verificaram uma tendência positiva de aumento do pH activo em função do aumento da saturação por bases (figura 16).

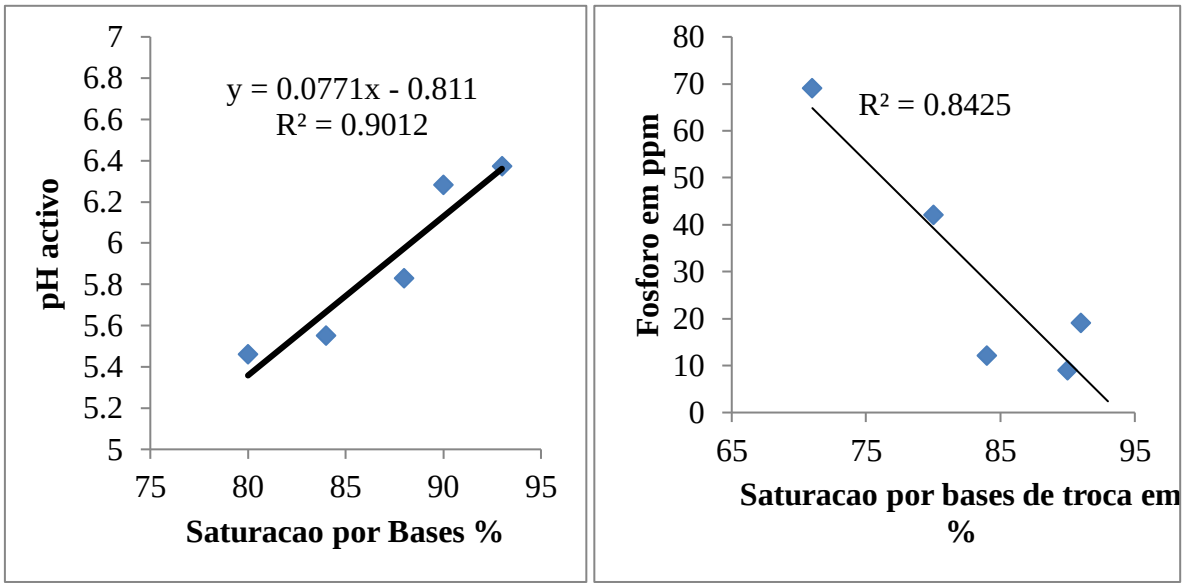

Figura 16. Gráficos de regressão: Regressão entre saturação por base do solo com o pH activo (à esquerda) e teor de fósforo (à direita)

4.2.3.3 Micronutrientes

Na Tabela a baixo estão representados os resultados médios dos micronutrientes (Ferro, Manganês e Sódio) dos solos das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Metúcue) do Posto Administrativo de Mepica.

Tabela 13. Resultados médios dos micronutrientes (Ferro, Manganês e Sódio) dos solos das três Localidades

Área	Fe	Mn	Na
	g/ha		
Virgens	1046,5	195,5	2,07
Napacala	3692,5	315	0
Metúcue	2292,5	140	0
Mepica	542,5	280	0

O teor de ferro encontrado nas áreas virgens foi inferior quando comparado com as áreas de produção de milho de Napacala e Metúcue; e foram superiores se comparado às áreas de produção de Mepica. Em relação ao teor de manganês no solo, as áreas virgens foram superadas pelas áreas de Napacala e Mepica, e superaram as áreas de Metúcue. No contexto geral, apesar das diferenças, os teores de manganês disponíveis estão abaixo daqueles (340 g) considerados

por Coelho (2006) como sendo ideais para a obtenção de rendimento potencial de 9 toneladas de grão/ha.

Para a obtenção de uma produção de milho de 9 toneladas/ha, as áreas virgens assim como as de Mepica, apresentam teor de ferro relativamente baixo, pois, de acordo com Coelho (2006), para um rendimento de 9 ton/ha a cultura extrai 2100 g de ferro. Enquanto os baixos teores de ferro podem afectar o rendimento da cultura por deficiência, os altos teores afectam o rendimento por meio da toxidade ou antagonismo com outros nutrientes. Num estudo realizado por Jucoski et al. (2016), o excesso de ferro promoveu a toxidade nas plantas e promoveu redução nos teores de P, Zn, Cu e Mn. Outrossim, a deficiência dos micronutrientes (como o Fe e Mn) pode ter efeitos negativos nos seguimentos metabólicos e redução do rendimento da cultura, tal como sucede com a insuficiência de um macronutriente (Coelho, 2006).

4.2.3.4. Macronutrientes

Na Tabela 14 estão representados os resultados médios dos macronutrientes primários (Nitrogénio, Fósforo e Potássio) e secundários (Cálcio e Magnésio) do solo das três Localidades (Mepica-Sede, Napacala e Metúcue) do Posto Administrativo de Mepica.

Tabela 14. Resultados médios dos macronutrientes primários (Nitrogénio, Fósforo e Potássio) e secundários (Cálcio e Magnésio) do solo das três Localidades

Áreas	N	P	K	Ca	Mg
	Kg/há				
Virgens	100	15,63	44,85	14,03	26,74
Napacala	0	14,88	70,98	16,13	44,67
Metúcue	0	16,45	34,13	17,54	26,80
Mepica	0	5,25	73,71	21,04	31,06

Nitrogénio

Os resultados laboratoriais não detectaram a presença de teor de nitrogénio nos solos das áreas de produção de milho. No entanto, nas áreas virgens registou-se um valor médio de 100 kg/há de Nitrogénio. De acordo como Bahia Filho et al. (2000), o teor de nitrogénio encontrado nas áreas virgens pode suportar uma produção de grão em torno de 5,18 ton/ha. Pavinato et al, (2018) avaliando a influência do nitrogénio e potássio no rendimento de milho, verificaram a máxima produtividade de grãos de milho sob irrigação quando foram aplicados 283 a 289kg/ha de nitrogénio.

Em vários sistemas de produção agrícola, a disponibilidade de teores de N é quase sempre um factor que condiciona a produção, influenciando no desenvolvimento das culturas em relação a outros nutrientes (Silva Filho, 2016). A deficiência de nitrogénio registado nas áreas de produção está associada aos baixos níveis de MO associado à alta permeabilidade dos solos (maior taxa de lixiviação de N). O tipo de solo pode ter grande influência no processo de lixiviação. Solos argilosos possuem maior capacidade de retenção de nitrogénio (Silva Filho, 2016) quando comparado com solos com maior teor de areias.

O nitrogénio no solo apresenta alta mobilidade e a sua reserva nos solos tropicais encontra-se associada à disponibilidade da matéria orgânica, correspondendo a cerca de 95% do total existente (Lopes, 2018; Pavinato et al. 2018). Neste caso, em zonas trópicas (região na qual a área de estudo se encontra), o incremento do teor de nitrogénio no solo passa por garantir a manutenção da qualidade da matéria orgânica e, consequentemente, os estoques de carbono e nitrogénio do solo (Silva Filho, 2016). Na perspectiva dos autores, o incremento da matéria orgânica no solo passa necessariamente pelo constante emprego dos adubos verdes e, (Lopes, 2018) pela adição de mais resíduos de culturas. Este facto contrasta com as práticas adoptadas pelos produtores, que no lugar de deixar os restos de culturas no campo, uns queimam-nas e outros retiram-nas do campo. Luca, Feller, Cerri, Barthès, Chaplot, Campos e Manechini, (2008) em seu estudo, constataram que o manejo sem queima da cana-de-açúcar resultou em melhorias nas propriedades dos solos e promoveu sequestro de C e N nas camadas superficiais dos solos.

- **Fósforo**

O teor de fósforo foi, quando comparado com as áreas virgens, inferior na área de produção de Mepica e Napacala e, superior em Metúcue. Segundo Sobral et al. (2015), tendo em conta o teor de argila, os teores de fósforo registados nas áreas avaliadas são médios. De acordo com Bahia Filho et al. (2000), os teores de fósforo encontrados no solo não são suficientes para obtenção de um rendimento potencial de 5,80 ton/ha (ver a Tabela 1.). Souza et al. (2018) avaliando a reposta de milho segunda safra à adubação fosfatada verificaram uma dependência do fósforo no crescimento e rendimento do milho cultivado em segunda safra. O teor elevado de fósforo encontrado nos solos de Metúcue pode ser resultado de uma adubação fosfatada realizada em campanhas de produção anteriores.

O fósforo apresentou uma dependência quadrática (R=74,46%) face à evolução do pH activo do solo. A redução do fósforo no pH elevado pode estar relacionada com o aumento de teor de cálcio que se liga com o fósforo, tornando o fósforo indisponível para as plantas. No pH baixo,

o baixo nível de fósforo está relacionado com maior disponibilidade de metais (Fe, Al, Mn) que se ligam com o fósforo, tornando-o indisponível. Num estudo desenvolvido por Rosa et al. (2016), verificaram que a disponibilidade de P nos solos aumentou com a elevação do pH até à faixa de pH de 6,5 e as faixas de pH acima deste tiveram os resultados de P-disponível, reduzido.

Diferentemente do pH, o teor de argila no solo afecta negativamente (figura 17) o nível de fósforo disponível para as plantas. Tal tendência pode dever-se ao facto de o fósforo, em solos argilosos, apresentar baixa mobilidade e baixa eficiência devido à grande atracção das argilas por esse elemento (Rosa et al., 2016).

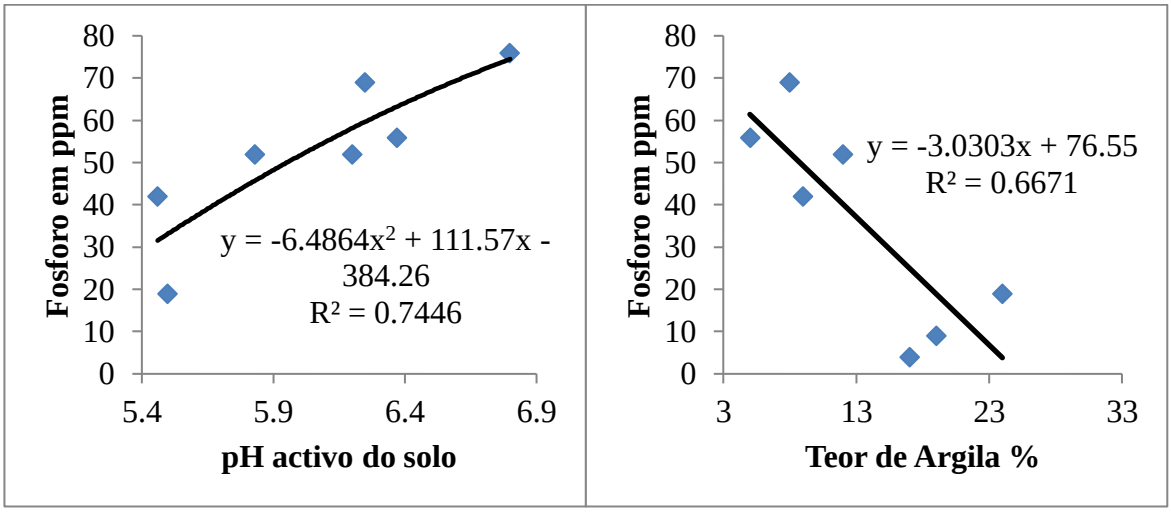

Figura 17. Gráficos de regressão: Regressão entre fósforo no solo com pH activo (à esquerda) e Teor de argila (à direita).

- **Potássio**

Os solos das áreas virgens apresentaram teores de potássio inferiores aos dos solos das áreas de produção de Napacala e Mepica. Em termos agronómicos, Sobral et al. (2015) no seu manual de interpretação de análise de solo, consideram os teores encontrados como sendo baixos para a prática da agricultura. Os autores associam os baixos teores de potássio no solo com o elevado nível de intemperismo dos solos. Ademais, os teores de potássio registados no solo das áreas estudadas estão abaixo daqueles necessários para a obtenção de uma produtividade de 3,65 ton/ha (tabela 1). Num estudo conduzido por Petter et al. (2016) reportaram influência significativa das doses de potássio na produtividade de grãos. O maior rendimento (6607 kg/ha) foi obtido quando foi aplicado 53 kg/ha de K_2O.

O alto teor de potássio encontrado nas áreas de produção em detrimento das áreas virgens deve-se, grandemente, às práticas de queimas realizadas durante o preparo do campo. Além do cálcio, as cinzas apresentam teores elevadas de potássio facilmente trocável. Júnior et al. (2000), em sua pesquisa, reportaram valores elevados de K no horizonte A, nas áreas com pastagens

cultivadas. Os autores relacionaram os altos teores com a mobilização do potássio, pela queima periódica durante a estação seca.

O teor de potássio no solo apresentou forte dependência linear (R=64,51%) ao teor de argila. Além de reduzir as perdas por meio da retenção no complexo de troca (baixa CTC), a argila reduz as perdas de potássio devido à baixa intensidade de percolação da água e, como isso, redução da lixiviação do potássio do solo que se pode perder facilmente devido à alta taxa de solubilidade e mobilidade no solo. O potássio no solo movimenta-se verticalmente, principalmente pela água de drenagem, resultando em perdas por lixiviação. A lixiviação do potássio no perfil do solo depende, principalmente, da textura e da capacidade de troca catiónica (CTC) do solo (Miranda, da Silva, Santos & Seron, 2013). Miranda et al. (2013) avaliando a lixiviação de potássio em diferentes solos observaram que, no solo argiloso, o aumento do potássio proporcionou aumento do teor de K no solo, principalmente nas camadas superficiais.

- **Magnésio**

Os teores de magnésio no solo variaram em conformidade com as áreas avaliadas. O menor teor de magnésio foi registado nos solos das áreas virgens e o maior foi registado nos solos de Napacala. De acordo com Bahia Filho et al. (2000), os teores de magnésio registados no solo das áreas virgens e nas áreas de produção de Metúcue não são suficientes para a produção de 9,17 ton/ha de grão de milho; em Mepica, os teores não são suficientes para a produção de 10,15 ton/ha.

Em temos agronómicos, Sobral et al. (2015) classificam os teores de magnésio encontrados nos solos das áreas virgens, de Metúcue e de Napacala como sendo teores médios; e os verificados em Napacala como sendo teores altos. Nos solos das áreas estudadas, o teor de magnésio está a ser afectado pelo teor de argila disponível no solo (ver a figura 18 onde o R=68,77%).

- **Cálcio**

Os teores de cálcio nas áreas virgens foram inferiores àquelas observadas nas áreas de produção de Napacala, Metúcue e Mepica. De acordo com Sobral et al. (2015), para fins agrícolas, os teores encontrados no solo são baixos (<1,6 $cmol_c$/kg). Para a cultura de milho, os teores de cálcio registados nas áreas estudadas não suficientes para a obtenção de produtividade de grão em torno de 7,87 ton/ha (Bahia Filho et al., 2000). Coldebella, Lorenzetti, Tartaro, Treib, Pinto, Fontana e Alves (2018) avaliando a influência da elevação da participação do cálcio na CTC constataram que o cálcio promoveu o melhoramento das componentes de produção e a

composição química do solo. Em um outro estudo, Ludwig, Fernandes, Guerrero e Bôas (2018) reportaram um aumento do rendimento quando foi aplicado 80 kg por hectare.

Dentre os vários factores, a prática de queima (que resulta na deposição de cinza vegetal) realizada nos campos de produção pode estar a influenciar positivamente os grandes teores de cálcio registados na área de produção, em detrimento das áreas virgens. Dos elementos fornecidos pela cinza, o cálcio encontra-se em grande quantidade (Ribeiro et al., 2015), sendo recomendado para elevar o pH do solo.

Os teores de cálcio do solo evoluem em função dos teores de argila (figura 18). Este facto ocorre devido à redução da lixiviação devido à presença de colóides minerais que retém o cálcio e promovem a redução da drenagem excessiva do solo por meio da redução dos macroporos. As práticas de reviramento de solo adoptadas pelos produtores, o não uso da cobertura do solo associado às chuvas que caem na região podem aumentar a perda de cálcio no solo.

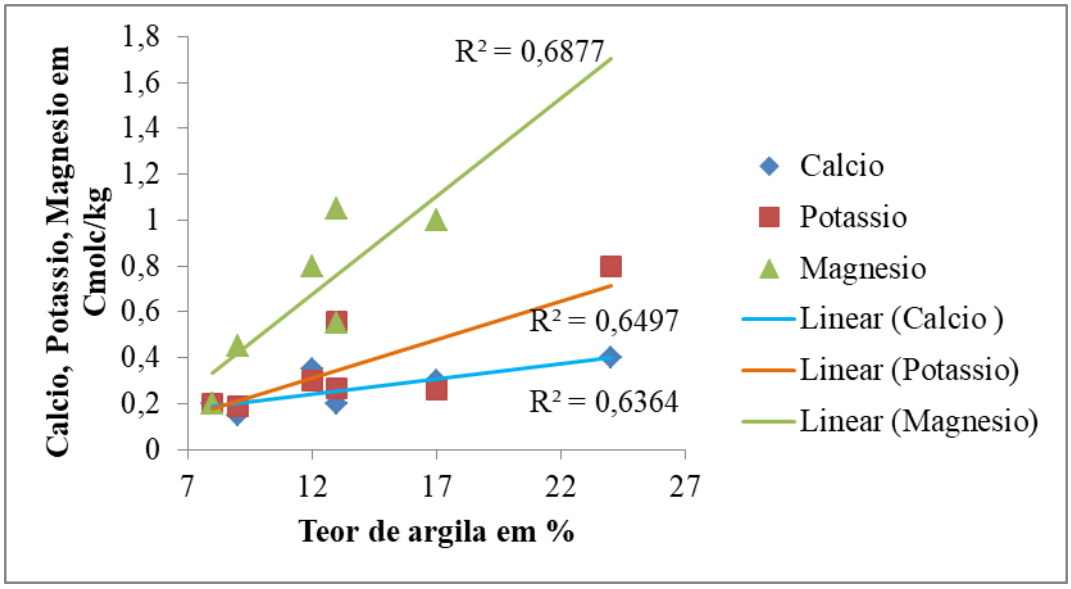

Figura 18. Regressão entre o teor de argila no solo com o teor de Cálcio, Potássio e Magnésio no solo

CAPÍTULO V: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

- A produção de milho no Posto Administrativo de Mepica é caracterizada por: prático reviramento manual do solo; maioritariamente, o milho é consociado com feijão bóer e feijão nhemba e a rotação tem sido, frequentemente, feita com a cultura de algodão; com excepção de casos isolados, os produtores não praticam qualquer forma de adubação; a prática de cobertura morta é inexistente.
- A prática adoptada na limpeza dos campos (queima de resto de culturas no campo e remoção do resto de cultura do campo sem queima) exercem uma influência na ocorrência de erosão, compactação dos solos e na redução do teor de matéria orgânica devido à remoção da cobertura do solo. Por outra, a rotação de cultura feita por uma esgotante (algodão) resulta no maior empobrecimento do solo.
- Os solos usados para a produção de milho apresentam textura franca arenosa com baixos teores de matéria orgânica e pH em torno de 5,5 a 6,5. Capacidade de troca catiónica baixa com uma saturação de base em torno de 82% a 90%. Os solos são pobres em nitrogénio; o teor de fósforo é médio e de potássio é baixo; Os teores de magnésio foram maiores em Napacala e médios em Metúcue e em Mepica; em todas áreas, o teor de cálcio foi baixo.
- O baixo teor de matéria orgânica, a baixa capacidade de troca catiónica associada aos baixos teores de argila e de nitrogénio no solo, revelam a baixa aptidão agrológicas dos solos do Posto Administrativo de Mepica na produção de milho. Apesar de as práticas agrícolas estarem a afectar componentes do solo como a MOS (afectando o teor de nitrogénio e a CTC), os solos da região reflectem a génese da sua formação.

5.2. Recomendações

Aos produtores do Posto Administrativo de Mepica

- Que evitem práticas como: rotação de cultura do milho com algodão por ambas serem esgotantes; que a limpeza do campo não envolva a queima ou a retirada dos restos de cultura do campo de produção; o reviramento constante do solo, visto que, os solos apresentam baixos teores de argila;
- Que adoptem práticas de cobertura morta como forma de evitar a compactação e erosão do solo.

Ao Serviço Distrital de Actividades Económicas de Cuamba e às ONGs

- Que, dentro das suas possibilidades, demonstrem aos produtores as práticas que incrementam o teor de matéria orgânica no solo como forma de melhorar a fertilidade, agregação das partículas do solo (melhorando a estrutura do solo) e a Capacidade de Troca Catiónica do solo.

Aos académicos

- Que realizem pesquisas semelhantes, envolvendo culturas como o algodão que se destaca no distrito como sendo uma das culturas mais produzidas;
- Que realizem pesquisa com vista a encontrar as melhores práticas que resultam na redução da degradação dos solos no Posto Administrativo de Mepica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, G. C. P. (2005). Caracterização física e classificação dos solos. *Universidade Federal de Juiz de Fora*, 145.

ANDA- Associação Nacional para Difusão de Adubos (2000). *Uso de Fertilizantes Minerais e o Meio Ambiente*. Brasil: ANDA.

Araújo, E. A., Ker, J. C., Neves, J. C. L., & Lani, J. L. (2012). Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Applied Research & Agrotechnology*, *5*(1), 187-206.

Bahia Filho, A. F. C., Vasconcellos, C. A., dos Santos, H. L., de Franca, G. E. & Pitta, G. V. E. (1983). Nutrição e adubação do milho. *Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)*.

Barros, J. F. & Calado, J. G. (2014). A cultura do milho. Évora: Universidade de Évora. Escola de Ciências e Tecnologia.

Bittencourt, M. V. B. (2009). Impactos da agricultura no meio-ambiente: Principais tendências e desafios (Parte 1). *Economia & Tecnologia, 18,* 133-146.

Braida, J. A., Bayer, C., Albuquerque, J. A. & Reichert, J. M. (2011**).** *Matéria orgânica e seu efeito na física do solo. Tópicos CL Solo, 7,* p. 221-278.

Cardoso, E. L., Fernandes, A. H. B. M., Fernandes, F. A. (2009). Análise de Solos: Finalidade e Procedimentos de Amostragem. *Embrapa***:** Corumbá.

Cardoso, R. A., Bento, A. S., Moreski, H. M. & Gasparotto, F. (2014). Influência da adubação verde nas propriedades físicas e biológicas do solo e na produtividade da cultura de soja. *Semina cienc. biol. saúde*, 51-60.

Cipriano, S., & Silva, J. (2019). Relação entre o rendimento de grão do milho (zea mays l.), nitrogénio e fósforo aplicados no solo. *Revista Electrónica de Investigação e Desenvolvimento*, *2*(8).

Coelho, A. M. (2006). Nutrição e adubação do milho. *Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica*.

Coldebella, N., Lorenzetti, E., Tartaro, J., Treib, E. L., Pinto, R. E., Fontana, A. & Alves, A. B. (2018). Desempenho do milho à elevação da participação do cálcio na CTC. *Scientia Agraria Paranaensis*, 443-450.

Costa, Y. T., & Rodrigues, S. C. (2015). Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. *Revista do Departamento de Geografia*, *30,* 149-165.

Costa, E. M., Silva, H. F. & Ribeiro, P. R. A. (2013). *Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas*. *Enciclopédia Biosfera, v.9, n.17*; p. 2011842.

Da Costa, J. B. (2011). *Caracterização e constituição do solo* (8ª ed). Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian.

Da Cunha, T. J., Mendes, A. M. S. & Gionga, V. (2015). *Matéria orgânica do solo*.

Demarchi, M. (2011). Análise da conjuntura agropecuária da Safra 2011/12- milho. Outubro de 2011. Disponível em: http://www.agricultura.pr.gov.br acesso em 13/06/12.

Fernandes, R. (2009). *A matéria orgânica do solo*. Portugal: Vida rural.

Garcia, J. A. (2002). Guia básico de agricultura. *Tecnocolor*: Venezuela.

GIL, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas.

Guimarães, D. V., Gonzaga, M. I. & Melo Neto, J. D. O. (2014). Manejo da matéria orgânica do solo e estoques de carbono em cultivos de frutas tropicais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, *18*, 301-306.

Jucoski, G. D. O., Cambraia, J., Ribeiro, C. & Oliveira, J. A. D. (2016). Excesso de ferro sobre o crescimento e a composição mineral em Eugenia uniflora L. *Revista Ciência Agronômica*, *47*, 720-728.

Júnior, H. B. M., de Oliveira, F. I., Neto, J. F. T., Couto, W. S. & Viégas, I. D. J. M. (2000). Nutrientes limitantes em pastagens nativas de Panicum zizanoides HBK e Axonopus affinis em um plintossolo da ilha de Marajó, Pará. *Revista de Ciências Agrárias-Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, (34), 59-68.

Kiehl, L. F. (1970). O tamanho da amostra na pesquisa de mercado. *Revista de Administração de Empresas*, *10*, 205-216

Lopes, A. S. (2018). Manual internacional de fertilidade do solo. rev. e ampl. Piracicaba: Potafos, 1998. MACEDO JÚNIOR, Gilberto de Lima et al. Eficiência Produtiva e Impacto Ambiental na Produção de Ruminantes. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO*, *4*.

Ludwig, F., Fernandes, D. M., Guerrero, A. C. & Bôas, R. L. V. (2018). Marcha de absorção de nutrientes em cultivares de gérbera de vaso. *Horticultura Brasileira*, *31*(4).

Luca, E. F. D., Feller, C., Cerri, C. C., Barthès, B., Chaplot, V., Campos, D. C. & Manechini, C. (2008). Avaliação de atributos físicos e estoques de carbono e nitrogênio em solos com queima e sem queima de canavial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *32*, 789-800.

Mabilana, H. A., Fontana, D. C. & Fonseca, E. L. D. (2012). Desenvolvimento de modelo agrometeorológico espectral para estimativa de rendimento do milho na Província de Manica-Moçambique. *Revista Ceres*, *59*, 337-349.

Machado, C. A. (2012). Desmatamentos e queimadas na região norte do estado dos tocantins. *Caminhos de Geografia*, *43*, 217–229.

Madari, B. E., Cunha, T. J. F., Novotny, E. H., Milori, D. M. B. P., Martin Neto, L., BENITES, V. D. M., ... & Santos, G. A. (2009). Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo.

Magalhaes, P. C. & Durães, F. O. (2006). Fisiologia da produção de milho. *Embrapa.*

Ministério da Administração Estatal (2005). Perfil do Distrito de Montepuez. Ministério da Administração Estatal. 2005. Disponível em: http://www.govenet.gov.mz/ acesso em 10 de Janeiro de 2023.

Ministério da Agricultura de Moçambique (2011). "Balanço do Plano Económico e Social 2011. *Ministério da Agricultura de Moçambique:* Maputo,mMoçambique.

Miranda, M. C., da Silva, Santos, D., & Seron, H. (2013). Lixiviação de potássio proveniente de diferentes fontes de potássio em dois tipos de solo.

Moreira, F. M. S & Siqueira, J. O. (2006). *Microbiologia e bioquímica do solo*. Brasil: Universidade Federal de Lavras.

Mosca, J. (2014). Agricultura familiar em Moçambique: ideologias e políticas. *Observatório rural.*

Mottin, M. C.., Seidel, E. P.., Ribeiro, L. L. O., Pan, R., Fey, E. & Rosset, J. S. (2022). Efeito do cultivo de milho consorciado com plantas de cobertura na produção de massa seca e nas propriedades físicas do solo. *Conjecturas*, *22*(9), 70–91. https://doi.org/10.53660/CONJ-1422-AG13.

Noleto, P. F., Noleto, P. C., de Sousa, K. F. & Guimarães, A. P. M. (2020). Influência das queimadas para a qualidade orgânica de duas áreas do cerrado tocantinense. *Natural Resources*, *10*(1), 1-9.

Nolla, A., da Silva Alves, E. O., da Silva, T. G. & Bordin, A. V. (2020). Correção da acidez e disponibilização de fósforo e potássio em latossolo vermelho distrófico típico submetido à calagem incorporada e superficial. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, *3*(3), 2478-2487.

Pavinato, P. S., Ceretta, C. A., Girotto, E. & Moreira, I. C. L. (2008). Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, *38*, 358-364.

Pereira, J. R. C., Signor, D. & DEON, M. (2018). Efeito de biocarvões sobre atributos químicos de um Argissolo em Petrolina, PE. Embrapa

Petter, F. A., Andrade, F. R., Zuffo, A. M., de Sousa Monteiro, M. M., Pacheco, L. P., & de Almeida, F. A. (2016). Doses e épocas de aplicação de potássio no desempenho agronômico do milho no cerrado piauiense. *Comunicata Scientia*, *7*(3), 372-382.

Prezotti, L. C., & Guarçoni, A. M. (2013). Guia de interpretações de análise de solo e foliar. Vitoria, ES: Incaper,

Prezotti, L., Silva, A. S., Vieira, G. H. S., Calmon, J. M. I., de Melo, D. P., Stefanon, R. M., & Rodrigues, D. (2020). Efeito da cobertura morta sobre a capacidade de retenção de umidade e temperatura do solo. *Cadernos de Agroecologia*, *15*(2).

Ramos, E. F. (2012). Contaminação por diesel em Argissolo vermelho-amarelado.

Reichert, J. M., Reinert, D. J., & Braida, J. A. (2003). Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. *Ci. Amb*, *27*, 29-48.

Ribeiro, R., Amendola, E., Andrade, V. H. & Miranda, B. (2015). Utilização da cinza vegetal para calagem e correção de solos–um estudo de caso para a região metropolitana de Curitiba (RMC). *Agrarian Academy*, *2*(03).

Resende, F. V., Souza, L. S. D., Oliveira, P. S. R. D. & Gualberto, R. (2005). Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. *Ciência e agrotecnologia*, *29*, 100-105.

Rocha, M. S., Pereira, E. S. & Teixeira, V. M. (2014, Novembro). *Avaliação de impactos ambientais na agricultura familiar de Colorado do oeste, Rondónia.* Comunicação apresentada no V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte/MG, Brazil.

Ronquim, C. C. (2010). *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.* Campinas: Embrapa.

Rosa, A., Caponi, L. H. & Júnior, L. A. Z. (2016). Disponibilidade de fósforo em um Latossolo Vermelho em função do pH do solo. *Acta Iguazu*, *5*(5), 108-115.

Sans, L. M. A. & Santana, D. P. (2002). Cultivo do milho: clima e solo.

Silva, F. W. A., Portela, J. C., Gondim, J. E. F. & de Oliveira, V. N. S. (2019). Matéria orgânica e suas inter-relações com os atributos físicos do solo. *Habitats Urbanos e Rurais*, 255.

Silva, V. D., Reinert, D. J. & Reichert, J. M. (2000). Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *24*, 191-199.

Silva, A. D., Santos, F. D. S., Barretto, V. D. M., de Freitas, R. J., & Kluthcouski, J. (2018). Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, Urochloa brizantha cv. Marandu e guandu.

Silva Filho, V. A. L. (2016). Deslocamento vertical de nitrogênio em um neossolo regolítico adubado com esterco bovino.

Souza, D. R., Vilar, C. C., Ushiwata, S. Y., Reis, R. D. G. E. & Ribeiro, K. C. (2018). Resposta da cultura do milho, em segunda safra, à adubação fosfatada em Latossolo Amarelo no cerrado. *Revista de Ciências Agroambientais*, *16*(1), 14-24.

Sobral, L. F., Barretto, M. C. V., da Silva, A. J. & dos Anjos, J. L. (2015). Guia prático para interpretação de resultados de análises de solo. *Embrapa*: Aracaju.

Stone, L. F. & Silveira, P. D. (2001). Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *25*, 395-401.

Toledo-Souza, E. D. D., Silveira, P. M. D., Lobo Junior, M., & Café Filho, A. C. (2008). Sistemas de cultivo, sucessões de culturas, densidade do solo e sobrevivência de patógenos de solo. *Pesquisa agropecuária brasileira*, *43*, 971-978.

Uaiene, R. N. (2006). INSTITUTO DE INVESTIGAÇÃO AGRÁRIA DE MOÇAMBIQUE Direcção de Formação, Documentação e Transferência de Tecnologias.

Walker, T. S., Pitoro, R., Tomo, A., Sitoe, I., Salencia, C., Mahanzule, R., ... & Mazuze, F. M. (2006). *Estabelecimento de prioridades para a investigação agrária no sector público em Moçambique baseado nos dados do trabalho de inquérito agrícola (TIA)* (No. 1093-2016-87876).

Varennes, A. (2003). *Produtividade dos solos e ambiente*. Lisboa, Portugal: Escolar Editora.

APÊNDICES

Apêndice I. Questionário de Entrevista

Universidade Católica de MoçambiqueFaculdade de Ciências Agronômicas

Departamento dos Cursos de Pós-graduação e Mestrados

Mestrado em Solos e Agricultura Sustentável (SAS)

GUIÃO DE ENTREVISTA

Tema: Influencia das práticas de maneio de solo adoptadas na produção de milho sobre as característicasEdafológicas: um olhar sobre aptidão agrológica do solo e a idoneidade das práticas na produção dacultura em Mepica

Estudante: Ângela Maria Júlio Muissicoja

Enquadramento: Nos últimos anos, a produção de milho, vem passando por importantes mudanças tecnológica, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção. Entre essas tecnologias destaca-se a consciencialização dos produtores da necessidade da melhoria na qualidade dos solos, visando uma produção sustentada. Isso prendesse ao facto de o solo ser o principal componente para a prática da agricultura podendo, na maioria das vezes, determinar a qualidade da produção e a produtividade (Stone & Silveira, 2001).

Em países como Moçambique onde maior parte dos produtores praticam agricultura de subsistência, a limpeza dos campos é com base nas queimadas. Ademais, nos últimos anos, como forma de dar face ao aumento da produção e geração de excedentes, o governo moçambicano tem incentivado o uso da mecanização, monocultivo, pesticidas e adubos químicos, abandonando as práticas agrícolas tradicionais. Estas práticas podem, alongo prazo, afectar a qualidade do solo.

Assim, este guião e destinado à colheita de dados com a finalidade de produzir informação em relação a influencia das práticas de maneio de solo adoptadas na produção de milho sobre as características físico-químicas do solo do posto Administrativo de Mepica, distrito de Cuamba.

O preenchimento deste questionário é voluntário e não entrevistado não é sujeito a nenhuma remuneração, tanto monetária assim como em bens/serviços. Os dados colhidos deste questionário, serão usados somente para fins académicos.

Obrigado;

Ângela Maria Júlio Muissicoja

Identificação do local da realização da entrevista

1. Ponto de entrevista	2. Distrito	3 Posto Administrativo	4 Localidade	5. Latitude	6. Longitude	7. Altitude
Enº.: _____						

I. Identificação do produtor

8. Nome (Opcional):	_____	**9. Gênero:**	M (**1**)____; F (**2**)
10. Idade:	16-20 Anos (**1**)__; 21-30 Anos (**2**)_; 30-40 Anos (**3**)_; 40-50 Anos (**4**)___; >50 Anos (**5**)		
11. Agregado familiar	1-2 (1)__; 3-4 (2)___; 5-6 (**3**)___;7-8 (**4**)__; 9-10 (**5**)___; 10-15 (**6**)___; >15 (**7**) _____		
12. Nível de escolaridade	Primário (**1**)_____; Secundário (**2**)_____; Superior (**3**)_____; Outro (**4**)_____; indicar _____		

II. Dados de produção

13. A quanto tempopratica Agricultura:	1-4 Anos (**1**)__; 5-8 Anos (**2**)___; 9-12 Anos (**4**)___; 13-16 Anos (**4**)___; >16 Anos (**5**) ____
14. A quanto tempoproduz milho?	1-4 Anos (**1**)__; 5-8 Anos (**2**)___; 9-12 Anos (**4**)___; 13-16 Anos (**4**)___; >16 Anos (**5**)____
15. Para além do milho, quais culturas pratica	Soja (**1**)_____; Feijão (**2**)_____; Algodão (**3**)__; Tabaco (**4**) _____

16. Qual foi a área total de produção de milho nas últimas três campanhas agrícolas (hectares)?	
2019/2020	1-2 (**1**)_____; 3-4 (**2**)_____; 5-6 (**3**)_____;7-8 (**4**)_____; 9-10 (**5**)_____; 10-15 (**6**)_____; >15 (**7**)_____;
2020/2021	1-2 (**1**)_____; 3-4 (**2**)_____; 5-6 (**3**)_____;7-8 (**4**)_____; 9-10 (**5**)_____; 10-15 (**6**)_____; >15 (**7**)_____;
2021/2022	1-2 (**1**)_____; 3-4 (**2**)_____; 5-6 (**3**)_____;7-8 (**4**)_____; 9-10 (**5**)_____; 10-15 (**6**)_____; >15 (**7**)_____;
17. Qual é o rendimento do milho obtido nas última três campanhas Agrícolas (Toneladas)?	
2019/2020	1-2 (**1**)_____; 3-4 (**2**)_____; 5-6 (**3**)_____;7-8 (**4**)_____; 9-10 (**5**)_____; 10-15 (**6**)_____; >15 (**7**)_____;
2020/2021	1-2 (**1**)_____; 3-4 (**2**)_____; 5-6 (**3**)_____;7-8 (**4**)_____; 9-10 (**5**)_____; 10-15 (**6**)_____; >15 (**7**)_____;
2021/2022	1-2 (**1**)_____; 3-4 (**2**)_____; 5-6 (**3**)_____;7-8 (**4**)_____; 9-10 (**5**)_____; 10-15 (**6**)_____; >15 (**7**)_____;

III. Principais prácticas Agrícolas

18. Como tem feito a limpeza do campo?
Com queimada (1)_____; Sem queimada (2)_____; Retirando todos os resíduos do campo (3)_____; Outro (4)_____; Indicar _____

19. Como é feito o preparo do solo?
Reviramento manual (1)_____; Reviramento mecanizado (2)_____; Minimum Tillage (3)_____; Zero Tillage (4)_____; Outro (5)_____; Indicar _____
21. Se realiza o reviramento, qual tem sido a frequência?
1 vez (**1**)_____; 2 vezes (**2**)_____; 3 vezes (**3**)_____; >3 vezes (**4**) _____
22. Tem feito rotação de cultura?
Sim (**1**)_____; Não (**2**) _____
23. Se sim, como tem feito (indicar as culturas usadas e o período de permanecia das culturas)
Resposta:
24. Tem feito consorciação de culturas?
Sim (**1**)_____; Não (**2**) _____
25. Se sim, como tem feito (indicar as culturas na consorciação)
Resposta:
26. Tem praticado a técnica de cobertura morta?
Sim (**1**)_____; Não (**2**) _____
27. Tem usado adubos?
Sim (**1**)_____; Não (**2**) _____
28. Se sim, que tipo de adubos
Químicos (1)_____; indicar _____ Orgânicos (2)_____; indicar _____
29. Se químicos, como tem feito (indicar como determina as doses e frequência de adubação).
Resposta

Fim

Apêndice II. Resultados de análises laboratoriais

IIAM
Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
CENTRO ZONAL NORDESTE (Northest Zonal centre)
POSTO AGRONÓMICO DE NAMPULA (PAN)
Tel/Fax (258)-26-218649/218650
Av. Das FPLM, Km 7 via Corrane, CP:622
Website: www.iiam.gov.mz
LABORATORIO DE ANALISES DE SOLOS E PLANTAS

RESULTADO DE ANÁLISE DE SOLO De:Angela 07/12/2022

n	Localização		Prof.	pH (1:2,5)		CE (1:2,5)	Dr	Ds	Hr	Ha	Granulometria (%)			
			(m)	H_2O	KCl	µS/cm	g/cm^3	g/cm^3	%		AG	AF	Si	Ar
01	Napucala		00-25	6,37	9,46	31	2,42		3,39	4,17	45	30	21	5
02	Napucala		25-85	6,12	6,12	16	2,63		5,63	2,46	40	22	20	17
03	Mepica		00-25	6,25	5,29	51	2,19		21,9	0,20	51	27	13	8
04	Mepica		20-123	6,20	6,00	16	2,31		0,78	1,01	51	18	9	22
05	L.Napacala		00-35	6,80	5,96	30	1,91		1,56	4,28	30	38	19	13
06	L.Napacala		00-35	6,28	6,12	19	2,55		1,85	6,04	37	27	18	19
07	L.Metucue		00-35	5,83	5,96	32	2,41		1,00	3,20	48	29	11	12
08	L.Metucue		00-35	5,46	5,58	19	2,23		0,65	1,21	43	34	14	9
09	L.Mepica		00-35	5,55	6,61	41	2,25		3,55	2,46	42	33	12	13
10	L.Mepica		00-35	5,50	6,58	19	2,29		18,1	9,05	26	30	20	24
	Micronutriente		Macronutrientes											
2	Fe	Mn	K$^+$	Ca^{++}	Mg^{++}	Na$^+$	Al^{3+}	H+Al	S.B.	T	V	Na	M.O	P
	----------ppm----------		----------Cmol$_c$/kg----------								----------%----------			ppm
01	70	8	0,72	0,35	1,55	0,09		0,20	2,71	2,91	93	3	0,07	56
02	94	5	0,26	0,30	1,00	0,09		0,25	1,65	1,90	87	5	0,42	4
03	21	9	0,20	0,20	0,20	0,00		0,25	0,60	0,85	71	0	0,06	69
04	50	5	0,15	0,10	0,45	0,00		0,20	0,70	0,90	78	0	0,06	52
05	56	10	0,56	0,25	1,05	0,00		0,20	1,86	2,06	90	0	0,45	76
06	155	8	0,47	0,20	1,05	0,00		0,20	1,72	1,92	90	0	0,39	9
07	92	6	0,30	0,35	0,80	0,00		0,20	1,45	1,65	88	0	0,47	52
08	39	2	0,19	0,15	0,45	0,00		0,20	0,79	0,99	80	0	0,39	42
09	17	5	0,27	0,20	0,55	0,00		0,20	1,02	1,22	84	0	0,35	12
10	14	11	0,80	0,40	0,90	0,00		0,20	2,10	2,30	91	0	0,39	19

Obs. Metodo Mehlich-1 (P, K e Na);KCl 1mol/L (Ca, Mg) AcpH7 (H+Al); Dr: densidade real; Ds: Densidade do solo; Hr: Humidade residual; CC: Capacidade de campo; AG: areia grossa; AF: areia fina; Si: silte ou limo; Ar: Argila. M.O: matéria orgânica; P: fosforo assimilável.

Laboratório Regional de Analise de Solos e Plantas - Nampula

Responsável

Dr. Momade M. Ibraimo
(PhD, Solos e Nutrição de Plantas)
Cell: +258820681070

mmomade1964@gmail.com

MATERIAL SUPLEMENTAR

I. Resultados de Análises de Variância

Variável analisada: pH

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.151250	0.151250	10.371	0.0486
Localidade	3	1.433750	0.477917	32.771	0.0085
erro	3	0.043750	0.014583		
Total corrigido	7	1.628750			

CV (%) = 2.01
Média geral: 6.0125000 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 0,582514473837979 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,0853912563829967

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Mepica	5.550000	a1
PM. Metucue	5.650000	a1
Perfil	6.300000	a2
PM. Napacala	6.550000	a2

Variável analisada: densidade

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.009112	0.009112	0.114	0.7576
Localidade	3	0.009638	0.003213	0.040	0.9873
erro	3	0.239137	0.079712		
Total corrigido	7	0.257888			

CV (%) = 12.38
Média geral: 2.2812500 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 1,36188844310142 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,199640301542549

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Napacala	2.230000	a1
PM. Mepica	2.270000	a1
Perfil	2.305000	a1
PM. Metucue	2.320000	a1

Variável analisada: CE

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	84.500000	84.500000	0.504	0.5288
Localidade	3	342.500000	114.166667	0.682	0.6198
erro	3	502.500000	167.500000		
Total corrigido	7	929.500000			

CV (%) = 42.78
Média geral: 30.2500000 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 62,428906106239 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 9,15150260886156

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Napacala	24.500000	a1
PM. Metucue	25.500000	a1
PM. Mepica	30.000000	a1
Perfil	41.000000	a1

Variável analisada: Fe

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	4.500000	4.500000	0.002	0.9688
Localidade	3	8550.000000	2850.000000	1.139	0.4586
erro	3	7505.500000	2501.833333		
Total corrigido	7	16060.000000			

CV (%) = 86.24
Média geral: 58.0000000 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 241,272323620204 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 35,3683003078557

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Mepica	15.500000	a1
Perfil	45.500000	a1
PM. Metucue	65.500000	a1
PM. Napacala	105.500000	a1

Variável analisada: Mn

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.125000	0.125000	0.013	0.9157
Localidade	3	31.375000	10.458333	1.106	0.4680
erro	3	28.375000	9.458333		
Total corrigido	7	59.875000			

CV (%) = 41.70
Média geral: 7.3750000 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 14,8349342987016 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 2,17466472511665

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Metucue	4.000000	a1
PM. Mepica	8.000000	a1
Perfil	8.500000	a1
PM. Napacala	9.000000	a1

Variável analisada: K

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.004513	0.004513	0.048	0.8404
Localidade	3	0.106138	0.035379	0.377	0.7777
erro	3	0.281238	0.093746		
Total corrigido	7	0.391888			

CV (%) = 69.78
Média geral: 0.4387500 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 1,47691093667825 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,216501539640407

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Metucue	0.245000	a1
Perfil	0.460000	a1
PM. Napacala	0.515000	a1
PM. Mepica	0.535000	a1

Variável analisada: Ca

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.005000	0.005000	0.316	0.6134
Localidade	3	0.006250	0.002083	0.132	0.9351
erro	3	0.047500	0.015833		
Total corrigido	7	0.058750			

CV (%) = 47.94
Média geral: 0.2625000 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 0,606966185567156 NMS: 0,05

Média harmónica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,0889756521002609

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Napacala	0.225000	a1
PM. Metucue	0.250000	a1
Perfil	0.275000	a1
PM. Mepica	0.300000	a1

Variável analisada: Mg

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.227813	0.227813	0.848	0.4250
Localidade	3	0.205938	0.068646	0.256	0.8540
erro	3	0.805938	0.268646		
Total corrigido	7	1.239688			

CV (%) = 63.31
Média geral: 0.8187500 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 2,50016328958598 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,366500909503192

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Metucue	0.625000	a1
PM. Mepica	0.725000	a1
Perfil	0.875000	a1
PM. Napacala	1.050000	a1

Variável analisada: Na

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.001013	0.001013	1.000	0.3910
Localidade	3	0.003038	0.001013	1.000	0.5000
erro	3	0.003038	0.001013		
Total corrigido	7	0.007088			

CV (%) = 282.84
Média geral: 0.0112500 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 0,153488497728256 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,0225

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Napacala	0.000000	a1
PM. Metucue	0.000000	a1
PM. Mepica	0.000000	a1
Perfil	0.045000	a1

Variável analisada: P

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	406.125000	406.125000	0.610	0.4918
Localidade	3	2295.375000	765.125000	1.149	0.4558
erro	3	1997.375000	665.791667		
Total corrigido	7	4698.875000			

CV (%) = 61.62
Média geral: 41.8750000 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 124,465072671986 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 18,245433218571

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Mepica	15.500000	a1
PM. Napacala	42.500000	a1
PM. Metucue	47.000000	a1
Perfil	62.500000	a1

Variável analisada: H Al

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.000313	0.000313	1.000	0.3910
Localidade	3	0.000938	0.000313	1.000	0.5000
erro	3	0.000938	0.000313		
Total corrigido	7	0.002188			

CV (%) = 8.57
Média geral: 0.2062500 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 0,085271387626809 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,0125

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Napacala	0.200000	a1
PM. Metucue	0.200000	a1
PM. Mepica	0.200000	a1
Perfil	0.225000	a1

Variável analisada: SB

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.418612	0.418612	0.480	0.5384
Localidade	3	0.504438	0.168146	0.193	0.8953
erro	3	2.618238	0.872746		
Total corrigido	7	3.541288			

CV (%) = 61.01
Média geral: 1.5312500 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 4,50632190102299 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,660585283416658

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Metucue	1.120000	a1
PM. Mepica	1.560000	a1
Perfil	1.655000	a1
PM. Napacala	1.790000	a1

Variável analisada: CTC

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.396050	0.396050	0.468	0.5429
Localidade	3	0.517750	0.172583	0.204	0.8877
erro	3	2.536550	0.845517		
Total corrigido	7	3.450350			

CV (%) = 52.92
Média geral: 1.7375000 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 4,43546754585966 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,650198687581983

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
PM. Metucue	1.320000	a1
PM. Mepica	1.760000	a1
Perfil	1.880000	a1
PM. Napacala	1.990000	a1

Variável analisada: V%

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	66.125000	66.125000	0.854	0.4237
Localidade	3	76.375000	25.458333	0.329	0.8074
erro	3	232.375000	77.458333		
Total corrigido	7	374.875000			

CV (%) = 10.25
Média geral: 85.8750000 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 42,4533917755508 NMS: 0,05

Média harmónica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 6,2232762004162

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Perfil	82.000000	a1
PM. Mitucué	84.000000	a1
PM. Mepica	87.500000	a1
PM. Napacala	90.000000	a1

Variável analisada: MO

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
repetição	1	0.001513	0.001513	1.046	0.3817
Localidade	3	0.179238	0.059746	41.323	0.0061
erro	3	0.004338	0.001446		
Total corrigido	7	0.185088			

CV (%) = 11.84
Média geral: 0.3212500 Número de observações: 8

Teste Tukey para a FV Localidade

DMS: 0,183416092099798 NMS: 0,05

Média harmonica do número de repetições (r): 2
Erro padrão: 0,0268871096748361

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Perfil	0.065000	a1
PM. Mepica	0.370000	a2
PM. Napacala	0.420000	a2
PM. Metucue	0.430000	a2