



**EFEITO DE CINCO (5) NÍVEIS DE ADUBAÇÃO DE NPK DA FORMULAÇÃO 30-4,5-30, NO RENDIMENTO DA CULTURA DE MILHO (ZEA MAYS L.) NAS CONDIÇÕES AGRO-GEOLÓGICAS DO CAMPUS DO INSTITUTO AGRÁRIO DE LICHINGA**

**EFFECT OF FIVE (5) LEVELS OF NPK FERTILIZATION WITH THE 30-4.5-30 FORMULA ON THE YIELD OF MAIZE (ZEA MAYS L.) UNDER THE AGRO- GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE AGRICULTURAL INSTITUTE OF LICHINGA CAMPUS**

**EFFECTO DE CINCO (5) NIVELES DE FERTILIZACIÓN NPK DE LA FORMULACIÓN 30-4.5-30 SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ (ZEA MAYS L.) EN LAS CONDICIONES AGROGEOLÓGICAS DEL CAMPUS DEL INSTITUTO AGRÁRIO DE LICHINGA**



<https://doi.org/10.56238/levv16n54-082>

**Data de submissão:** 17/10/2025

**Data de publicação:** 17/11/2025

**Flora Armando**

**Gamito Custódio António Armando**

## **RESUMO**

Com o objectivo de avaliar o efeito de cinco (5) níveis de adubação de NPK da formulação 30-4,5-30, no Rendimento da Cultura de Milho (*Zea mays* L.) nas Condições Agro-ecológicas do Campus do Instituto Agrário de Lichinga, foi conduzido um estudo na modalidade experimental. Para o efeito, utilizou-se delineamento de blocos completos causalizados com um factor de estudo. Os níveis impostos as unidades experimentais foram, 0 kg/ha, 300 kg/ha, 400 kg/ha, 500 kg/ha e 600 kg/ha. As variáveis estabelecidas foram agrupadas em variáveis não biométricas (Textura, pH, CTC, Nitrogénio, Fosforo, Potássio e Matéria Orgânica) analisadas laboratorialmente e biométricas (peso de 100 grãos e produtividade). Após a obtenção dos dados, as variáveis biométricas foram submetidas ao teste de Normalidade, Anova e teste de Tukey pelo pacote de análise estatística SISVAR. O solo da região apresentou textura franco-argilo-arenosa, condutividade baixa, teor de macronutrientes baixo, pobre em matéria orgânica e com Ph ácido. Os diferentes níveis apresentaram efeito significativo para as variáveis biométricas, com destaque do nível 600 kg/ha que apresentou a maior produtividade.

**Palavras-chave:** Milho. Níveis de NPK. Formulação 30-4,5-30.

## **ABSTRACT**

With the aim of evaluating the effect of five (5) NPK fertilizer levels of the 30-4.5-30 formulation, on the Yield of Corn (*Zea mays* L.) Culture in the Agro-ecological Conditions of the Campus of the Agrarian Institute of Lichinga, an experimental study was conducted. For this purpose, a randomized complete block design was used with one study factor. The levels imposed on the experimental units were 0 kg/ha, 300 kg/ha, 400 kg/ha, 500 kg/ha and 600 kg/ha. The established variables were grouped into non-biometric variables (Texture, pH, CTC, Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Organic Matter) analyzed in the laboratory and biometric (weight of 100 grains and productivity). After

obtaining the data, the biometric variables were subjected to the Normality test, Anova and Tukey test using the SISVAR statistical analysis package. The region's soil had a sandy clay-loam texture, low conductivity, low macronutrient content, poor organic matter and acidic Ph. The different levels had a significant effect on biometric variables, with emphasis on the 600 kg/ha level, which presented the highest productivity.

**Keywords:** Corn. NPK Levels. 30-4.5-30 Formulation.

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de cinco (5) niveles de fertilización NPK (formulación 30-4.5-30) sobre el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) en las condiciones agroecológicas del campus del Instituto Agrario de Lichinga, se realizó un estudio experimental. Para ello, se utilizó un diseño de bloques completos al azar con un factor de estudio. Los niveles aplicados a las unidades experimentales fueron 0 kg/ha, 300 kg/ha, 400 kg/ha, 500 kg/ha y 600 kg/ha. Las variables establecidas se agruparon en variables no biométricas (textura, pH, CIC, nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica), analizadas en laboratorio, y variables biométricas (peso de 100 granos y productividad). Tras la recolección de datos, las variables biométricas se sometieron a pruebas de normalidad, ANOVA y la prueba de Tukey utilizando el paquete estadístico SISVAR. El suelo de la región presentó una textura franco-arcillosa-arenosa, baja conductividad, bajo contenido de macronutrientes, pobre en materia orgánica y con un pH ácido. Los diferentes niveles de NPK mostraron un efecto significativo en las variables biométricas, siendo el nivel de 600 kg/ha el que presentó la mayor productividad.

**Palabras clave:** Maíz. Niveles de NPK. Formulación 30-4.5-30.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo OGTR (2008) O milho (*Zea mays* L.) é uma planta originária do México, pertencente à família *Poaceae* e que resulta da domesticação da subespécie *Zea mays* ssp. Trata-se de uma planta, muito conhecida e cultivada a nível mundial por representar uma fonte alimentar muito importante para a população, e ainda Demarchi (2011) confirma que:

Até em 2011, o milho constituiu-se num cereal mais produzido a nível mundial, sendo que os Estados Unidos ocupam o primeiro lugar no *ranking* da produção mundial de milho, respondendo por 39% da produção mundial seguido de China e Brasil que respondem com 21% e 7% respectivamente.

De acordo com Demachi (2011, Coelho, 2022), O rendimento desta cultura a nível mundial tem apresentado flutuações dependendo da campanha, por exemplo, na campanha 2010/2011, a USAID reportou um rendimento mundial situado em cerca de 5069 kg/ha. Já em termos gerais, o rendimento do milho pode atingir elevada produtividade dependendo dos factores de produção principalmente, a variedade e disposição de nutrientes em quantidades suficientes.

Em Moçambique, o milho é a cultura agrícola de maior importância, e até em 2000, referenciava-se que ocupava cerca de 1/3 da área total cultivada no país (Howard, Jeje, Kelly & Boughton, 2000). Adicionalmente, as quatro (4) províncias mais produtoras deste cereal são: Tete, Manica, Sofala e Niassa, apresentando produções de 461 394, 220 281, 184 878 e 132 772 toneladas, respetivamente em ordem decrescente (MADER, 2020).

Muitos estudos revelam que a variedade é um factor importante a considerar para a obtenção de rendimento. Para Cruz, Filho, Pereira e Alvarenga (2004); Sangoi, Ernani, Paulo, Silva, Horn, Schmitt, Schweitzer e Motter (2006), afirmam que observaram variações de rendimento em função das variedades. Em relação à fertilidade, o milho é uma cultura extrativa, o que quer dizer que o cultivo excessivo ao longo dos anos empobrece os solos, tornando inférteis, e requerendo fertilizantes, ou períodos de pousio do solo para a reposição da fertilidade.

Como para qualquer cultura, os macronutrientes azoto, potássio e fosforo e outros elementos como magnésio são considerados essenciais para a produtividade do milho. Segundo Coelho e França (1995) a adubação com azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta produtividade, e que a maior exigência da cultura é de azoto e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo.

Portanto, para obter o melhor resultado deve-se ser capaz de planear um programa de adubação que é específico para uma determinada zona. Usando uma recomendação geral de adubação como tem sido feito na nossa extensão agrária não é o mais recomendado. A melhor abordagem será realizar análises aos solos da região de forma a ajustar o programa de adubação de acordo com as condições específicas dessa mesma região.

É com base nestes pressupostos que o presente trabalho pretende integrar estes factores destacados, fertilizantes e fertilidade do solo para avaliar os seus efeitos no rendimento da cultura de

milho na região com agroecologia específica do distrito de Lichinga (AEZ10) Província do Niassa, Moçambique.

## 1.1 OBJECTIVO DE ESTUDO

### 1.1.1 Geral

Avaliar a resposta de 5 Níveis de adubação de NPK da formulação 30-4,5-30, no Rendimento da Cultura de Milho (*Zea mays* L.) nas Condições Agro-ecológicas de Lichinga;

### 1.1.2 Específicos

- i. Determinar as propriedades físicas do solo, (textura, densidade aparente e condutividade eléctrica);
- ii. Analisar as propriedades químicas do solo (pH, capacidade de troca catiónica (CTC), Nitrogénio (N), Fosforo (P), Potássio (K) e Matéria Orgânica (MO);
- iii. Determinar os parâmetros de rendimento (peso de 100 sementes e a produtividade) em função dos diferentes níveis da formulação 30-4,5-30;
- iv. Comparar o rendimento em função dos diferentes níveis da formulação 30-4,5-30;
- v. Determinar a regressão entre os níveis de NPK da formulação 30-4,5-30 e a produtividade da cultura de milho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, são apresentadas as contribuições teóricas de autores que versam sobre a cultura de milho, processos de adubação e as relações solo planta. Para Silva e Menezes (2001), o marco teórico é importante para clarificar acerca dos nossos pontos de vista, por procurar conceitos e relações que se estabelecem com base em antecedentes existentes e do problema que nos propomos a investigar. Nestes termos, a seguir abordagens dos conceitos básicos inerentes ao tema em estudo.

### 2.1 ORIGEM E DOMESTICAÇÃO DO MILHO

O milho (*Zea mays* L. *mays*) é uma planta originária da América Central, mais concretamente do México e espalhou-se pelo mundo inteiro nos meados do século VX.

[...] Segundo OGTR, (2008, p. 5), afirma que é um cereal que representa 21% da nutrição humana e foi domesticada há 9 mil anos a partir do Teosinto uma espécie de capim (*Z. mexicana* (Schrad) Kuntze) onde adquiriu muitas características agrónomicas, perdendo a capacidade de sobreviver sem a intervenção do Homem.

## 2.2 TAXONOMIA E MORFOLOGIA DO MILHO

Segundo Kappes (2010), a planta do milho designa-se cientificamente por *Zea mays*, sendo pertencente a subfamília Panicoideae, família Poaceae, ordem Poales e Classe Liliopsida.

## 2.3 RAIZ

[...] O milho apresenta raiz fasciculada, onde a parte do embrião que corresponde à radícula vai dar origem à raiz primária que se aprofunda no solo em sentido vertical. A seguir surgem as raízes secundárias, as quais apresentam uma grande capacidade de ramificação e a raiz primária desintegra-se e posteriormente, surgem as raízes adventícias (Magalhães, Durães, Carneiro & Paiva, 2002).

O sistema radicular do milho é capaz de absorver nutrientes durante toda a vida da planta, porém a absorção declina no final do ciclo, que corresponde ao enchimento de grãos e à medida que começa a senescência das folhas inferiores.

## 2.4 CAULE

Para Barros (2014), O milho pode atingir uma altura de aproximadamente de 2 metros, podendo o seu porte variar em função do próprio híbrido, das condições climáticas, do fornecimento adequado de água à planta, das características do solo e da fertilidade do mesmo, da disponibilidade de nutrientes. O caule do milho é um colmo ereto, geralmente não ramificado e apresentando nós e entrenós que se denominam de meritalos, os quais são esponjosos e relativamente ricos em hidratos de carbono.

## 2.5 FOLHAS

As folhas são constituídas de uma bainha invaginante, pilosa de cor verde clara e limbo-verde escuro, estreito e de forma lanceolada, possuindo bordos serrilhados com uma nervura central vigorosa (Barros, 2014).

## 2.6 FRUTOS (ESPIGAS)

O milho é uma planta monocotiledónea, o seu fruto é cilíndrico com grãos de tamanho médio inserido em filas, formando espigas e revestido por um tegumento.

## 2.7 SEMENTE

De acordo com (Magalhaes, et al., 2002):

[...] O grão do milho é uma cariopse característica das gramíneas, cujo pericarpo é derivado da parede do ovário e pode ser incolor ou vermelho e, no seu interior encontra-se endosperma e o embrião. Quando as condições de temperatura e humidade são favoráveis, a semente do milho germina em 5 ou 6 dias.

## 2.8 FACTORES QUE AFECTAM O RENDIMENTO DA CULTURA DO MILHO

O rendimento do milho pode ser influenciado por factores edafoclimáticos. Além dos factores climáticos existem outros factores que influenciam no rendimento da cultura como a escolha da variedade, a nutrição da planta, controlo eficiente de ervas daninhas, época de sementeira e preparo adequado do solo. No entanto, nesta secção apresenta-se a descrição de cinco factores, nomeadamente edafoclimatologia, variedade, fertilizantes, nutrição e práticas culturais.

## 2.9 SOLOS

[...] Os solos mais indicados para o milho são solos de textura média com um teor de areia inferior a 10% e teores de argila próximos de 30%, com boa estrutura que possibilitam drenagem adequada, com boa capacidade de retenção de água e de nutrientes disponíveis para as plantas. O milho tolera pH entre 5 e 8, no entanto, à medida que o pH diminui a partir de 5 a disponibilidade de alumínio e ferro aumenta, aumentando desta forma a toxicidade para a Planta. ( Plassis. 2003).

## 2.10 VARIEDADE

Como em qualquer cultura, o rendimento depende da variedade utilizada e para milho, o tipo de variedade (aberta ou híbrida), a adaptabilidade, o ciclo de maturação, a susceptibilidade a doenças e pragas, a tolerância à seca e o rendimento em sequeiro ou em regadio, são as principais características que distinguem uma variedade em relação à outra (Filho e Cruz, 2002).

Por exemplo, em Moçambique existem várias variedades em utilização, mas a sua descrição é escassa. Contudo, existem breves relatórios de milho com variedades como PAN 53 e Matuba.

Segundo IITA (1988):

[...] A Matuba é uma variedade de origem moçambicana libertada em 1986, apresenta uma polinização aberta, grão duro, adaptável a regiões de baixa e médias altitudes (400-800m), de ciclo curto de 110-125 dias, tolerante a podridão da espiga, resistente ao míldio pulverulento e à mancha da folha, e moderadamente susceptível a pragas e ao calor e seca, pode atingir uma altura de 1,60m. Além disso, este autor estima que o seu rendimento em ton/ha no cultivo em sequeiro ronda os 0,8 a 2,5 e no cultivo em regadio os 3 a 5,5.

Já a variedade PAN 53 resulta de um recente trabalho da PANNAR para melhoria do rendimento actual do milho. Trata-se de um híbrido de maturidade intermédia e demonstra uma excelente tolerância a secas e a circunstâncias menos favoráveis, produz um grão duro com um peso elevado (PANNAR, sd) .

## 2.11 FERTILIZANTES

Os fertilizantes são utilizados para aumentar a produção de grãos em sistemas agrícolas intensivos nas regiões temperadas. Nos trópicos, os fertilizantes têm sido menos utilizados devido às restrições económicas (Maroko et al., 1999). As plantas apresentam respostas curvilíneas aos nutrientes

e, de acordo com a lei dos rendimentos decrescentes (Mitscherlich, 1909), os riscos económicos aumentam pelo acréscimo da fertilização para atingir altos desempenhos das plantas, tornando o sistema produtivo mais oneroso. Porém, o rendimento decrescente é mais evidente em solos pobres, em que a resposta produtiva é maior em baixo nível de fertilização, levando à redução no custo de produção (Yadav, 2003).

Existem diferentes métodos de recomendação de adubação. Há métodos que se baseiam no nível inicial de nutrientes no solo, no resíduo mineral no solo pós-colheita, nas medidas de disponibilidade mineral das plantas e respostas das plantas aos nutrientes, Quemener (1985), Soltener (1990) citado por Saña et al., (1995).

A maior parte das recomendações de adubação baseia-se no método de cálculos do requerimento de nutrientes da cultura e da contribuição mineral do solo, visando corrigir as deficiências. Este método procura recomendar a menor dose de nutrientes para a máxima produção.

## 2.12 NUTRIÇÃO DE MILHO

[...] Os macronutrientes principais (azoto, fósforo e potássio) e secundários (cálcio, magnésio e enxofre) são muito importantes para a produtividade do milho. Demonstram que a extração de azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento na produtividade, e que a maior exigência do milho é sobretudo de azoto e potássio, seguindo-se cálcio, magnésio e fósforo. A tabela abaixo mostra a evolução do rendimento do milho em função dos nutrientes. (Embrapa, 2006).

O magnésio é essencial para a fotossíntese; é componente da clorofila, pigmento verde, participante ativo do processo fotossintético e auxilia a absorção de fósforo.

Com a deficiência do magnésio a planta apresenta crescimento reduzido, listas esbranquiçadas paralelas às nervuras das folhas inferiores e redução da taxa fotossintética, (Francelli e Dourado, 1998).

## 2.13 FERTILIDADE DO SOLO

Segundo Josep et. al (1995): A fertilidade é a capacidade do solo de ceder nutrientes para as plantas. De acordo com este autor, a fertilidade de solos pode ser dividida em quatro tipos que:

1. Fertilidade Natural- é a fertilidade decorrente do processo de formação do solo (material de origem + ambiente + organismos + tempo). É também a fertilidade de um solo nunca trabalhado;
2. Fertilidade Atual- é a fertilidade do solo após a ação antrópica (do Homem). É a fertilidade após práticas de manejo que visam fornecer nutrientes para as culturas por meio de correção e adubação mineral ou orgânica;

3. Fertilidade Potencial- é a fertilidade que se pode manifestar a partir de determinadas condições. Neste caso, algumas características do solo podem estar limitando a real capacidade do solo em facultar os nutrientes;
4. Fertilidade Operacional – é a fertilidade que é estimada a partir da determinação dos teores de nutrientes no solo por determinados métodos de extração química. Nem sempre a fertilidade operacional é exactamente à fertilidade natural ou atual do solo. Ela se correlaciona, mas podem não ser iguais. Alguns autores ainda classificam a fertilidade em física e química e biológica onde a física tem a ver com as propriedades físicas enquanto a química tem a ver com as propriedades químicas do solo e a biologia tem a ver com as propriedades biológicas do solo. Desta forma, entende-se tratar de Salinidade, textura e densidade aparente (Dap) para a fertilidade ou atributo físico enquanto a capacidade de troca catiónica (CTC), a saturação por base de troca (V), macronutrientes e micronutrientes N,P,K,S,Mg,Ca,Zn,e B são considerados de atributos ou fertilidade química, ao passo que as propriedade Biológica referente a Matéria Orgânica.

## 2.14 FERTILIDADE FÍSICAS, OU SEJA, ATRIBUTOS FÍSICOS

A relevância prática de se entender o papel físico do solo está correlacionada ao seu emprego e manejo adequado, ou melhor, guiar a irrigação, escoamento, manejo e preservação de solo e água (Reinert & Reichert, 2006).

Para Sanchez (2012, p.10):

[...] Os solos são compostos de uma fusão de fragmentos sólidos de natureza mineral e orgânica, ar e água, constituindo uma série trifásica (sólido, gasoso e líquido). Os segmentos sólidos distinguem na maior parte em grandeza, forma, constituição química e a sua ligação nas diversas composições prováveis – a designada como matriz do solo. A disposição quantitativa dos segmentos de areia, limo e argila (conhecida como matriz), geram a textura do solo, uns dos atributos físicos mais imutáveis.

Um solo é indicado fisicamente bom para o crescimento de plantas quando apresenta adequada conservação de água, adequada aeração, adequado aprovisionamento de calor e pouca resistência ao desenvolvimento radicular; simultaneamente, adequado equilíbrio dos agregados e adequada absorção de água no solo. Estes elementos anteriormente citados, são cláusulas físicas notáveis para qualidade ambiental dos ecossistemas.

## 3 METODOLOGIA

Quanto aos procedimentos técnicos, estamos diante de uma pesquisa experimental, pois, a pesquisa envolveu algum tipo de experimento, geralmente campo e em laboratórios, onde o pesquisador trabalhou com variáveis independentes e variáveis dependentes sendo as variáveis



independes os níveis de adução e variáveis dependentes a resposta de milho em termos de rendimento (Zanella, 2013, p.37). Neste sentido, foi analisado a resposta do milho quando submetido a diferentes níveis de adubação em Oxissolo Ródico de Lichinga-Niassa. O ensaio foi instalado no campo de produção do Instituto Agrário de Lichinga. Por outro lado, o estudo também é bibliográfico na medida em que foi elaborado a partir de material já tornado público em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc., até meios de comunicações orais: rádio, gravações em fita magnética e audiovisuais: filmes e televisão (Marconi & Lacatos, 2003)

### 3.1 CONDUÇÃO DO ENSAIO

O ensaio Experimental decorreu na campanha agrícola 2022/2023, sendo que o seu início ocorreu no mês de Março de 2023 e final na 1ª semana do mês de Julho, período em a cultura alcançou sua maturação fisiológica e feitas as respectivas pesagens. Portanto, na condução do ensaio foram realizadas as actividades que são detalhadas seguidamente: Preparação do terreno demarcação e sementeira, retanchar, controlo fitossanitário, Sachas, desbaste, adubação e colheita.

### 3.2 MATERIAIS

Por parte de materiais temos dois campos a destacar que são materiais usados na montagem do ensaio e materiais do laboratório para colheita e análise de solo.

### 3.3 MATERIAL DE CAMPO DE ENSAIO

Para implementação do experimento foram utilizadas sementes de milho variedade PAN-53 Também foram usadas estacas e chapas etiquetadas para identificação do ensaio e dos tratamentos. Para efeito de pesagem de semente foi utilizada uma balança eletrónica e para efeito de lavoura e gradagem foi utilizada a charrua e a grade de disco respetivamente. GPS foi usado para recolha de coordenadas geográficas do campo de ensaio, fita métrica, pesticidas, Microulva, enxadas, catana, trado holandês, receptor de GPS, plásticos e sacos para colheita de milho. A debulha foi manual.

### 3.4 MATERIAL DA COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO, DO LABORATÓRIO E REAGENTES

Na recolha das amostras no campo, usou-se:

Sonda manual, o trado Holandês, anel volumétrico cilíndrico de 100cm<sup>3</sup>, bolsas plásticas e de papel, espátula.

### 3.5 OS MATERIAIS USADOS NO LABORATÓRIO FORAM:

O triturador, os crivos de 2mm de diâmetro, agitador magnético, pipetas, provetas graduadas de 1L, balões volumétricos, estufa e destilador de água.

Os instrumentos de análise usados no laboratório foram o medidor de pH GLP-32 e de condutividade elétrica GLP-32, espectrofotómetro UV/VIS e espectrofotómetro de chama, o sistema de digestor Kjeldah e livro de identificação de cores de solo de Munsell. Estufa, Centrifugador, destilador de água.

Devido ao facto de se tratar de análises laboratoriais, os seguintes reagentes foram consumidos: ácido sulfúrico, ácido ascórbico L ou vitamina C, ácido fosfórico, acetato de amónio, bicarbonato de sódio, molibdato de amónio, tetrato duplo de chumbo e potássio, dicromato de potássio, permanganato de potássio, sal de Morh, hexametáfosfato de sódio e água destilada.

### 3.6 RECOLHA DE AMOSTRAS E PROCESSAMENTO DOS DADOS NÃO BIOMÉTRICOS

Há que referenciar neste caso que existiram dois conjuntos de amostras e com processo de amostragem diferentes. O primeiro conjunto trata-se da amostragem e amostras de solo que são dados não biométricos e o segundo conjunto foi amostragem e amostra de dados de rendimento, ou seja, dados biométricos.

### 3.7 RECOLHA DE DADOS NÃO BIOMÉTRICOS (RECOLHA DE AMOSTRAS E ANÁLISE LABORATORIAL DO SOLO)

[...] Quanto ao número de amostras representativa, ou seja, o número de unidades amostrais para estimar os parâmetros de uma população infinita para um nível de precisão desejado foi baseado no intervalo de confiança para a média, dado pela seguinte equação, descrita pelo (Thompson, 1992).

Portanto, em 15 amostras compostas foram retirados em 300 pontos, ou seja, foram 300 subamostras agrupadas de 20 em 20 perfazendo 15 amostras.

Tabela 1: Intervalos de sub-amostras necessários para constituir uma amostra

Número de Ordem	Número de unidades amostrais ou subamostras para perfazer uma amostra composta	Fonte
01	de 5 á 20	Guarçoni et al 2007
02	de 50 á 188	Silveira et al (2000)
03	de 20 á 39	(Guarçoni et al 2006)
04	de 11 á 183	(Anghinoni, 2002)

Fonte: Autores.

No entanto, para o nosso estudo usamos as recomendações do boletim de extensão do Brasil assim como recomendado por Raij et al (1997), de 20 sub-amostras para uma amostra composta, uma vez que as nossas condições climáticas assim como solo são tropicais como as do Brasil.

**As amostras foram colhidas numa profundidade de 0 – 20 cm** por se tratar de culturas anuais. A camada de amostragem de 0 – 20 cm de profundidade, com recurso a vários instrumentos enxada ou, pá recta, tubo tipo sonda de amostragem, trados (holandês, caneco, etc.), pá de jardineiro, entre outros, mas para o caso específico do nosso estudo foi usado o trado Holandês.

Terminada a recolha de amostras, foram devidamente embaladas e identificadas, juntamente com os dados do formulário em anexo, que serviram para ajudar na interpretação dos resultados da análise e na recomendação de adubação mantendo assim, um histórico de uso das áreas. Seguidamente foram enviadas ao laboratório de solos de Instituto de Investigação Agrária de Moçambique, onde foram analisadas e estabelecidas comparações entre os dados encontrados com os padrões de avaliação da fertilidade do solo e depois emitiu se o juízo de valor sobre os resultados, ou seja, sobre estado da fertilidade do solo na zona de estudo.

Quanto ao desenho metodológico para análise dos resultados dos dados não biométricos, foi usado o delineamento inteiramente causalizado com quatro réplicas.

### 3.8 ANÁLISE LABORATORIAL DO SOLO

Após recebidas, as amostras do solo foram espalhadas sobre uma mesa onde se procedeu a secagem ao ar numa sombra e peneiradas num crivo de 2 mm (denominada terra fina seca ao ar – TFSA). Determinou se a percentagem da terra fina e descartou se os elementos grosseiros. A terra fina (TFSA) foi colocada em potes de plástico, protocolados e registados com um número de identificação do laboratório e preparadas para as determinações analíticas. As análises foram a condutividade eléctrica, textura ou granulometria (areia fracionada, limo e argila), pH em água, teores trocáveis de potássio (K), teores disponíveis de fósforo (P), nitrogénio (N), matéria orgânica (MO), capacidade de troca cationica (CTC) a pH 7.0

### 3.9 ANÁLISE FÍSICA DO SOLO

As análises físicas feitas foram de três atributos, designadamente: textura, condutividade eléctrica e densidade aparente (Dap).

## 4 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Foi feita a análise química das amostras do solo de cinco atributos químicos do solo, designadamente: N, P, K, CTC, e pH mais um atributo biológico que é a matéria orgânica MO.

#### 4.1 ANÁLISE BIOLÓGICA DO SOLO

Na componente de análise biológica, cingimo-se apenas em análise de matéria orgânica, pois a matéria orgânica é resultado de actividades microbianas que decompõe os tecidos vegetais e animais em húmus. A **matéria orgânica (MO)** foi determinada usando o método combustão em Húmido **WALKLEY-BLACK** que consiste em preparar uma solução de dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) de 1N mais a solução de sulfato de ferro amoniacal  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  conhecido como Sal de Moorh de 0,5 Normal e  $H_2SO_4$  95-98 %.

#### 4.2 MÉTODOS

Neste subcapítulo, são apresentados os procedimentos técnicos e metodológicos que serviram de base para o alcance dos objectivos da pesquisa, partindo do pressuposto de que todo trabalho científico deve-se orientar em princípios e/ou procedimentos que possibilitem o alcance dos objectivos esperados.

#### 4.3 RECOLHA DE DADOS BIOMÉTRICOS

As variáveis de medição, tomadas em consideração neste estudo foram: o peso de 100 sementes (g) e rendimento (kg/ha).

#### 4.4 PESO DE 100 SEMENTES

A determinação do peso de 100 sementes foi feita mediante a seleção aleatória de 100 sementes em cada unidade experimental e de seguida pesadas com ajuda de uma balança de capacidade igual a 400 g.

#### 4.5 PRODUTIVIDADE (KG/HA)

Os dados colhidos desta variável, foram de rendimento de diferentes tratamentos e recolhidos apenas na área útil de cada unidade experimental, de seguida secado ao ar, debulhado e pesado todo o grão vindo da área útil. A dedução do peso em kg por área útil para rendimento em kg/ha, foi com base na seguinte formula respeitando a humidade de armazenamento de 13%.

#### 4.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento se estabeleceu num delineamento de blocos completos causalizados (DBCC), num esquema monofactorial com quatro (4) repetições/blocos e cinco (5) tratamentos totalizando assim, 20 unidades experimentais. O campo tinha um total de 24 m lado paralelo as linhas x 17m lado perpendicular as linhas =  $408m^2$ . As parcelas foram compostas por 5 linhas de 5 metros sendo duas linhas bordaduras e três linhas centrais úteis. As linhas dentro da parcela, tiveram uma separação de

70 cm entre si e espaçamento entre plantas dentro da linha foi de 20cm. O número de plantas por linha foi de 25 plantas perfazendo no seu todo 125 plantas por talhão e em 20 talhões foram encontradas 2500 plantas para todo o ensaio. Das 5 linhas que constituem o talhão, duas linhas formam bordaduras e três linhas do meio foram as consideradas linhas uteis. Das 125 plantas que constitui um talhão, 56 plantas foram de bordaduras e 69 foram consideradas plantas uteis, ou seja, estiveram na área útil do talhão que foi de  $0.14m^2 \times 69 \text{ plantas} = 9.66m^2$  da área útil por talhão. Área não útil por talhão foi de  $0.14m^2 \times 56 \text{ plantas} = 7.84m^2$ . Plantas uteis de todo o ensaio foram  $69 \times 20 = 1380$  plantas e as bordaduras foram constituídas por 1120 plantas. Área útil do ensaio foi de  $9.66m^2/\text{talhão} \times 20 \text{ talhões} = 193.2m^2$  e a área não útil do ensaio foi coberta por  $156.8m^2$  resultante de  $7.84m^2/\text{talhão} \times 20 \text{ talhões}$ . Portanto o nosso universo foi de 2500 plantas de onde retiramos a nossa amostra constituída por 1380 plantas que fazem parte de todas as plantas que estão na área útil.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo, apresentam-se os resultados e discussões dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (dados não biométricos), bem como também, os dados biométricos (peso de 100 grãos e produtividade).

### 5.1 RESULTADOS DAS VARIÁVEIS NÃO BIOMÉTRICAS ANALISADAS

Tabela 2

				Macronutrientes					Granulometria (%)				
	N. Rep.	pH 1:2.5	CE1:2.5	N	P	K	MO	CTC					
Pontos	Ponto	H2O	µc/cm	(%)	(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(cmol/L)	Areia Gro	Areia Fina	Silto	Argila	Classificação USDA
A	4	5,075	16	0,0575	4,125	206,75	0,06	20,9675	36,25	12,15	28,45	23,15	Franco
B	4	6,775	50,75	0,0175	7,5	240,5	0,5175	26,965	35,4	16	26,6	22	Franco-argilo-arenosa
C	4	4,225	20,25	0,03	2,58	241,5	0,69	19,67	30	15,9	22	32	Franco-argilo-arenosa
D	4	5,5	30,5	0,03	7,2375	115,75	4,0025	22,7225	53,5	16,2	11,2	19,1	Franco-arenosa
E	4	6,15	41,75	0,13	7,425	191	2,395	24,815	18,3	8,3	12,2	61,1	Argilosa
F	4	6,95	42	0,10425	8,175	110,5	1,125	24,8425	25,7	11,1	24,8	38,5	Franco-argilosa
G	4	5	44	0,055	2,925	203,25	0,06	17,875	53,5	16,2	11,2	19,1	Franco-argilosa
H	4	5,225	19,75	0,0525	3,45	216,25	1,0875	17,825	25,7	11,1	24,8	38,5	Franco-argilosa
I	4	4,475	36,75	0,11	2,725	183	1,5	24,18	37	11,4	29,7	21,9	Franco
J	4	5,275	37	0,07	5,775	207,25	1,0975	25,2275	37	11,4	29,7	21,9	Franco
L	4	6,3	23,5	0,08	8,9	231,25	0,725	32,0475	30	15,9	22	32	Franco-argilo-arenosa
M	4	6,05	26,75	0,1675	8,05	209,75	2,8925	26,42	30	15,9	22	32	Franco-argilo-arenosa
N	4	6,1	47	0,1475	5,7	231	0,075	26,3725	53,5	16,2	11,2	19,1	Franco-arenosa
O	4	6	50,5	0,1545	7,45	174,25	0,0625	23,935	53,5	16,2	11,2	19,1	Franco-arenosa
P	4	4,5	29	0,045	3,725	139,25	0,7925	30,51	37	11,4	29,7	21,9	Franco

Fonte: Autores.

## 5.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO DA REGIÃO DE ESTUDO

### 5.2.1 Textura

Geralmente, o solo é composto de partículas minerais de diversos tamanhos (fracções granulométricas). Portanto, a textura do solo representa a parcela atinente às distintas proporções de partículas numa definida massa de solo, ou melhor, o quanto se tem de areia, limo e argila em uma amostra de solo. Ela fundamenta-se na propriedade física do solo, que pouco sofre transformações no decurso de tempo, isto é, uma das características físicas mais estáveis.

Os valores obtidos para os elementos constituintes a textura, sobre tudo, areia grossa, areia fina, silte e argila, foram 37.09, 13.69, 21.11 e 28.09 %, respectivamente. Com esta percentagem dos constituintes do solo, de acordo com a USDA e o triângulo textural, o solo desta região é Franco-Argilo-Arenosa.

### 5.2.2 Condutividade eléctrica

Após a análise física, especificamente para a condutividade eléctrica, o valor obtido para o solo desta região de estudo foi de 34.36  $\mu\text{c}/\text{cm}$ , correspondendo em cerca de 0,034 dS/m. O valor obtido para esta variável é considerado por Josep (1995, citado por Rego, 2016) como sendo baixo, indicando a não salinidade do solo, visto que os parâmetros estimáveis são considerados não salinos quando variam de 0 a 2 dS/m, ligeiramente salinos de 2 a 4 dS/m, salinos de 4 a 8 dS e, muito salinos quando maiores de 8 dS/m.

## 5.3 NITROGÉNIO (N)

O nitrogénio é um macronutriente para que se consiga obter maior rendibilidade na produção do milho e, entre 70 e 77% do mesmo, é exportado para o grão, permitindo o incremento do teor de proteína e enriquecendo a digestibilidade do milho forrageiro.

O valor da percentagem de Nitrogénio obtido após a análise do solo foi de 0.08 %, valor considerado muito insignificante. O baixo valor obtido da percentagem de Nitrogénio, poderá estar aliado ao facto da quantidade de matéria orgânica também ter sido bastante pobre.

## 5.4 FOSFORO (P)

O valor obtido do fosforo neste estudo foi de 5.71mg/kg, valor que é considerado baixo de acordo com a classificação de Josep (1995, citado por Rego, 2016). O P, dificilmente se perde por lixiviação, volatilização ou arrastamento e apresenta um coeficiente de utilização de entre 5 e 30% para a planta nos fertilizantes fosfatados solúveis em água no primeiro ano após a aplicação, ficando os restantes 70-95% indisponíveis ou não são fixados no terreno (Barros et al., 2014).

## 5.5 POTÁSSIO (K)

De acordo com Parente e outros (2016, citados por Malaquias & Santos., 2017):

[...] O potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas sendo este essencial na activação de várias enzimas que actuam nos processos de fotossíntese e respiração. O potássio é classificado como um macronutriente essencial para as plantas. O valor do potássio obtido neste estudo foi de 193.41 mg/kg, este valor é considerado razoável, embora pela acção de outros factores, este elemento possa não estar disponível para utilização das plantas.

## 5.6 CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA (CTC)

A capacidade de troca iónica dos solos exprime a faculdade de desprender diversos nutrientes, possibilitando a continuidade da fertilidade por um longo tempo e diminuindo ou abstendo-se o acontecimento de efeitos tóxicos da prática de fertilizantes (Ronquim, 2010).

O valor obtido sobre a variável CTC é de 24.29 cmol/L, que de acordo com a classificação de Maria e Yost (2006), é considerado de alto e demonstrando que o solo permite que haja permutas entre os cationes e sendo nutricionalmente adequado as plantas.

## 5.7 POTENCIAL HIDROGENIÓICO (PH)

De acordo com Lopes (1998), a escala do pH compreende num intervalo de 0 e 14, indicando a acidez ou alcalinidade relativa de uma substância; sendo que o valor de pH similar a 7.0 é neutro; valores inferiores de 7.0 são ácidos e superiores de 7.0 básicos. O pH da maioria dos solos produtivos diverge no interior de 4.0 e 9.0.

O pH obtido no presente estudo foi de 5.57, que de acordo com o critério de classificação da USDA como destaca Cesca (1978, citado por Rego, 2016), é ácido e que pode concionar a indisponibilidade de determinados nutrientes as plantas.

## 5.8 MATÉRIA ORGÂNICA (M.O)

A matéria orgânica do solo, representa geralmente 1-6% da massa total da camada arável dum solo mineral, é resultante da actividade dos seres vivos (os organismos do solo); tecidos mortos vegetais, animais em vários estágios de decomposição, mas ainda reconhecível (de Varennes, 2003).

## 5.9 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

As variáveis biométricas quando submetidas ao teste de normalidade de Shapiro Wilk, confirmou-se que os dados provem de uma população normal, vide no apêndice.

Tabela 3: Peso de 100 grãos e produtividade em função dos níveis de NPK (30-4,5-30)

Níveis de NPK da Formulação (30-4,5-30) kg/ha	Variáveis	
	Peso de 100 grãos (g)	Produtividade (Ton/ha)
0	32,14 a	1,21 a
300	31,1 ab	2,79 b
400	33,54 ab	3,83 c
500	34,25 b	4,66 cd
600	32,48 a	4,92 d
Pr.	0,0166	0
DMS	1,748	0,83
CV %	2,34	10,58

Pr.<0,05 indica a existência de diferenças significativas entre os diferentes níveis testados.

Fonte: Autores.

## 5.10 PESO DE 100 GRÃOS

O teste de Ronald Fisher efectuado, detectou a existência de diferenças significativas entre os diferentes níveis da formulação do NPK 30-4,5-30, para a variável resposta peso de 100 grãos ao nível de 95% de confiança. Adicionalmente, o teste de comparação das médias (Tukey) mostrou que os diferentes níveis influenciaram a variável peso de 100 grãos, com destaque do nível 500 kg/há que apresentou o maior valor comparativamente com os níveis 0 kg/ha e 600 kg/ha. O coeficiente de variação obtido foi de 2,34 %, e que é considerado de baixo por Gomes (2002), entretanto este valor indica que houve uma alta precisão.

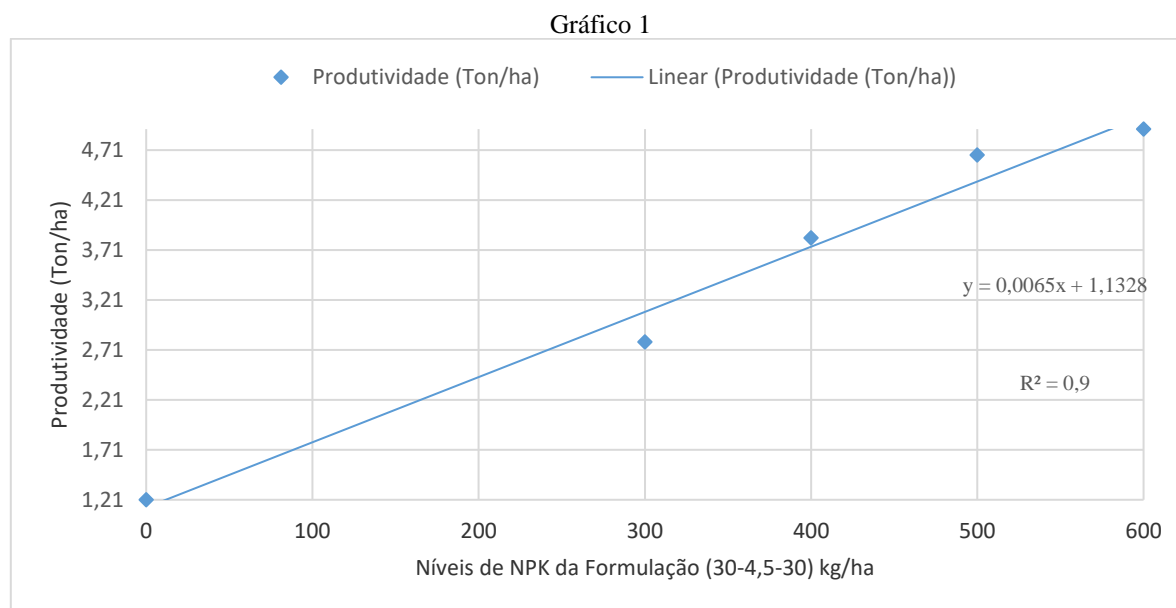
Os resultados do presente estudo, vão de acordo com o estudo relaxado por Pereira (2019) quando estudou o desempenho agronómico e produtivo do milho submetido à adubação mineral e organomineral, da qual verificou que a massa de 1000 grãos, apresentou os melhores resultados em função das diferentes doses, com média de 347,58 g, indicando que a adubação química convencional, supriu o solo e a planta com níveis adequados de nutrientes e, conseqüentemente, elevando a produtividade.

## 5.11 PRODUTIVIDADE (TON/HA)

A variável produtividade, foi influenciada significativamente pelos níveis de NPK submetidos, isto, como demonstra a análise de variância efectuada. O teste de comparação das médias, mostrou que o nível 600 kg/ha apresentou a maior média comparativamente com os demais níveis, apresentando uma produtividade de 4,92 ton/ha, enquanto o valor mais baixo para esta variável foi obtido pelo nível 0 kg/ha (testemunha). Em relação ao coeficiente de variação obtido (10,58 %), é tido como sendo médio e indicando boa precisão conforme sustenta Gomes (2002).



## 5.12 REGRESSÃO ENTRE OS NÍVEIS DE NPK DA FORMULAÇÃO 30-4,5-30 E A PRODUTIVIDADE DO MILHO



O modelo de regressão obtido neste estudo entre os níveis de NPK da formulação 30-4,5-30 e a produtividade do milho foi linear crescente, com um coeficiente de regressão de 0,97 e, indicando que cerca de 97 % da variação da produtividade é explicada pelos regressões do modelo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em jeito de conclusão este trabalho evidenciou o seguinte:

Em função das análises físicas e químicas realizadas, a percentagem os elementos como areia grossa, areia fina, silte e argila, foram 37.09, 13.69, 21.11 e 28.09 %, respectivamente e indicando que o solo é Franco-Argilo-Arenosa; a condutividade eléctrica foi de 0,034 dS/m indicando a não salinidade do solo.

A percentagem de Nitrogénio obtido após a análise do solo foi de 0.08 %, julgado como insignificante; O valor do fosforo foi de 5.71mg/kg, considerado baixo; O potássio obtido neste estudo foi de 193.41 mg/kg, razoável; A CTC foi alta e O pH foi tido como sendo acido e que pode condicionar a indisponibilidade de determinados nutrientes as plantas; A percentagem de matéria orgânica obtida foi de 1.14 %, considerando-se de muito pobre.

As variáveis respostas peso de 100 grãos e produtividade, foram influenciadas pelo incremento dos níveis de NPK da formulação 30-4,5-30. Adicionalmente, a produtividade e níveis de NPK obtiveram uma função linear crescente.

Mediante os resultados alcançados no estudo, idealizaram-se as seguintes recomendações:

Os resultados do presente estudo, são de uma única época de produção, pelo que se deve realizar mais estudo similares no distrito de Lichinga, bem como em outros locais com condições edafoclimáticas semelhantes, de modo a se confirmarem e se tirem conclusões mais precisas.

Que se efectue a correção do solo sempre que necessário, de modo que as conclusões a serem obtidas estejam unicamente relacionadas com os efeitos dos níveis de NPK.

Por conta da cultura de milho ser afectada negativamente com os demais factores, que se incorpore mais factores de estudo, como por exemplo a época de sementeira.



## REFERÊNCIAS

- CHEIN, F. **Introdução aos modelos de regressão linear**: Brasília-DF, 2019.
- EMBRAPA. **Critérios para recolha de amostras do solo**. Recuperado em <https://www.embrapa.br/documents/1354346/17477991/Amostragem+solo/9d72a599-d653-4a4a-9d40-d17657f1f8f0>, 2023.
- Gil, A. C. (2002). **Como elaborar projetos de pesquisa** 4ª ed. Sao Paulo: Atlas, 2002.
- LAKATOS, E. M., & Marconi, M. A. **Técnicas de pesquisa** 7ª ed. Sao Paulo: Atlas, 2011.
- MADER. **Inquerito Arário Integrado 2020**. Moçambique, 2020.
- MALAQUIAS, C. A., & Santos., A. J. **Adubação organomineral e NPK na cultura do milho (Zea mays L.)**. *PUBVET*, 501-512, 2017.
- MALAVOLTA, M. **O método recomendável para recolha de amostras do solo**.v.9, p. 6-8. Uberlândia: Negócios de campo, 1992.
- MEKURIA, K. **Practical examples of harnessing gains from commodity value chain development in Ethiopia**. Paper presented at the Global Commodities Forum, Palais des Nations, Geneva, 2012.
- OLMI, M. **Pragas e doenças na agricultura**. Cuamba: FA/UCM. 2006
- PEREIRA, B. d. **Desempenho agrônômico e produtivo do milho submetido à adubação mineral e organomineral**. *Novos olhares*, 78-84, 2019
- SILVA, E. L., & Menezes , E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação** (3a ed.). Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001
- SILVA, W. C., Mota, A. M., Silva, C. S., Camara, F. T., Silva, J. M., & Brito, L. L. **Resposta do milho a doses de NPK na semeadura e de N em cobertura em sistema de plantio convencional**. *Espacios*, 50-63, 2017
- RACHIDE, H. **Culturas Alimentares Industriais**. Maputo. 30-34 Pág, 2004
- THOMPSON, W. **The numbers of sample design for evaluation of the soil fertility**, Zanella, L. C. 2013. *Metodologia de pesquisa* (2ª ed.). Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 1992.
- PRODANOV, C. C., & FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico** 2ª ed. Rio Grande do Sul: Universidade Feevale-Novo Hamburgo, 2013.
- PIAS, O. H., Lowe, M. A., DAMIAN, J. M., SANTI, A. L., & TREVISAN, R. **Componentes de rendimento e produtividade de híbridos de milho em função de doses de NPK e de deficit hídrico em estádios fenológicos críticos**. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 422-432, 2017.



PILECCO, I. B., RIBEIRO, L. d., CARNELLOSO, Á. d., PEGORARO, C. P., FORTES, G. M., MANZKE, K. M., . . . ZANON, A. J. **Potencial e Lacunas da produtividade de Milho** em Santa Catarina. Santa Maria, 2003.

ZANELLA, L. C. **Metodologia de pesquisa 2ª ed.** Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC, 2013.

MARQUES, H. R., MANFROI, J., CASTILHO, M. A., & Noal, M. L. **Metodologia da pesquisa e do trabalho científico 4ª ed.** Campo Grande: UCDB, 2014.

COÊLHO, J. D. **Milho: Produção e Mercados.** Banco do Nordeste, 2022.