



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
ENGENHARIA AGRÍCOLA

**Avaliação de impactos do uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos sobre as
propriedades do solo de textura argilosa no distrito de Chókwè**

Monografia apresentada e defendida como requisito para obtenção do grau de Licenciatura
em Engenharia Agrícola.

Autor: Cebo João Mário

Tutor: Eleutério José Gomes Mapsanganhe

Lionde, Setembro de 2023



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Monografia científica com o tema “**Avaliação de impactos do uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos sobre as propriedades do solo de textura argilosa no distrito de Chókwè**”.
Apresentada ao Curso de Engenharia Agrícola na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do Grau de licenciatura em Engenharia Agrícola.

Monografia defendida e Aprovada em 19 de Setembro de 2023

Júris

Supervisor: *Eleutério Mapsanganhe*
(Eleutério José Gomes Mapsanganhe)

Avaliador 1: *Custódio Tacaríndua*
(Dr. Custódio Ramos Paulo Tacaríndua, PhD)

Avaliador 2: *Ezequiel Azarias Manjate*
(Ezequiel Azarias Manjate)

Lionde, Setembro de 2023



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este trabalho de culminação do curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu tutor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Lionde, Setembro de 2023

Cebo João Mário

(Cebo João Mário)

ÍNDICE

ÍNDICES DE INSTRUÇÕES	iii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iv
DEDICATÓRIA.....	v
AGRADECIMENTO	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Geral.....	3
1.2.2. Específicos.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. A agricultura	4
2.2. Solo.....	4
2.3. Solos de textura argilosa.....	5
2.4. Tipo de argila.....	5
2.5. Matéria orgânica do solo	5
2.5.1. Amostragem do solo.....	5
2.5.2. pH da solução do solo.....	6
2.5.3. Agrotóxicos e Fertilizantes químicos	6
2.5.4. Avaliação da qualidade do solo	7
2.5.5. Geomorfologia do solo	7
2.5.6.1. Hidromorfologia do solo	7
2.5.6.2. Hidrologia do solo	8
2.5.6.3. Ecologia do solo	8
2.5.6.4. Impactos ambientais	8
2.5.6.5. Classificação dos impactos	9
2.5.6.6. Meios físico e biológico	10
2.5.6.7. Meio Socioeconómico	10
3. MATÉRIAS E MÉTODOS	11
3.1. Matérias	11
3.2. Métodos	12
3.2.1. Descrição da área.....	12

3.4. Condução das análises	13
3.4.1. Caracterização e descrição das variáveis.....	13
3.5. Procedimentos	14
3.5.1. Variáveis observadas	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Análises granulométricas.....	23
4.2. Análises químicas	25
4.3. Velocidade de Infiltração Básica do Solo.....	38
5. CONCLUSÃO.....	40
6. RECOMENDAÇÕES.....	41
7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	42

DE INSTRUÇÕES

Tabela ÍNDICES 1- Matérias usados durante a elaboração do ensaio	11
Tabela 2- Níveis de interpretação de análise química do solo	15
Tabela 3- Classificação tentativa dos níveis críticos e das limitações da salinidade no solo ...	16
Tabela 4- Grupamentos texturais do solo (Adaptado de Embrapa, 1999).....	19
Tabela 5- Classificação de velocidade de infiltração	22
Tabela 6- Resultados do teste de infiltração	38
Tabela 7-Análises Granulométricas da Gleba 1 e 2	47
Tabela 8- Resultados das análises químicas de solo 2022 e 2021 das Glebas 23 e 7	48

Figura 1- Mapa do local de estudo	12
Figura 2- Layout das áreas de estudo e pontos de amostras	13
Figura 4- Procedimentos das amostragens	14
Figura 5 - Procedimentos para realização de teste de C.E.....	16
Figura 6- Munsell soil color Book.....	17
Figura 7- Procedimentos de análises granulométrica	18
Figura 8- Procedimentos para determinação da Densidade.....	19
Figura 9 -Infiltrômetro de duplo anel enterrado, cruzeta, régua e martelo mecânico.	20
Gráfico 1- Comparativo da Areia	23
Gráfico 2-Comparativo da Argila.....	24
Gráfico 3-Comparativo de Silte.....	24
Gráfico 4-Comparativo de N	25
Gráfico 5-Comparativo de K	26
Gráfico 6-Comparativo de Ca.....	27
Gráfico 7-Comparativo de Mg	28
Gráfico 8-Comparativo de Na	29
Gráfico 9-Comparativo de P.....	30
Gráfico 10-Comparativo de CTC	31
Gráfico 11-Comparativo de M.O	32
Gráfico 12- Comparativo de CEa	33
Gráfico 13- Correlação de pH (H ₂ O) e ph (KCl).....	34
Gráfico 14- pH do solo	35
Gráfico 15-Concentração de pH (H ₂ O) da regadeira	36
Gráfico 16- Concentração de pH (H ₂ O) no campo	36
Gráfico 17-Densidade aparente do solo.....	37
Gráfico 18- VIB de água nos dois (2) pontos de coleta.....	38
Gráfico 19- Infiltração Acumulada em função de tempo das duas áreas (Campo 23 e 7)	39

LISTA DE ABREVIATURAS

C – Carbono

DIC - delineamento inteiramente causalizado

CTC – Capacidade de Troca Catiónica

Ca – Cálcio

Cu - Cobre

CO₂ – Dióxido de carbono

C.E- condutividade elétrica

cmol/dm³ – centimol por decímetro cúbico

Eh - potencial redox

Fe –Ferro

H⁺ - Íon

ISPG – Instituto Superior Politécnico de Gaza

Mg - Magnésio

Mn- Manganês

M.O.S – Matéria orgânica do solo

mmol/dmc³ – mol por decímetro cúbico

mg/dm³ – miligrama por decímetro cúbico

Ni - Níquel

N – Nitrogénio

N₂O – Óxido nitroso

pH – Potencial hidrogénico

P₂O₅ – Fosfato

K – Potássio

Zn - Zinco

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus amados pais (João Mário e Angelina Campelo Cebo), pós vocês são os merecedores deste título, vocês lutaram muito e se sacrificaram bastante para me sustentar e pagar os meus estudos, me mostrando o caminho certo da vida e quais são os passos que devo seguir, e sempre acreditaram que só capaz de alcançar os meus objectivos. Meu pai celestial o senhor sempre esteve presente em todos momentos da minha vida me dando saúde e força para continuar, acima de tudo garantindo o meu futuro para que nada possa vir a dar errado. Obrigado e só totalmente grato a vocês.

AGRADECIMENTO

Agradecer à Deus pela proteção e saúde que vê me dando durante essa jornada da minha vida percorrida, ao Instituto Superior Politécnico de Gaza (ISPG) pela oportunidade de cursar a licenciatura em Engenharia Agrícola, aos funcionários e professores pelo acolhimento e continuo aprendizado que me foi oferecido durante a minha jornada académica; ao docente Eleutério José Gomes Mapsanganhe pela orientação, apoio e compreensão durante esse percurso; à Engenheira Olga Mário Chaguala do Instituto de Investigação Agrária de Chókwè pelo apoio do campo e orientações durante as actividades; ao docente Rafael Nanelo pelas orientações e apoio moral, à Engenheira Cynthia Fragoso pelo apoio moral e por sempre estar presente quando eu preciso.

Fico profundamente grato aos meus pais, João Mário Sadina e Angelina Campelo Cebo; aos meus irmãos, Neide J. Mário, Marito J. Mário e Jesus J. Mário; a minha avó Margarida Campelo; aos meus tios, Alberto Sadina, Chica Sadina, Amelia Sadina, Orlanda Cebo, Vundo Cebo, Guida Cebo, Jorge Cebo, Feliciano Cebo, Eduarda Cebo, Olimpia Cebo, Teresa Ferraz Inácio, primos, Anselmo Sadina, Nelson Sadina, Amelita Sadina, Nacucu Moises, Continua Campelo, Helder Campelo, Laércio Sadina, pelo apoio, amor e compreensão. Família vocês sempre apoiaram mesmo tão distante. A minha parceira, Maria Isseu Chunguane, por ser minha parceira de batalha, minha parceira de sonhos, pela sua paciência e amor, por ser parte de todas as minhas loucuras, muito obrigado.

Obrigado aos meus colegas nomeadamente: Ângela Patrício, Hélio Mucavele, Nilton dos Anjos, Clésio Xerindza, Sumbe Matsimbe, Guedes Miguel, Bresneve Bahule, Ilídio Basso, Otilia Carlota, Salvador Malemia, Ilídio Matsinhe, Henrique Nhone, Januário Coutinho, Machado Chamiço, Armindo Chissano, António Da Cruz, pelo incentivo e risos, pelo apoio durante esta minha jornada, a vida durante esse tempo todo foi divertida, tornaram os quatro (4) anos uma lembrança para a vida toda.

E agradeço a todos que ligavam para saber da minha saúde e aqueles que poiavam nas escuras ou mesmo na luz incondicionalmente, aproveito desde já agradecer a todos vocês. Muito obrigado.

RESUMO

O solo e a água são recursos naturais fundamentais para a sobrevivência da vida do planeta terra, especialmente para a produção de alimentos. No entanto, devido ao uso de técnicas modernas na agricultura, uma ampla variedade de substâncias sintéticas tem sido introduzida no meio ambiente, entre essas substâncias os fertilizantes químicos e agrotóxicos têm recebido grande destaque, que embora representem um risco ambiental quando utilizados de maneira inadequada pelo ser humano. Nas últimas décadas, tem havido uma crescente preocupação com a degradação, contaminação e poluição do solo e da água do planeta. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo, avaliar o efeito do uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas, pesticidas e herbicidas), sobre a propriedade do solo de textura argilosa no distrito de Chókwè. As amostragens foram retiradas em dois campos experimentais do IIAM de Chókwè como um ponto referencial do distrito tendo em conta que é uma instituição de pesquisa e extensão rural, por existirem campos que são aplicados essas substâncias. E por outro lado por possuírem dados padronizados sobre a evolução dos efeitos da aplicação dos fertilizantes químicos e agrotóxicos na componente física (Areia, Argila e Silte) e na componente química (N, K, P, Mg, Ca, M.O, Na, CEa, pH) onde foram retiradas 400g de solo em cada Gleba, em um esquema que foram subdivididos em duas glebas. As variáveis observadas foram: Geomorfologia do solo: (densidade aparente do solo, quantidade de matéria orgânica, a cor, granulometria ou textura); Hidromorfologia do solo: (Condutividade elétrica aparente do solo (CEa), pH da água, teste de infiltração). Os dados foram submetidos no programa Microsoft Excel (2013) para achar as médias e avaliar se existem diferenças quanto aos teores encontrados devido a aplicação de fertilizantes químicos e agrotóxicos na propriedade do solo de textura argilosa do distrito de Chókwè. Por tanto houve concentrações bastantes significativas e preocupantes nos níveis de N; M.O; CEa; H₂O e VIB que apresentaram baixa concentração, para K e Mg apresentaram alta concentração.

Palavras-chave: Fertilizantes químicos; Agrotóxicos; Solo textura argilosa.

ABSTRACT

It and water are fundamental natural resources for the survival of life on planet Earth, especially for food production. However, due to the use of modern techniques in agriculture, a wide variety of synthetic substances have been introduced into the environment, among these substances chemical fertilizers and pesticides have received great attention, which although they represent an environmental risk when used inappropriately by the human being. In recent decades, there has been growing concern about the degradation, contamination and pollution of the planet's soil and water. In this context, this work aims to evaluate the effect of the use of chemical fertilizers and pesticides (insecticides, fungicides, pesticides and herbicides) on the properties of clayey soil in the Chókwè district. The samples were taken in two experimental fields at IIAM in Chókwè as a reference point in the district, considering that it is a research and rural extension institution, as there are fields where these substances are applied. And on the other hand, because they have standardized data on the evolution of the effects of the application of chemical fertilizers and pesticides on the physical component (Sand, Clay and Silt) and on the chemical component (N, K, P, Mg, Ca, M.O, Na, CEa, pH) where 400g of soil were removed from each plot, in a scheme that was subdivided into two plots. The variables observed were: Soil geomorphology: (soil apparent density, amount of organic matter, color, granulometry or texture); Soil hydromorphology: (Soil apparent electrical conductivity (ECa), water pH, infiltration test). The data was submitted to the Microsoft Excel program (2013) to find the averages and evaluate whether there are differences in the levels found due to the application of chemical fertilizers and pesticides on the clayey soil property in the Chókwè district. Therefore, there were very significant and worrying concentrations in N levels; M.O; CEa; H₂O and VIB presented low concentration, while K and Mg presented high concentration.

Keywords: Chemical fertilizers; Pesticides; Clay textured soil.

1. INTRODUÇÃO

O solo do ponto de vista ecológico é constituído da camada da superfície da crosta terrestre, capaz de abrigar raízes de plantas e representa o substrato para a vegetação terrestre. E assim, a terra vegetal, meio em que se associam a litosfera, a hidrosfera e a atmosfera, é meio de sustentação de vida. (Magalhães; *et al.*, 2014).

O solo é fundamental na composição do ecossistema terrestre, pois é dele que as plantas retiram todos os nutrientes necessários para se desenvolverem. A importância do solo para a vida dos seres vivos está relacionada com os benefícios que esse recurso pode proporcionar. Entre eles é possível citar: o fornecimento de nutrientes para a terra, proporcionando o plantio de alimentos ricos em vitaminas e minerais necessários aos seres humanos. Logo, o solo é o fundamento básico para a produção agrícola. (Mendonça, 2019).

Os fertilizantes são responsáveis por aproximadamente metade da produção mundial das culturas, fornecendo alimento, forragem, fibra, e combustível alternativo para uma população global que deverá atingir 9 bilhões antes da metade do século 21. Os fertilizantes se constituem em um recurso básico e importante para a produção das culturas. (Reetz, 2017).

Os princípios ativos dos agrotóxicos além de poluir e contaminar, também causam perturbações nas atividades biológicas no interior do solo, sendo que este já sofre com o constante trabalho mecânico e baixa matéria orgânica, causando problemas de fertilização equilibrada, principalmente referente ao nitrogênio. A poluição do solo, do ar e da água vem ocasionando vários problemas ambientais por conta da utilização de agrotóxicos, sendo que estes produtos são divididos em três grupos: inseticidas – são utilizados para combater pragas, fungicidas – são usados contra doenças fúngicas, e os herbicidas – aplicados para a exterminação de plantas indesejáveis (Mota, 2003). Citado por (Moliner, 2019).

Diante disso, este trabalho buscou conscientizar sobre a importância da conservação do solo e, por sua vez, elucidar aos produtores quanto as consequências de aplicação intensiva de fertilizantes químicos e agrotóxicos na mudança da qualidade do solo. E tem como objetivo geral avaliar o efeito do uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos (adubos inorgânicos, inseticidas, fungicidas, pesticidas e herbicidas), sobre a propriedade do solo de textura argilosa no distrito de Chókwè.

Por tanto o presente trabalho visa a contribuir no conhecimento do uso de fertilizantes químico e agrotóxicos focando-se nos possíveis impactos que estes produtos podem ocasionar nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo de textura argilosa no distrito de Chókwè.

1.1. PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

O uso intensivo de fertilizantes pode também trazer problemas ambientais, como contaminação do solo e da água dos lençóis freáticos, mananciais, nascentes, córregos e rios. (Batista, Inoue, Neto, & Muniz, 2018). O IIAM tem conduzido pesquisas sobre o uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos na agricultura moçambicana. Estudo realizado pelo IIAM em colaboração com a Universidade Eduardo Mondlane e outras instituições, mostrarão que o uso excessivo de fertilizantes químicos pode afetar negativamente a produtividade das culturas devido à falta de capacidade dos agricultores de gerenciar adequadamente a dosagem e a aplicação dos fertilizantes. Esses estudos destacam a importância de se adotar práticas agrícolas sustentáveis e de se promover o uso responsável de fertilizantes químicos e agrotóxicos, levando em conta as necessidades dos agricultores e os impactos no meio ambiente e na saúde humana. (Mariana, *et al.* 2018).

Os fertilizantes químicos e agrotóxicos têm impactos significativos na propriedade do solo de textura argilosa. Em relação aos fertilizantes, se utilizados em excesso, podem causar a acidificação do solo, prejudicando a absorção de nutrientes pelas plantas e diminuindo a atividade microbiana do solo. Além disso, o uso excessivo de fertilizantes químicos pode afetar a estrutura do solo, tornando-o compactado e dificultando a infiltração de água e aeração do solo. Já os agrotóxicos podem afetar a qualidade do solo de diversas maneiras, dependendo do tipo de produto utilizado. Os herbicidas, por exemplo, podem modificar a composição química do solo, afetando os nutrientes disponíveis para as plantas e a atividade microbiana. Já os pesticidas podem afetar a biota do solo, incluindo a morte de microrganismos benéficos, como os decompositores, resultando em uma redução na matéria orgânica do solo. O uso inadequado de fertilizantes químicos pode resultar em redução da matéria orgânica, alterações no pH e na salinidade do solo, além de afetar a atividade microbiana. (Malik & Khan. 2019). Em relação aos agrotóxicos (Khan, 2016) Indica que esses produtos podem afetar a diversidade microbiana do solo, reduzindo a atividade de microrganismos importantes para a manutenção da qualidade do solo. Portanto, o uso inadequado de fertilizantes químicos e agrotóxicos pode prejudicar a qualidade do solo de textura argilosa e comprometer a produtividade das culturas. É importante que os produtores adotem práticas de manejo sustentável, como a rotação de culturas, a adubação verde e a utilização de fertilizantes orgânicos, para reduzir os impactos negativos sobre o solo.

De acordo com (Lemos & Musafir, 2014), a poluição do solo pode ser definida como qualquer alteração provocada nas suas características pela ação de produtos químicos, resíduos sólidos ou líquidos, que prejudique o uso do solo ou o torne prejudicial ao homem e outros organismos. A poluição das águas pode ocorrer pela introdução de substâncias natural ou artificial estranha ao meio aquático, de origem natural ou antrópica, como o aporte de sedimentos ou agrotóxicos pela lixiviação de solos agriculturáveis da bacia hidrográfica. (Libânio, 2010). Citado por (Uchida, 2015).

Substâncias largamente utilizadas como os herbicidas podem deixar marcas na diversidade de micro-organismos existentes no solo (Lane *et al.*, 2012). Princípios ativos, a exemplo do glifosato que pode ligar-se fortemente aos cátions adsorvidos ao solo, ou do Paraquat que é altamente solúvel em água. Ambos os princípios ativos têm efeito quelador de minerais, o que aponta para impactos na fertilidade dos solos onde são aplicados esses agrotóxicos (Sebiomo *et al.*, 2012). Citado por (Del, Fernandes, & Eduardo de, 2017).

Existem diversas lacunas de conhecimento quando se trata de impacto do uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos sobre as propriedades do solo de textura argilosa em Moçambique principalmente no distrito de Chokwé.

Diante deste exposto, coloca-se a seguinte questão de pesquisa: **Qual é o impacto causado por uso excessivo de fertilizantes químicos e agrotóxicos sobre a propriedade do solo de textura argilosa do distrito de Chokwé?**

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. Geral

- ✚ Avaliar o efeito do uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas, pesticidas e herbicidas), sobre a propriedade do solo de textura argilosa no distrito de Chókwe.

1.2.2. Específicos

- ✚ Descrever a geomorfologia em função da aplicação de fertilizantes químicos e agrotóxicos,
- ✚ Caracterizar a hidromorfologia do solo em função da aplicação de fertilizantes químicos e agrotóxicos;
- ✚ Aferir a qualidade do solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A agricultura

O ecossistema é composto por factores bióticos e abióticos, no primeiro, temos em sua composição os autotróficos – produz alimentos provenientes de substâncias inorgânicas – e os heterotróficos – são aqueles que utilizam e decompõem as substâncias sintetizadas pelos autotróficos. Já no segundo, os factores abióticos, que são os recursos e as condições tais como os nutrientes, a luz, água e o clima, pH, respectivamente, etc. O ecossistema rural controverte de um ecossistema exportador, pois as actividades agro-pecuárias são responsáveis pelas mudanças no meio ambiente. Suas características são: a produção de alimentos; a importação energética - em forma de fertilizantes químicos, e bióticos – a partir da implementação de vegetais e animais de outras regiões; tem-se a retirada da vegetação primitiva para as actividades agrícolas (Philippi Jr, 2015).

2.2. Solo

O solo é o principal meio para o crescimento das plantas, contudo há que ter em conta que o solo é composto por diferentes substâncias - maioritariamente, matéria biologicamente ativa e que, por sua vez, essas substâncias resultam de complexas transformações, que resultam na reciclagem de nutrientes da produção e decomposição de biomassa (Lapido & Loureiro, 2009).

O solo é um microcosmo de infinitas formas de vida Pinheiro (2016) ou ainda como postulado por Holden (2015), “o solo é o estomago das plantas”. Por isso, em um solo com biodiversidade adequada que mantém suas funções vitais em homeostase, tem-se uma planta vigorosa que produz alimentos ricos em nutrientes, o que irá refletir diretamente na saúde humana e no sistema imunológico. Citado por (Del, Fernandes, & Eduardo de, 2017) O solo é composto pelas fases sólida (normalmente constituída por 40-45% fração mineral e 1-5% fração orgânica), líquida (solução do solo, que representa em torno de 20-30% do solo) e gasosa (com valores variando entre 20-30% do solo). As fases líquidas e gasosa sofrem variações temporais e espaciais que modificam a proporção relativa entre as fases do solo. Estas variações afetam propriedades, como o conteúdo de água disponível e, portanto, podem modificar o comportamento de herbicidas. Embora as fases líquidas e gasosa sejam importantes, a fase sólida, em especial a fração coloidal, é a principal fase considerada na predição do comportamento de herbicidas devido à sua capacidade sortiva (Christoffoleti, Ovejero, Damin, Carvalho, & Nicolai, 2008).

2.3. Solos de textura argilosa

Os solos argilosos não são tão aerados, mas armazenam mais água. Possuem um teor de argila entre 35 e 60% e são menos permeáveis a água que fica armazenado por passar mais lentamente. A maior parte de solos de textura argilosa apresenta alto potencial para adsorver pesticidas, uma vez que possuem grande área superficial. Além disso, solos argilosos lixiviam menos que solos arenosos, devido principalmente a características edáficas e maior capacidade de retenção de água (Martins, 2010).

2.4. Tipo de argila

Além da quantidade, a constituição da fração argila é determinante nos processos de sorção. Em regiões tropicais húmidas, os minerais de argila mais frequentes são os óxidos de ferro (hematita e a goethita) e alumínio (gibbsita) e os minerais silicatados do tipo 1:1, como a caulinita e a haloisita. Em condições de clima temperado há predomínio dos minerais do tipo 2:1, como esmectita (montmorilonita) e vermiculita Oliveira (2001). Citado por (Christoffoleti, *et al.*; 2008).

2.5. Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo (M.O.S.) tem composição heterogênea, incluindo desde organismos vivos até substâncias mais estáveis como o húmus. O teor de M.O.S. e sua complexidade estão relacionados ao material de origem, tipo de clima, manejo do solo, entre outros fatores (Alleoni, 2002). Citado por (Christoffoleti, Ovejero, Damin, Carvalho, & Nicolai, 2008)

Nos solos de regiões tropicais húmidas, devido à baixa capacidade sorção dos minerais de argila, a M.O.S. tem sido o principal fator relacionado à sorção de íons e produtos químicos aplicados ao solo Santos & Camargo (1999). Em média, a M.O.S. é responsável por 30 a 40% da CTC dos solos argilosos e 50-60% dos solos arenosos. No entanto, em solos argilosos altamente intemperizados do cerrado, a M.O.S. pode representar até 90% da superfície reativa para retenção de cátions. O teor de M.O.S. para os solos arenosos, em geral, é de até 15 mg dm⁻³, solos de textura média têm teores variando de 16 a 30 mg dm⁻³ e solos argilosos de 31 a 60 mg dm⁻³ Alleoni (2002). Citado por (Christoffoleti, Ovejero, Damin, Carvalho, & Nicolai, 2008).

2.5.1. Amostragem do solo

O princípio básico da amostragem é a 'homogeneidade da gleba', que continua válido para os sistemas com hortaliças, com a 'gleba' podendo ser área com dimensões de canteiros pequenos, como 50 m², ou menores. Nesses sistemas, o manejo de adubação é o fator decisivo na definição de homogeneidade da área-canteiro que, será representada pela

amostra, que em última instância, será considerado, ou não, com base na relevância da área que se pretende analisar, independentemente de suas dimensões físicas. Deve-se ter em mente que quanto maior o número de amostras simples por canteiro maior a representatividade da amostra. Entretanto é recomendável que não seja inferior a 3, mesmo para os canteiros com dimensões mesmo que diminutas, com 15-20 amostras simples para áreas maiores, respeitada a homogeneidade. A profundidade de coleta deverá ser a profundidade de incorporação dos corretivos, fertilizantes orgânicos e minerais. (Bastista; *et al.* 2018).

2.5.2. pH da solução do solo

A solução do solo é constituída pela mistura de água, sais minerais e moléculas de baixo peso molecular, como os aminoácidos, peptídeos, açúcares e substância húmica. Estas substâncias determinam o potencial hidrogeniônico (pH), a força iônica, o potencial redox (Eh) dentre outras propriedades da solução. Assim, quando se aplica um herbicida no solo cujas propriedades físico-químicas possam ser alteradas pelo meio (solução do solo), sua atividade sobre as plantas e seu destino no ambiente é variável em função das propriedades da solução do solo (Oliveira, 2001). Citado por (Christoffoleti; *et al.* 2008).

2.5.3. Agrotóxicos e Fertilizantes químicos

Os termos agrotóxicos, defensivos agrícolas, praguicidas, pesticidas e até biocidas são denominações dadas as substâncias químicas, naturais ou sintéticas, destinadas a controle de pragas e doenças de plantas. Quando aplicados diretamente no solo, os pesticidas podem ser degradados por vias químicas, fotólise ou acção de microrganismos. Entretanto, as moléculas com altas persistências (baixa taxa de degradação) podem permanecer no ambiente sem sofrer alterações. Essas moléculas podem ser adsorvidas nas partículas do solo, desservidas a partir dessas mesmas partículas, sofrer lixiviação (lavagem do solo pela água da chuva) e atingir os lençóis subterrâneos, ou ainda, serem levadas para águas superficiais. (Martins, 2010)

O herbicida glifosato tem um amplo espectro quelante de macro e micronutrientes (Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn). Essa característica também faz dele um herbicida de largo espectro e um potente agente antimicrobiano, pois a função de numerosas enzimas do solo que são essenciais a dinâmica do solo são afetadas. (Sebiomo *et al.*, 2012).

Os fertilizantes minerais são aqueles constituídos de compostos inorgânicos. Exceções são a uréia e os fertilizantes quelatizados que, apesar de terem C em sua composição, são considerados fertilizantes minerais. O fornecimento dos nutrientes pode ser realizado a partir do uso de fertilizantes minerais simples, mistos e complexos. (Batista; *et al.* 2018).

2.5.4. Avaliação da qualidade do solo

Até o presente não existe um método prático e confiável para estimar a qualidade do solo (Karlen *et al.*, 1997), porém, mudanças na qualidade do solo têm sido avaliadas por intermédio da mensuração de indicadores apropriados e pela sua comparação com valores desejáveis (limite crítico ou “threshold level”) em diferentes intervalos de tempo, para um fim específico em ecossistemas agrícolas, florestais e pecuários. (Araújo; *et al.*; 2012).

Arshad & Martin (2002) sugerem as seguintes etapas como pressupostos para avaliar a qualidade do solo: a) dividir a região ou área de estudo em diferentes ecorregiões; selecionar zonas ecológicas, fazendas ou bacias hidrográficas com solos similares; b) definir o objetivo do estudo sobre a qualidade do solo (produção agrícola, proteção ambiental ou qualquer outro uso); c) eleger um conjunto de indicadores para a área de estudo; selecionar um ponto de referência (linha base) para cada indicador; d) especificar os limites críticos para os indicadores selecionados, que irão variar em função de cada indicador e transformá-los em qualidade do solo/índice de sustentabilidade. (Araújo; *et al.*; 2012).

2.5.5. Geomorfologia do solo

Geomorfologia trata da análise quantitativa das características do relevo de bacias hidrográficas e sua associação com o escoamento. (Daniel, *et al.*; 2007).

A geomorfologia nos seus conceitos básicos, quando busca o conhecimento de como, quando, porque e para onde evoluem as formas de terra, não tem um ponto nítido em comum com a pedologia que busca quantitativamente constatar, entender e ordenar as causas da diversificação da periferia dessas superfícies. Entretanto, quando se analisa a pedologia como consequente e não como determinante dessas transformações, podem se estabelecer pontos em comum. Parece, entretanto, que entre as restrições de se partilharem os pontos em comum, pesa a modernidade da geomorfologia que, como ciência, ainda não desenvolveu métodos quantitativos de investigação das suas leis. (Cunha & Silveira, 1996).

2.5.6.1. Hidromorfologia do solo

Hidromorfologia é um processo muito complexo de interação entre o meio líquido e o meio sólido. Quanto à hidromorfologia, são descritos os fenômenos de transporte sólido (origens e mecanismos), são mencionadas questões associadas aos sedimentos dos rios, nomeadamente, as suas dimensões e condições críticas para início de transporte das partículas. (Silva, 2015).

Compreender a interação entre os processos físicos, morfológicos e geomorfológicos é fundamental para conhecer a dinâmica da zona costeira, bem como o processo erosivo. O

conhecimento e a compreensão da interação entre a terra e o mar, deve incluir também as formas/padrões morfológicas e hidrodinâmicas designadas como hidróformas e hidromorfologias. (Barbosa; *et al.* 2008).

2.5.6.2. Hidrologia do solo

Hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente, incluindo sua relação com a vida. Os processos físicos relacionados ao fluxo de água no solo têm um papel central na fase terrestre do ciclo hidrológico. Parte da água que penetra nos solos fica armazenada no solo, sendo esta disponível para a evapotranspiração. O restante pode escoar lateralmente ou penetrar até a região saturada do solo, reabastecendo aquíferos subterrâneos. Adicionalmente, das propriedades físicas e características hidráulicas dos solos depende diretamente a quantificação da parte da precipitação que acaba por escoar superficialmente. O fluxo de água no solo também tem papel importante na qualidade das águas superficiais, sub-superficiais e subterrâneas, já que a água serve como veículo para contaminantes. (Daniel, *et al.*; 2007).

2.5.6.3. Ecologia do solo

A Ecologia é o estudo das interações dos organismos entre si e suas interações com o ambiente. No caso da ecologia do solo, ela busca estudar essas relações no ecossistema solo. Nesse ecossistema, cada organismo interage com seu meio ambiente e com outros organismos. Essas interações podem resultar em alterações que podem afetar tanto os organismos do solo como as plantas. Em outros casos, as atividades realizadas pelos microrganismos e pela fauna do solo, são essenciais para os organismos superiores. (Ceretta & Aita, 2007)

Para entender melhor a ecologia do solo é necessário ressaltar alguns pontos fundamentais:

- a) A comunidade reflete seu habitat;
- b) Um organismo se multiplica até que limitações bióticas ou abióticas sejam impostas contrabalançando a taxa de crescimento;
- c) Quanto maior a complexidade da comunidade biológica, maior sua estabilidade;
- d) Para qualquer mudança de um fator, um ótimo diferente passa a existir para todos os outros.

2.5.6.4. Impactos ambientais

Os impactos, na dimensão ecológica, podem ser classificados segundo o compartimento afetado: solo, água, planta e atmosfera. Os impactos podem ocorrer nos meios físico-químico (abiótico), biótico e socioeconômico.

São vários os impactos ocasionados pelo uso e ocupação de determinada área. Por exemplo, as atividades agrícolas provocam impactos sobre o ambiente, tais como desmatamentos, queimadas em pastagens e florestas, poluição por agrotóxicos, erosão e degradação de solos e contaminação das águas. Uma das principais ameaças ao ambiente é a tendência a monocultura, ao uso de agrotóxicos e a conseqüente extinção de sistemas tradicionais de cultivo. Sabe-se que as áreas que são submetidas ao cultivo ou pastoreio intensivo por longos períodos se degradam rapidamente devido às práticas que empregam o fogo na abertura de áreas, desta forma, ocorre à perda dos agregados de matéria orgânica e argila. (Rodrigues, Taissa et al.; 2011).

Havendo necessidade de rever o Decreto n.º 45/ 2004, de 29 de Setembro, que aprova o Regulamento sobre o processo de Avaliação do Impacto Ambiental no país, ao abrigo do disposto no artigo 33 da Lei do Ambiente, aprovada pela Lei n.º 20/97 de 1 de Outubro, o Conselho de Ministros decreta: Artigo 1. É aprovado o Regulamento sobre o Processo de Avaliação do Impacto Ambiental, que é parte integrante do presente decreto. (Rosário; 2015).

A avaliação de impacto ambiental (AIA) integra um conjunto de atividades que visam obter o diagnóstico ambiental de uma área, a fim de identificar, prever, medir, interpretar e comunicar informações sobre as conseqüências de uma determinada ação sobre a saúde e o bem-estar das comunidades ou ecossistemas (Sánchez, 2006). O diagnóstico ambiental compreende a descrição e análise das condições ambientais presentes na área de estudo, podendo ser feita através dos levantamentos de componentes e processos bióticos e abióticos (Neres, 2015). A avaliação de impactos ambientais por meio do diagnóstico ambiental pode fornecer subsídios para auxiliar na tomada de decisão através de estudos abordam critérios em todas as esferas do problema, considerando os fatores de bem-estar humano e meio ambiente, sendo estes elementos capazes de interagir entre si, facilitando-se assim estudos de avaliação ambiental. Citado por (Costa, 2018).

2.5.6.5. Classificação dos impactos

Os impactos ambientais podem ser classificados qualitativamente segundo seis critérios: valor, ordem, espaço, tempo, dinâmica e plástica. Assim, o uso de herbicidas pode causar impactos diretos e indiretos; locais, regionais e/ou globais; imediatos, de médio ou longo prazo; temporais, cíclicos ou permanentes; reversíveis ou irreversíveis. Em áreas agrícolas os impactos podem ainda ser de fonte difusa, causados pela contaminação proveniente da aplicação regular, ou pontual, quando ocorre descarga (acidental ou não) durante o transporte ou manuseio dos herbicidas, por tanto a avaliação de impactos ambientais dos

herbicidas deve contemplar, sempre que possível, os aspectos ecológicos, sociais e económicos mantendo estreita relação com o conceito de sustentabilidade Agrícola.

No que diz respeito à classificação quantitativa dos impactos, é importante compreender que a mesma é feita para se ter uma visão da magnitude do impacto, ou seja, do grau de alteração de um atributo ambiental, em termos quantitativos. Porém, além da classificação dos impactos pela apresentação de informações exclusivamente numéricas, as avaliações de impactos ambientais podem apresentar informações que possibilitam a visão de magnitude. Assim sendo, o impacto do uso de herbicida pode ser inexistente, desprezível, pequeno, médio, alto, muito alto. Os impactos ambientais provocados pelo uso de herbicidas podem ainda ser intrínsecos e extrínsecos. Como exemplo de impacto intrínseco negativo de herbicidas pode ser citado o problema de residual prolongando no solo comprometendo a sucessão de culturas agrícolas. Quanto aos impactos extrínsecos, pode ser citada como exemplo, a contaminação de águas superficiais e subterrâneas usadas para abastecimento populações urbanas. (Spadotto, C. 2002)

2.5.6.6. Meios físico e biológico

Os meios físicos e biótico é tratado por muitos estudos de forma conjunta, sendo considerado como meio natural, principalmente, devido as relações intrinsecas que esses meios guardam na formacao do ecossistema e dos processos naturais.

O meio físico contempla o subsolo, as águas, o ar e o clima, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos de água, o regime hidrico, as correntes marrinhas, as correntes atmosfericas. Quanto ao meio biológico e os ecossistemas naturais contempla a fauna e a flora, destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e económico, raras e amencadas de extinção e as áreas de prevenção premanente. (Carvalho, F. 2019).

2.5.6.7. Meio Socioeconómico

O meio socioeconômico - o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos. (Silva. 2011).

3. MATÉRIAS E MÉTODOS

3.1. Matérias

Este trabalho foi feito com base de análises e pesquisas bibliográficas, elaborado com base nos materiais apresentados na tabela a seguir.

Tabela 1- Matérias usados durante a elaboração do ensaio

Ordem	Equipamentos
1	Faca de aço
2	Sonda
3	Balde plástico
4	Pipeta
5	Reagente (NaOH)
6	Funil
7	Água destilada
8	Estufa
9	Balança eletrônica
10	Agitador
11	Euler maia
12	Provetas de 1 l
13	Bandeja e pinça
14	Marcador
15	Peagâmetro
16	Almofariz
17	Plásticos
18	Destilador
19	Conduvometro
20	Garrafas plásticas

Autor: 2022

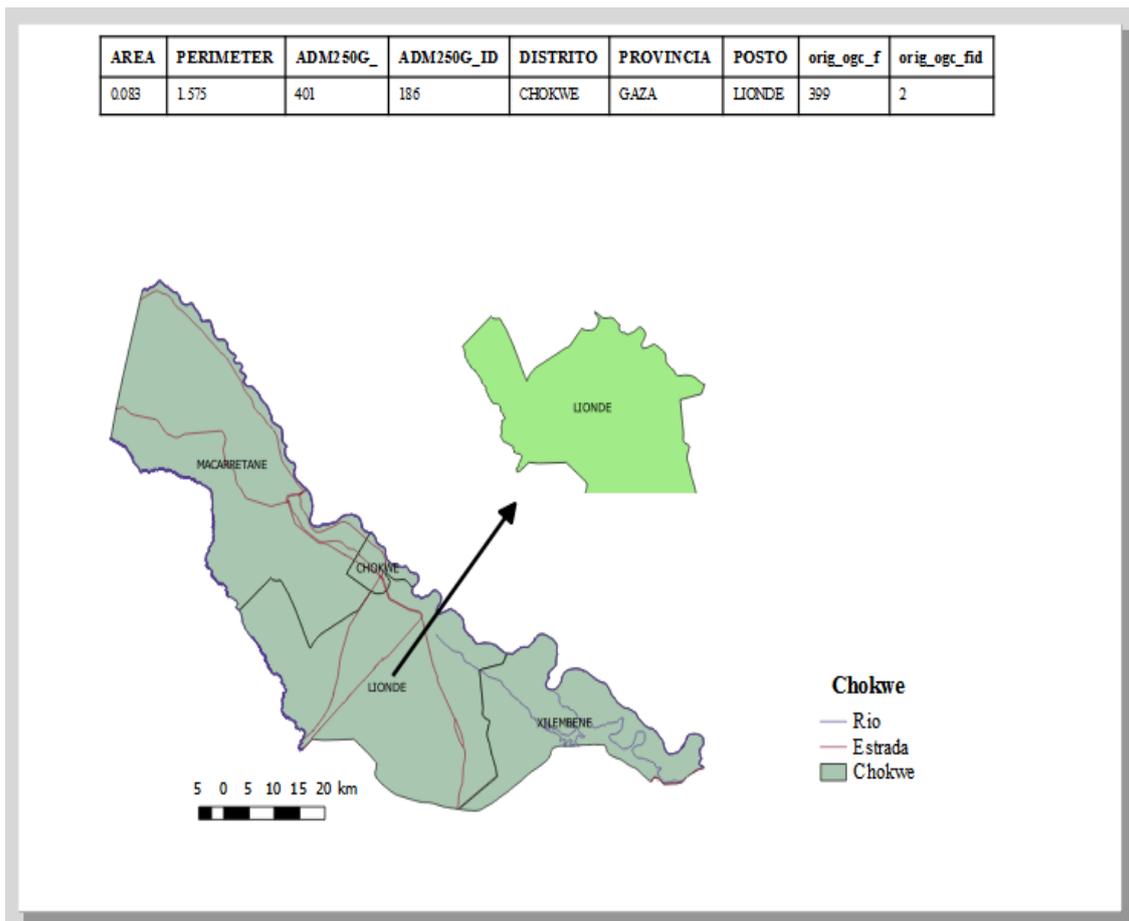
3.2. Métodos

3.2.1. Descrição da área

As amostras do solo foram retiradas no campo de condução de ensaio e multiplicação de sementes do instituto de investigação agrária de Moçambique (IIAM-Chókwè). Quanto ao seu historial os campos são usados para a produção de milho no campo 23 e cevada no campo 7. O estudo foi conduzido no Laboratório do Instituto Superior Politécnico de Gaza (ISPG).

O distrito de Chókwè apresenta um clima semi-árido (seco de savana), com precipitação que varia de 500 a 800 mm, e temperaturas médias anuais que variam entre os 22° C e 26° C e uma humidade relativa média anual entre 60-65%. Devido a elevadas temperaturas que o distrito apresenta e uma baixa pluviosidade, resultando numa acentuada deficiência de água, ocasiona secas frequentes mesmo durante o período chuvoso (MAE, 2005).

Figura 1- Mapa do local de estudo



Autor: 2022

3.4. Condução das análises

3.4.1. Caracterização e descrição das variáveis

Geomorfologia do solo refere-se ao estudo das formas e características do solo em relação à sua distribuição espacial e processo de formação. Ela descreve e caracteriza as diferentes formas de relevo e as interações entre o solo e o ambiente físico ao seu redor. A caracterização da geomorfologia do solo envolve a identificação e classificação das unidades de relevo, análise da sua morfologia e sua topografia, bem como a compressão dos processos da formação do solo em cada área específica. Isso inclui a identificação de diferentes tipos de solo, tais como solos aluviais, coluviais, residuais, ente outros, e a delimitação de suas respectivas áreas de ocorrência. A descrição da geomorfologia do solo engloba informações sobre a textura, estrutura, cor, drenagem, profundidade e outros atributos físicos e químicos do solo. Em resumo, a caracterização e descrição dos tipos de solo e análise dos atributos físicos e químicos do solo, buscando compreender sua gênese e sua relação com o ambiente em que se desenvolve (Daniel, *et al.*; 2007).

Hidromorfologia do solo refere-se ao estudo das características e propriedades do solo relacionadas à sua capacidade de armazenamento, movimentação e disponibilidade de água. Ela descreve e caracteriza os aspectos hidrológicos do solo, incluindo a capacidade de retenção de água, drenagem, permeabilidade e fluxo de água. A caracterização da hidromorfologia do solo envolve a identificação e classificação das unidades de solo com base em suas propriedades hidrológicas. Isso inclui a análise da textura do solo, estrutura, porosidade, capacidade de campo (quantidade máxima de água que o solo pode reter), ponto de murcha (quantidade mínima de água que o solo pode reter), condutividade hidráulica e outras características relacionadas a movimentação da água no solo (Daniel, *et al.*; 2007).



Figura 2- Layout das áreas de estudo e pontos de amostras

3.5. Procedimentos

Amostragem – o processo de estratificação foi feita considerando-se a uniformidade da vegetação, da topografia, da drenagem, da cor do solo, da textura e do tamanho. Quanto a profundidade foi-se definida considerando-se a cultura em que foi-se retirada 15 amostras simples em cada Gleba numa profundidade de 0-20cm constituindo-se uma amostra completa por camada. A dotou-se a metodologia baseada segundo (Mendes Alessandra, 2007).

CTC (pH 7,0) $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$	<5,0	5,0 – 15,0	>15,0
Saturação por bases %	<50,0	50,0 -70,0	>70,0
PST %	<6,0	6-15	>15
Saturação por Al%	<30,0	30,0 – 50,0	>50,0

Autor: Sobral; *et al* (2015)



Figura 3- Procedimentos das amostragens

Análises laboratoriais – depois das amostras serem retiradas foram embaladas e identificadas, juntamente com o formulário para análises de solo, onde se fez as análises físicas e químicas.

Análise química do solo – onde se verificou a fertilidade do solo, na qual foi feita a determinação dos teores de nutrientes e alguns parâmetros principais como: pH do solo e da H_2O ; quantidade de MO de acordo com (Prezotti; *et al* 2013). Para a determinação do pH foi usado 10g de solo adicionada numa garrafa plástica de 100 ml, posteriormente adicionado 25ml de água destilada, agitado durante 1 minutos e deixado 1 hora de repouso, por fim feita a leitura.

A determinação dos teores de M.O com o método da solução sulfocrômica foi efetuada nos Laboratórios de Solos IIAM (Instituto de Investigação Agrário de Moçambique). O procedimento utilizado nesse laboratório foi o descrito em Tedesco *et al.* (1995).

Tabela 2- Níveis de interpretação de análise química do solo

	Baixo	Médio	Alto
Matéria orgânica dag kg ⁻¹	<1,5	1,5 – 3,0	>3,0
pH	<5,0	5,0 – 6,0	> 6,0
Al cmol _c dm ⁻³	<0,5	0,5 – 1,0	> 1,0
Ca cmol _c dm ⁻³	<1,6	1,6 – 3,0	>3,0
Mg cmol _c dm ⁻³	<0,4	0,4 – 1,0	>1,0
K mg dm ⁻³	<30	30 -60	>60
CTC (efetiva) cmol _c dm ⁻³	<2,0	2,0 – 4,0	>4,0

Análise física do solo – nesta etapa foi-se verificar a percentagem de argila, areia e silte de cada parte da área analisada. E adotou-se uma metodologia baseada do autor (Teixeira P.; *et al* 2017). Para a separação de areia usou-se uma peneira de malha 0,053 mm, retirando a garrafa do agitador transferiu-se para a peneira usando água destilada, posteriormente fez-se a lavagens dos matérias usando a água destilada não ultrapassando 1 L do balão volumétrico, de seguida transferiu-se a areia para uma lata seca e limpa previamente tarada e identificada. Eliminado o excesso da água e levada para secagem em estufa a 105°C, por 24 horas. Por fim retirou-se da estufa depois de ter-se passado 24 horas e fez-se as anotações dos resultados encontrados durante a pesagem.

Para a determinação de areia e argila adicionou-se 10 mL de solução hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹, procedeu-se com a pipetagem até 25 mL da solução transferindo a alíquota para béquer para secagem na estufa a 105 °C por 24 horas. Agitando a suspensão de cada amostra nos cilindros de bastão com a tampa de borracha por 1 minuto, de seguida com uma pipeta de 25 mL da suspensão de silte + argila, fez-se a transferência para um béquer seco, limpo e previamente tarado e identificado. Posteriormente para secagem em estufa a 105 °C, por 24 horas. Passado o tempo de sedimentação da fração silte, inseriu-se a pipeta a 5 cm de profundidade e pipitou-se 25 mL da suspensão de argila. Transferindo-se a alíquota para um béquer seco, limpo e previamente tarado. Levando o béquer para secagem em estufa a 105 °C, por 24 horas. Retirando os béqueres contendo os resíduos dos pipetados secos da estufa, deixando esfriar em dessecador e pesados em balança com precisão de 0,001 g.

Interpretação dos resultados - foram interpretados os resultados depois que foram feitas todas as análises laboratoriais.

3.5.1. Variáveis observadas

Os parâmetros que foram avaliados para o presente estudo são:

Geomorfologia do solo: (densidade aparente do solo, quantidade de matéria orgânica, a cor, granulometria ou textura).

Hidromorfologia: (Condutividade elétrica aparente do solo (CEa), pH da água).

Condutividade Elétrica do solo (CEa) – para o teste de CEa usou-se Condutivímetro, onde colocou-se o solo em garrafas plásticas de 500 ml, e botou-se uma quantidade de solo ocupando 250 ml da garrafa com água destilada, de seguida agitado durante 5 minutos usando agitador. Por fim deixou-se 24 horas para se realizar o teste.

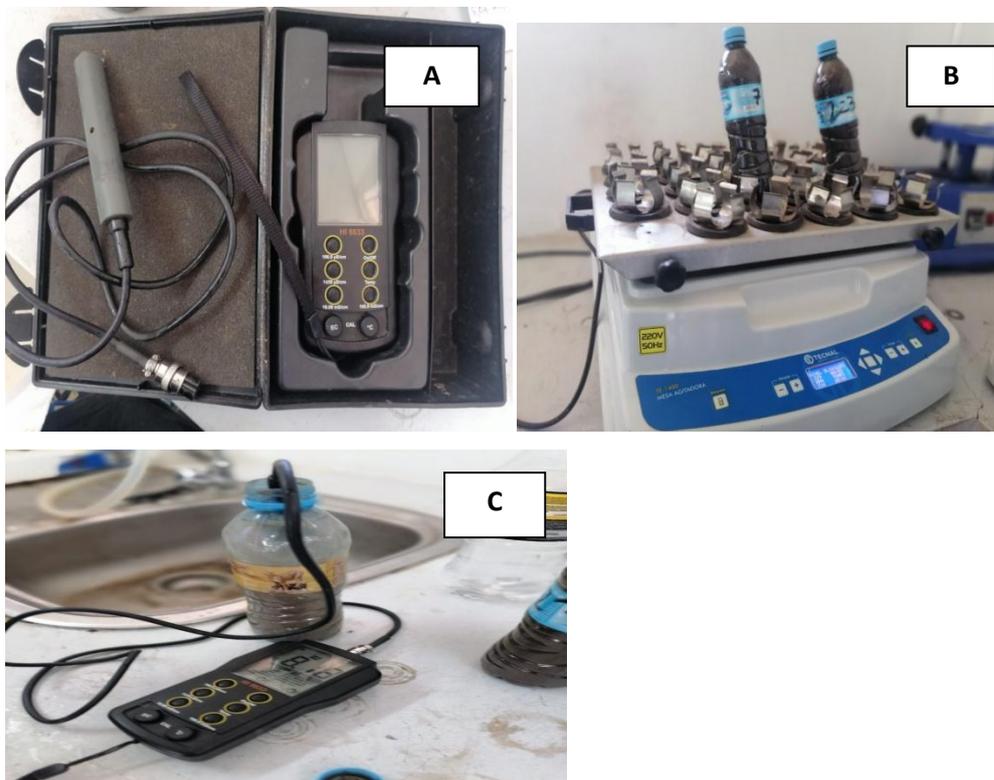


Figura 4 - Procedimentos para realização de teste de C.E

Legenda:

A- Condutivímetro;

B- Garrafa plástica contendo solo, no agitador eletrónico;

C- Medição da condutividade elétrica aparente do solo.

Tabela 3- Classificação tentativa dos níveis críticos e das limitações da salinidade no solo

CEa (mS/cm)	Limitações
<1.7	Sem

1.7 – 3.3	Fraca
3.3 – 6.0	Moderada
6.0 – 10.4	Forte
>10.4	Muito forte

Autor: António (1999)

Quantidade da matéria orgânica no solo – quanto a determinação da quantidade de matéria orgânica no solo baseou-se na oxidação a CO₂ por íons dicromato em meio fortemente ácido.

Cor – para a identificação da cor usou-se a carta de cores de Munsell (Munsell Color Charts). De acordo com (UFPR; 2007).



Figura 5- Munsell soil color Book

Granulometria ou Textura – nessa etapa determinou-se a relação entre as partículas unitárias (areia, silte e argila), presentes na fração terra fina do solo. Os solos muito argilosos ou arenosos devem ser analisados pelo método da pipeta (Teixeira. *et al* 2017).

Procedimentos: como solução usou-se o hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹, por sua vez dissolvendo-se 40 g de NaOH em água destilada e transferindo para balão volumétrico de 1 L, completando o volume com água destilada.

Para a **separação de areia** sobre um funil e peneira de malha 0,053 mm, apoiada em um suporte. Colocando-se o conjunto funil e peneira sobre a proveta. E que por sua vez retirando a garrafa do agitador e transferida a amostra da garrafa para a peneira. Lavando-se cuidadosamente a garrafa e a rolha com água destilada para transferir todo o conteúdo para o funil até completar 1L. E por sua vez retirando a areia retida na peneira e transferida para uma lata seca e limpa, tarada e identificada. Eliminando o excesso da água e levada para secagem em estufa a 105 °C, por 24 horas. Depois de se passar 24 horas fez-se a pesagem e a anotação dos resultados encontrados.

Para a determinação de **silte e argila** pipetou-se imediatamente 25 mL da suspensão de silte + argila. Posteriormente transferindo-se para um béquer seco, limpo e tarado e identificado. Levando-o para secagem em estufa a 105 °C, por 24 horas, e por sua vez levada para uma balança com precisão de 0,001 g e por fim anotados os resultados.

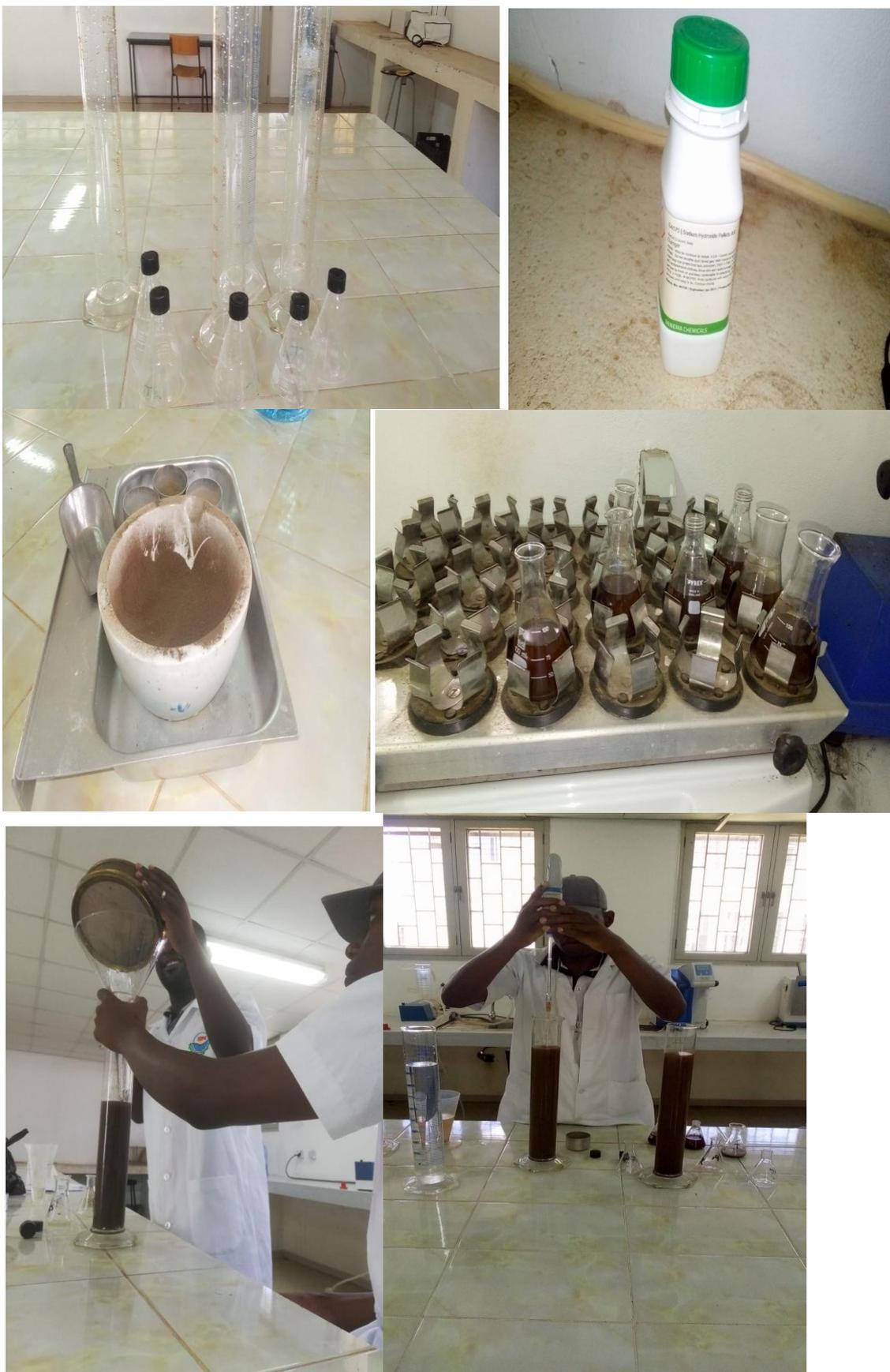


Figura 6- Procedimentos de análises granulométrica

Tabela 4- Grupamentos texturais do solo (Adaptado de Embrapa, 1999)

Grupamento textural	Definição
Muito argilosa	Solos com mais de 60% de argila
Argilosa	Solos com 35 a 60% de argila
Siltosa (ou “limosa”)	Solos com argila < 35% e areia < 15%
Média (ou “franca”)	Solos com menos de 35% de argila, mais de 15% de areia, e que não sejam de textura arenosa
Arenosa	Solos com areia ≥ 70% e sem argila; ou areia ≥ 75% e argila < 5%; ou areia ≥ 80% e argila < 10%; ou areia ≥ 85% e argila < 15%

Autor: UFPR (2007)

Densidade aparente do solo – A densidade do solo foi avaliada utilizando o método do anel volumétrico. As amostras de solo foram coletadas com estrutura indeformada usando um anel de aço (Kopecky) com as bordas cortantes e volume interno de 50 cm³. Após, foram secas em estufa a 105°C, por aproximadamente 24 horas, até peso constante, e, posteriormente foram pesadas (Tullio; 2019). Onde fez-se o cálculo da densidade aparente do material, usando a seguinte equação abaixo:

$$D_s (g/cm^3) = \frac{m_s}{V}, \text{ em que:}$$

Equação 1

D_s – densidade do solo calculada considerando a amostra com estrutura indeformada, em g cm⁻³.

m_s – massa de solo seco mesmo deformado ou compactado após centrifugação (massa da amostra mais a massa do anel, após secagem em estufa a 105 °C até atingir peso constante, subtraídas da massa do anel vazio, limpo e seco), em g.

V – volume do cilindro, que corresponde ao volume original da amostra indeformada, em cm³. De acordo com os autores (Teixeira P. et al 2017).



Figura 7- Procedimentos para determinação da Densidade

pH da água – para a medição desse parâmetro usou-se um Peagâmetro. De acordo com (Brazão. 2018).

Determinação da velocidade de infiltração da água no solo

O presente estudo recorreu-se ao método do Infiltrômetro de duplo anel, que consiste em dois anéis um com diâmetro de 25 cm e outro com 50 cm, ambos com 30 cm de altura, tendo sido instalados concentricamente 15 cm abaixo do solo com recurso a uma cruzeta e um martelo mecânico (Fagundes *et al.*, 2012). Foram utilizados um (1) balde de 20 litros para retirar a água da represa, uma régua para leitura e um telemóvel para a cronometragem do tempo, um bloco de notas e duas canetas para a anotação das leituras.



Figura 8 -Infiltrômetro de duplo anel enterrado, cruzeta, régua e martelo mecânico.

Apos a instalação dos anéis no solo, com recurso a água colocou-se nos dois anéis em simultâneo até uma altura de 11 cm, e feitas as anotações com uma coluna de tempo (min) e leitura (cm) dos dados, e as leituras realizadas considerando os seguintes intervalos em minutos: 0, 2, 5. min. As reposições de água realizaram-se depois que verificou-se a infiltração de pelo menos 2 cm de água, e os testes terminaram quando o Tempo de Infiltração se mantivesse constante.

A Velocidade de Infiltração Básica (VIB) foi determinada através da equação desenvolvida por Kostiakov (1932):

$$I = aT^n \quad \text{Equação 2}$$

$$VI = aT^{a-1}K \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

VI – velocidade de infiltração

K – constante

I – infiltração acumulada

T – tempo de infiltração

a e n – parâmetros de ajuste da equação.

Para determinar os coeficientes e expoentes das equações potenciais utilizou-se o método de regressão linear. Aplicandas as operações logarítmicas correspondentes tem-se:

$$\log I = \log k + a \log T \quad \text{Equação 4}$$

Com a aplicação dos logaritmos, a equação potencial é transformada em uma equação linear do tipo $Y = A + BX$, em que:

$$A = \frac{\sum X \cdot \sum XY - \sum X^2 \cdot \sum Y}{(\sum X)^2 - m \sum X^2} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

Y = Log I (infiltração acumulada);

A = Log a, k = antilog A, então, $k = 10^A$

B = a;

X = Log T (tempo acumulado)

m = número de pares de dados I e T.

Equação Potencial Modificada (Kostiakov-Lewis)

A equação apresenta limitações para ajustar-se a diferentes condições do solo, como o conteúdo inicial de água no solo, e pelo facto da sua VI levar a que o TI tenda a zero, utilizou-se a equação foi modificada por Lewis (1938), dada por:

$$I = k.T^a + VIB.T \quad \text{Equação 6}$$

Neste caso, os parâmetros da equação de infiltração (k e a) são estimados pelo método da regressão linear, logo:

$$\log (I - VIB.T) = \log k + a \cdot \log T \quad \text{Equação 7}$$

E tem-se:

$$Y = \log (I - VIB.T) \quad \text{Equação 8}$$

$$VIB = 60 * k * a \left[\frac{-0,01}{60 * k * a} \right]^{\left(\frac{a-1}{a-2} \right)} \quad \text{Equação 9}$$

Tabela 5- Classificação de velocidade de infiltração

Classificação da velocidade básica de infiltração	Textura do solo	Parâmetros (mm/h)
Solo de VIB baixa	Solo Argiloso	< 5
Solo de VIB média	Solo Franco-argiloso	5 a 15
Solo de VIB alta	Solo Franco	15 a 30
Solo de VIB muito alta	Solo Franco-arenoso	> 30

Autor: Fuzer (2013)

3.5.2. Análise Estatística

Após a realização das análises laboratoriais, os dados foram submetidos ao pacote Microsoft Office Excel (2013), que permitirão achar as medias, construção de tabelas, figuras e gráfico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises granulométricas

Os gráficos abaixo ilustra os resultados obtidos durante as análises laboratoriais, que demonstraram níveis de areia, argila e silte constante sem nenhuma variação com o passar do tempo, que é considerado o recomendado. Num estudo feito por Varaschini (2012) encontrou variações na quantidade de areia, argila e silte, pós alega que as variações ocorreram devido a erros das análises laboratoriais.

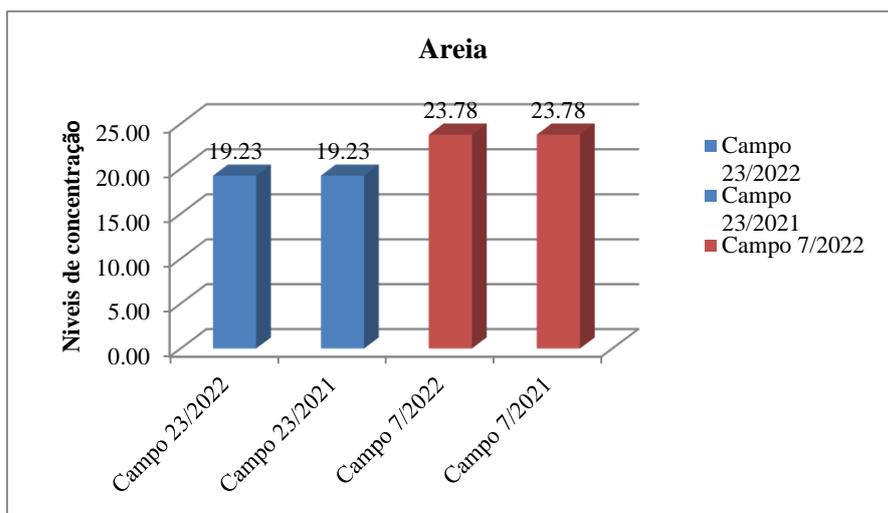


Gráfico 1- Comparativo da Areia

Conforme pode se observar no gráfico (1) em que estão representados uma diferença de áreas cuja área um (1) corresponde ao campo 23 e área dois (2) ao campo 7. Entretanto temos uma comparação do campo 23 do ano 2022 e 2021; e o mesmo também acontece para o campo 7 onde temos a comparação dos anos 2022 e 2021. Onde é possível notar-se que o campo 23 no ano 2022 apresenta 19,23 de areia e em 2021 apresentou 19,23. Quanto ao campo 7 apresentou mesmos teores que variam de 23,78 e 23,78 no ano 2022 e 2021. Portanto pode-se constatar que a aplicação dos fertilizantes químicos e agrotóxicos não influenciaram na granulometria do solo, mesmo isso tendo acontecido não significa que com o tempo não possa perder as suas qualidades granulométricas. Para a fração de areia total, nos diferentes solos, a variação dos resultados é ampla, independente do método mesmo apresentando um expressivo percentual de valores próximos de zero Kunz, *et al* (2010). Segundo a UFPR (2007) afirma que solos que apresentam mais de 15% de areia não são de textura arenosa.

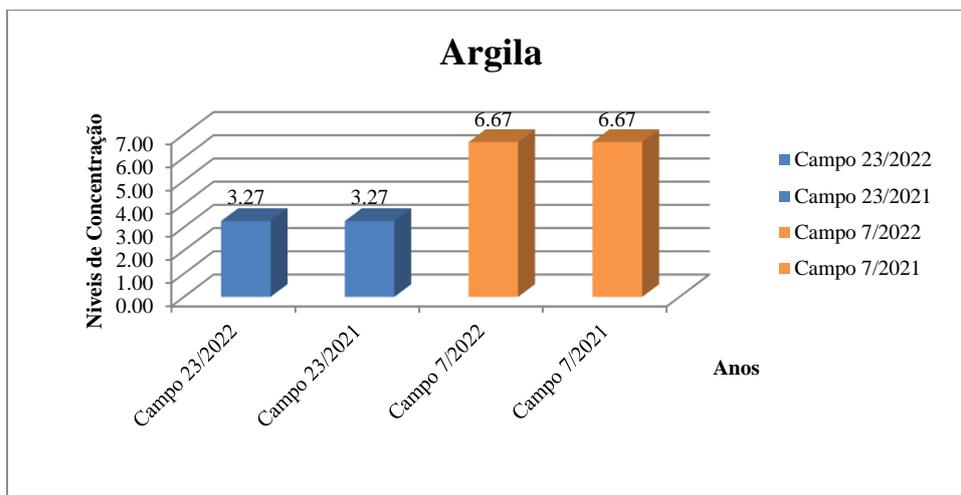


Gráfico 2-Comparativo da Argila

Diante ao gráfico dois (2) estão representadas duas Glebas do campo 23 dos anos 2021 e 2022, o mesmo acontece para o campo 7 onde apresenta duas Gleba dos anos 2022 e 2021. Por tanto no ano 2022 no campo 23 da prima Gleba apresenta um teor de argila de 3,27 e na segunda Gleba 3,27. Por tanto no campo 7 em 2022 na primeira Gleba apresenta um teor de 6,67 e na segunda 6,67. Contudo não houve nenhuma diferença significativa durante ao longo dos anos. Num estudo feito por Varaschini (2012), encontro uma diferença no teor de argila, e ele afirma que “Esta variação se dá em função do método de análise utilizado pelo laboratório, e não por ter aumentado os teores de argila em tão pouco tempo”. No entanto segundo a UFPR (2007), Solos com menos de 35% de argila, mais de 15% de areia, e que não sejam de textura arenosa.

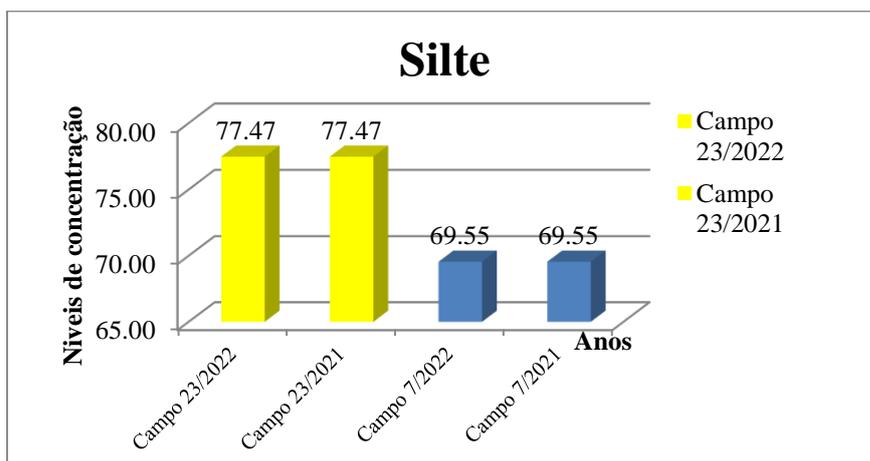


Gráfico 3-Comparativo de Silte

O gráfico (3) ilustra a quantidade de Silte que os campos apresentam, no entanto na Gleba um (1) do campo 23 do ano 2022 apresenta um teor de 77,47, no ano 2021 também apresentou o mesmo teor de Silte comparando com o ano anterior; na Gleba dois (2) do campo 7 do ano 2022

o teor de Silte apresentou uma quantidade de 69,55, o mesmo aconteceu no ano 2021 o teor de Silte manteu com a mesma quantidade em 2022, com ampla faixa dos dados, pode-se afirmar que, independente da aplicação dos fertilizantes e agrotóxicos o solo ainda permanece com a mesma qualidade. Num estudo feito por IPNI (1995) diz que os solos que apresentam alto teor de silte são geralmente os que apresentam a pior estrutura.

Os teores de areia total, argila e silte os valores não apresentaram diferença entre os métodos avaliados nos diferentes tipos de solos em cada ponto de referência.

4.2. Análises químicas

Sendo assim, foram observadas alterações na qualidade química do solo. Isso ocorreu possivelmente pelo solo da área possuir elevados teores de nutrientes devido a aplicação intensiva de fertilizantes químicos e agrotóxicos, que vem a muitos anos sendo cultivada e aplicada essas substâncias químicas regularmente com doses elevadas. Resultado semelhante foi encontrado por (Neto. 2017), onde encontrou mudanças na parte química do solo.

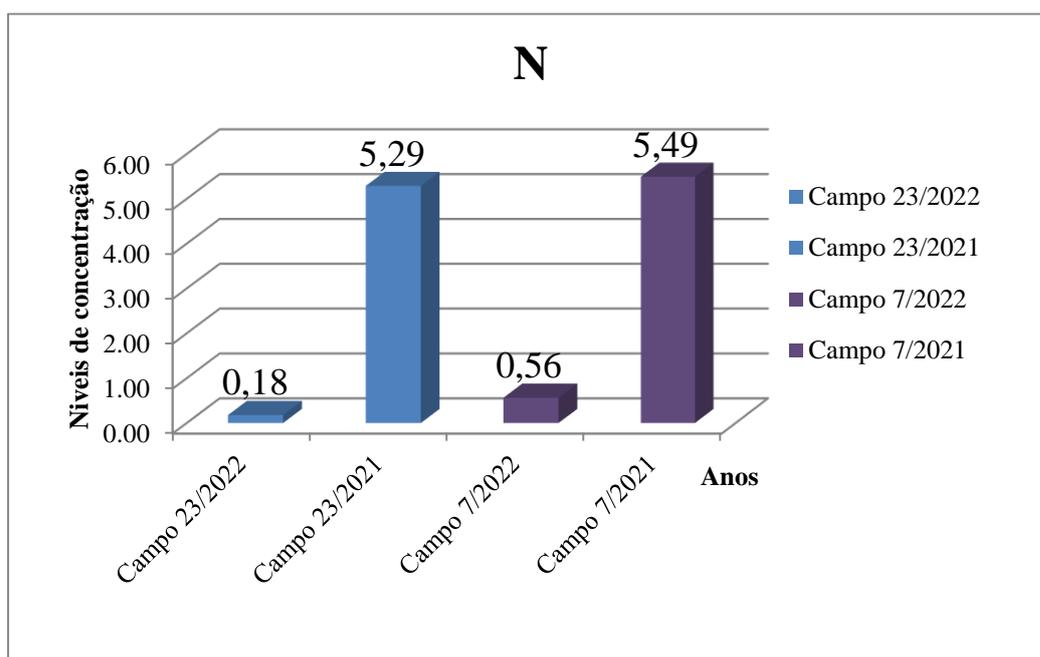


Gráfico 4-Comparativo de N

O gráfico (4) ilustra a quantidade de Nitrogênio no solo, e é de suma importância lembrar que todo nitrogênio no solo vem da atmosfera, no entanto campo 23 da Gleba um (1) apresenta um teor de 0,18% de N em 2022, em 2021 apresenta 5,59%. Na Gleba dois (2) o nível de nitrogênio também varia de 0,56% em 2022 e 5,49% em 2021.

Consoante os resultados apresentados é possível notar que houve uma diferença significativa do ano 2021 para 2022 da Gleba 1 e 2, visto isso pode-se concluir que houve uma grande perda. De acordo com a Embrapa (2018) o nitrogênio (N) é um nutriente requerido por todos organismos vivos, e no solo é um elemento extremamente dinâmico em decorrência das várias reações de oxidação – redução a que está sujeito. Este elemento é necessário em grandes quantidades, uma vez que é um componente essencial de proteínas, tendo em conta que a concentração média no solo deve ser de 2% e quanto a necessidade varia de 15 a 25%. No entanto diante aos resultados obtidos na Gleba um (1) do ano 2022 o nível de nitrogênio é baixo o mesmo acontece na Gleba dois (2) no ano 2022, isso deve-se a aplicação intensiva dos produtos químicos que tende a degradar cada vez mais o solo. Num estudo feito por Carvalho (1995) encontrou variações significativas de nitrogênio das amostras coletadas.

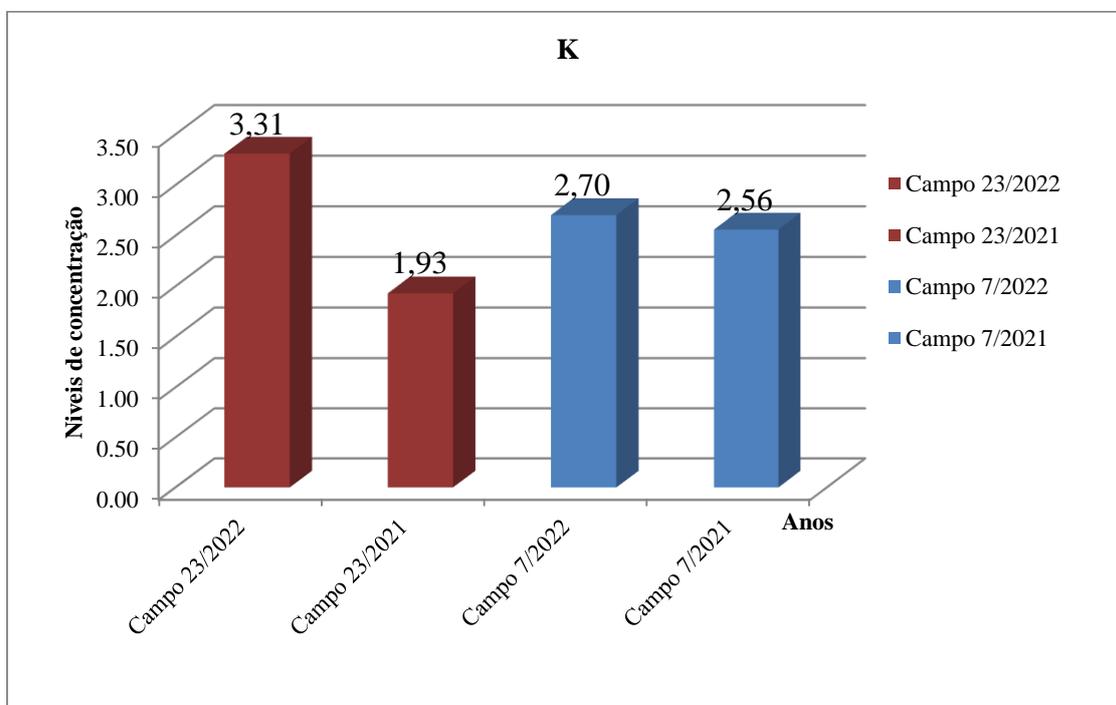


Gráfico 5-Comparativo de K

O gráfico (5) está comparando os níveis de potássio (K) da Gleba um (1) do ano 2022 a 2021, apresentou um aumento no ano 2022. O mesmo acontece na Gleba dois (2) onde o campo 7 do ano 2022 apresenta um nível de concentração elevado apesar de não ser tão significativo em relação ao ano 2021.

De acordo com os resultados apresentados no gráfico possivelmente pode-se notar que na Gleba um (1) existe uma diferença significativa mesmo não sendo ideal para produção, mas houve um

aumento significativo devido ao uso intensivo de substâncias químicas. O mesmo acontece no campo 7 da Gleba dois (2), mesmo não havendo uma diferença tão notável. Raij, (2011) recomenda respectivamente, que o nível crítico para o potássio situa-se na faixa de 2,1 e 2,3 mmol/dm³ ou 0,21 e 0,23 mmol/dm³, Estes valores expressos em mg/dm³ significam, respectivamente, 82 e 90 mg/dm³, acima de 3,0 mmol/dm³, 0,3 cmolc/dm³ ou 120 mg/dm³, poderá acontecer toxidez ou aumento da salinidade. Num estudo feito por Alves, L. Correa (2012) o potássio (K) è o segundo nutriente exigido em maior quantidade, depois do Nitrogénio (N). Ainda o mesmo avalia o teor de potássio na camada de (0-20 cm), chegou-se a faixa de suficiência boa de 57 a 73 mg/dm³ e ao nível ótimo de 73 mg/dm³. Estes teores de K são classificados como teor médio. Num estudo feito por Crociolli; (2008) encontrou maiores quantidades de potássio no solo. Enquanto Carvalho (1995) observou efeitos estatisticamente significativos de amostragens de solo nos teores de nitrogénio e fósforo mas não para o potássio.

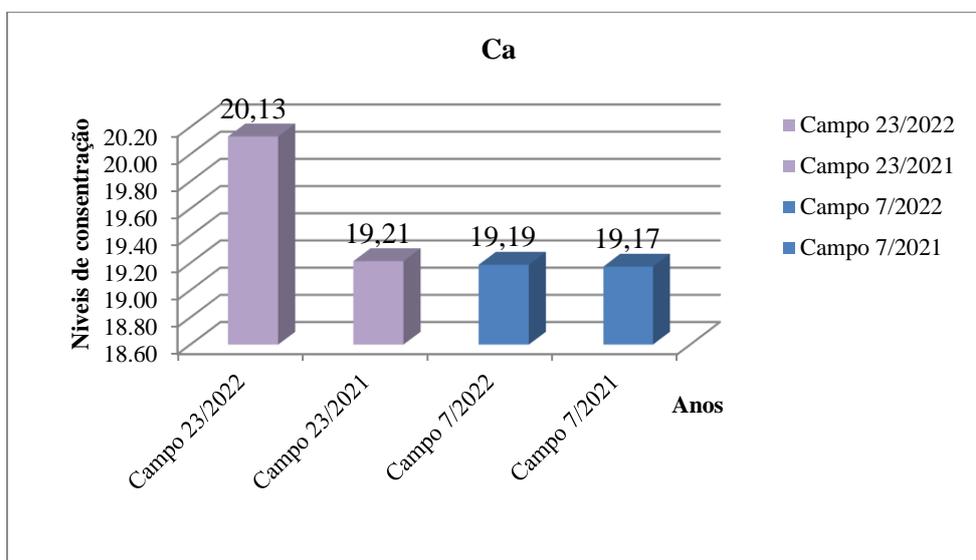


Gráfico 6-Comparativo de Ca

O gráfico (6) demonstra resultados de cálcio (Ca) no solo, na Gleba um (1) estão representados os resultados obtidos no ano 2022 à 2021 em que ouve um aumento significativo do ano 2021 para 2022; e na Gleba (2) apresenta um aumento não tão significativo do ano 2021 para 2022.

Diante aos resultados ilustrados no gráfico (6) o cálcio apresenta uma concentração que se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela Embrapa (2010), no entanto não significa que a aplicação dessas substancias não possam prejudicar com o andar do tempo. O cálcio no solo variam de menos de 0,1% a mais de 25%. Os solos calcários, áridos, contem os maiores níveis destes nutrientes. Num estudo feito por Varaschini (2012) obteve valores elevados de Cálcio

acima de 6.1 cmolc/dm^3 . Neto (2017) obteve teores de Cálcio maiores, visto que é fortemente mais retido na matriz coloidal do solo. Raij (2011) Evidencia teores altos de cálcio, provavelmente devido a maior adubação desses solos.

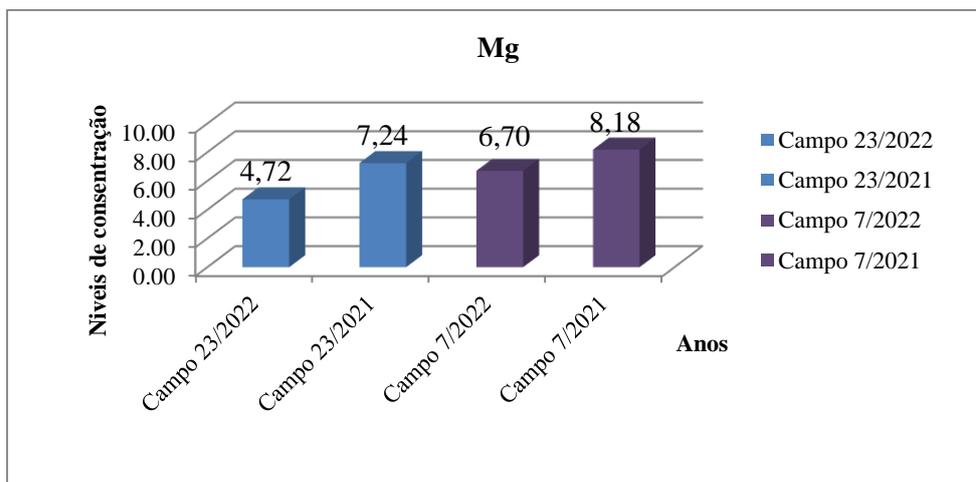


Gráfico 7-Comparativo de Mg

O gráfico (7) ilustra os níveis de Magnésio (Mg) em que a Gleba um (1) apresenta um nível baixo em 2022 em relação ao ano 2021. Quanto a Gleba dois (2) apresento-o decréscimo no ano 2022.

De acordo com os resultados acima o solo apresenta um nível muito elevado de teor de Magnésio (Mg), comparando com os parâmetros estabelecido na tabela (2), provavelmente deve-se a aplicação intensiva de substâncias químicas chamadas de corretivos do solo. De acordo com a (INPNI, 1995) O magnésio no solo, é encontrado em pequenas quantidades em relação ao cálcio, isso porque magnésio não é tão adsorvido tão fortemente pela argila e matéria orgânica, e conseqüentemente, é mais sujeita à lixiviação. Num estudo feito por (Varaschini; 2012) encontrou níveis altos de magnésio que apresentavam acima de 2.1 cmol/dm^3 . Figueiredo (2010) observou que em 21% das amostras analisadas apresentou teor baixo de nutrientes, em 40% do teor foi medio e em 30% do teor foi alto ($>8 \text{ mmol/dm}^3$).

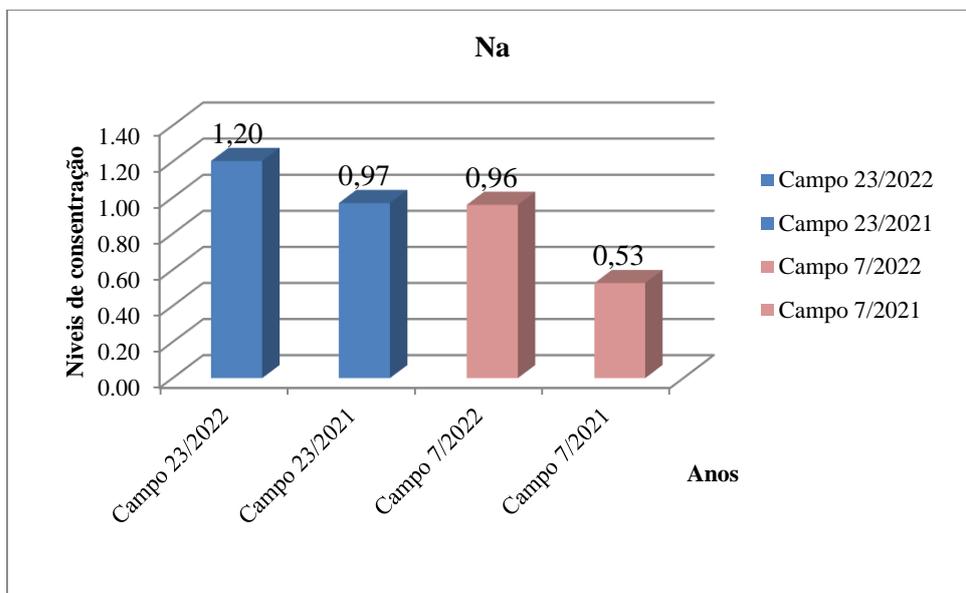


Gráfico 8-Comparativo de Na

O gráfico (8) ilustra o nível de sódio (Na) encontrado no solo, na Gleba um (1) o teor de sódio no ano 2022 aumento para 1,20% em relação ao ano 2021 que era de 0,97%. Entretanto a Gleba (2) no ano 2022 apresenta um teor não muito significativo quanto ao nível de mudança, mas também houve um acréscimo no ano 2022.

Perante aos resultados de Sódio constatasse que houve um aumento nas duas glebas que são consideradas dentro dos padrões, porém esses resultados tendem a aumentar devido a intensiva aplicação dessas substâncias químicas, que por sua vez pode ser um problema. Tendo em conta que cerca de 2,8% que é semelhante ao do potássio. Segundo Prezotti (2013) o solo é considerado sódico quando apresenta índice de saturação de sódio superior a 15%. Quando presente em alta concentração no solo, o Na pode causar efeito depressivo sobre a produtividade das culturas por dificultar a absorção de água e nutrientes pela planta ou por seu efeito dispersante sobre as argilas, causando a desestrutura do solo e reduzindo a infiltração da água. Num estudo feito por Schossler; *et al* (2012) obteve níveis de sódio elevados.

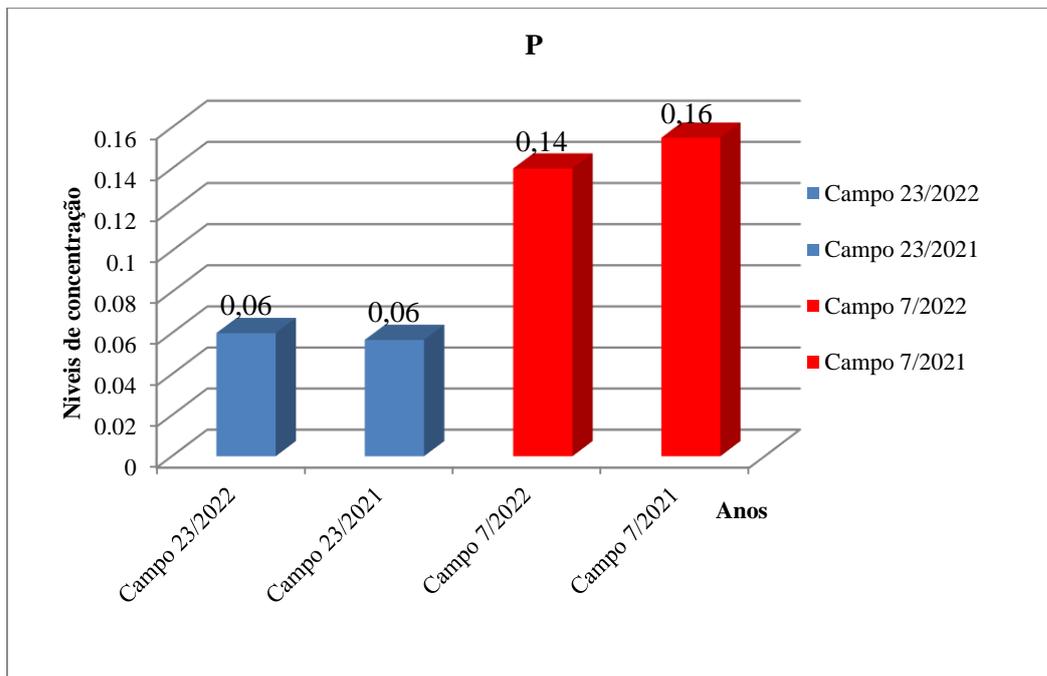


Gráfico 9-Comparativo de P

O gráfico (9) ilustra a quantidade de fósforo presente no solo, na Gleba um (1) o nível de fósforo no ano 2021 para 2022 não houve nenhuma diferença significativa, quanto a Gleba dois (2) houve uma pequena perda de P.

Se tratando de um nutriente primário as quantidades ou o nível de fósforo no solo é bastante baixo. Segundo os autores Ribeiro; *et al* (1999) afirmam que os teores muito baixos de P variam de <2,6; médio 2,6 – 3,6 e os teores bons> 3,6. Num estudo feito por Crociolli (2008) encontrou baixos teores de fósforo no solo. (Figueiredo, 2010) Constatou o teor de P disponível no solo foi baixo ou muito baixo, ou seja, menor do que 12 mg/dm³. Segundo a Embrapa (2015), para os solos argilosos os valores que os solos apresentam ainda permanecem como baixo, para estarem em condições adequadas seria necessária uma concentração de 8 mg/dm³. Souza (2017) Notou uma grande disparidade entre os valores das concentrações de fósforo no solo.

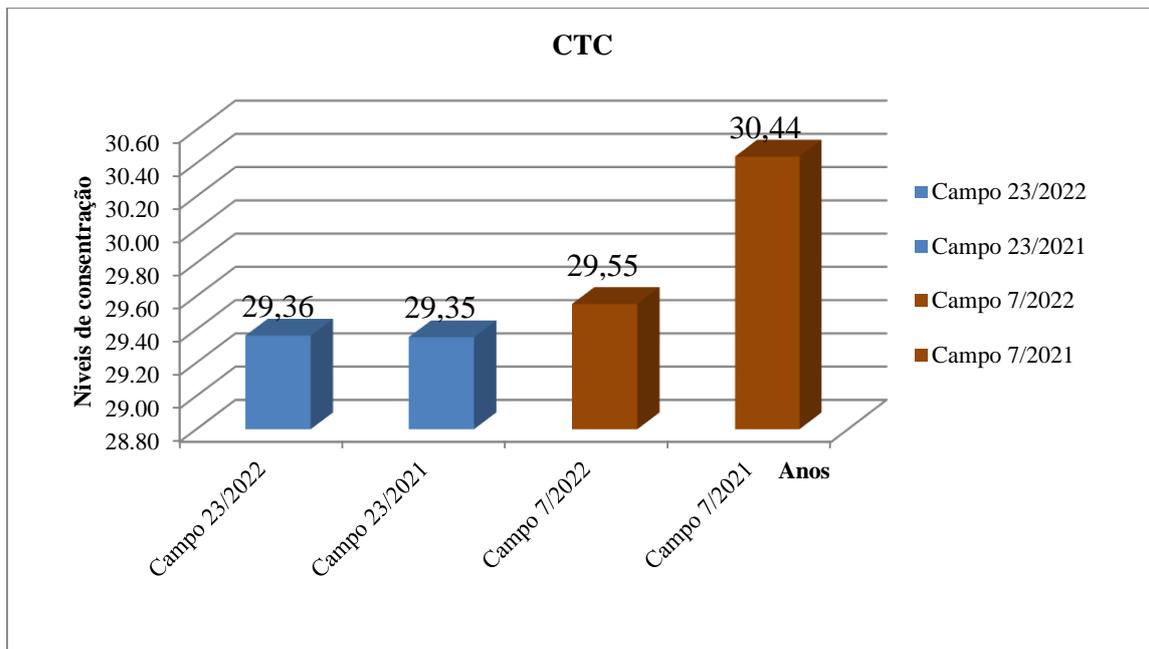


Gráfico 10-Comparativo de CTC

O gráfico (10) ilustra a capacidade e troca de catiões no solo. No entanto a Gleba um (1) apresenta níveis de CTC que varia de 29,36% no ano 2022 e 29,35% no ano 2021, já quanto a Gleba dois (2) apresenta níveis que variam de 29,55% no ano 2022 e 30,44% no ano 2021.

Os resultados ilustram que no ano 2022 na Gleba um (1) houve um aumento e quanto a Gleba dois (2) no ano 2022 houve uma redução significativa do CTC. Num estudo feito por (Lozada; 2015) encontrou níveis baixo de CTC e alega que resulta do alto processo de intemperismo e lixiviação, com baixa taxa de ciclagem de nutrientes, e alta acidez do solo. E diante dos resultados o CTC ainda é muito alto, consoante a classificação fornecida na tabela (2), entretanto isso dá-nos a perceber que a aplicação dessas substâncias químicas sem devidas orientações de aplicação está causando danos notáveis ao solo. Souza (2017) obteve aumento na concentração do CTC para todas as amostras, o autor cita que valores abaixo de $4,5 \text{ cmol/dm}^3$ são considerados baixos, teores entre $4,5$ e 10 cmol/dm^3 são médios e acima de 10 cmol/dm^3 são concentrações altas.

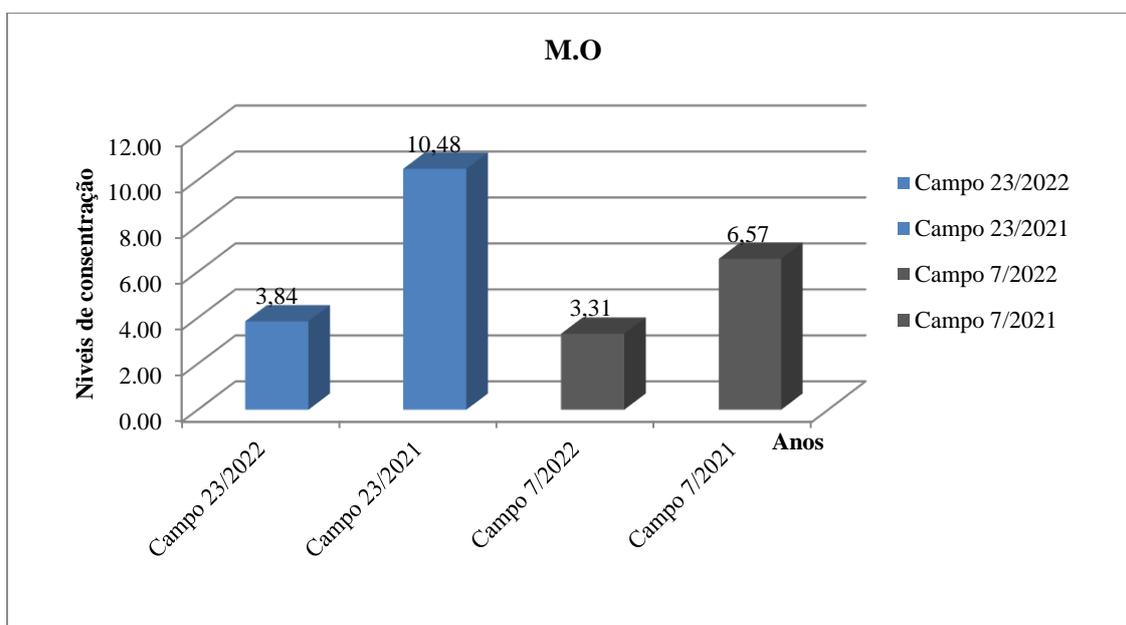


Gráfico 11-Comparativo de M.O

O gráfico (12) ilustra a quantidade de matéria orgânica disponível no solo, em que na Gleba um (1) do ano 2021 temos 10,48% e no ano 2021 apresentou um baixo nível exagerado de 3,84. Quanto a Gleba dois apresenta um nível de 6,57% no ano 2021 e no ano 2022 apresentou um baixo teor de 3,31%.

Em fertilidade do solo a matéria orgânica é considerada como sendo a fração representada especialmente pelas frações orgânicas estabilizadas na forma de substâncias húmicas. Segundo (Ribeiro; *et al.*,1999) afirma que crítico para a matéria orgânica (M.O) no solo é de 4,00 dag/kg, e que, valores superiores a 7,00 dag/kg são classificados como “Muito bom”. Entre estes valores está a classe considerada como “Bom”. Consoante esses resultados apresentados na Gleba um (1) e dois (2) o nível de matéria orgânica são bastante preocupantes, isso demonstra que o solo está perdendo suas qualidades, tendo em conta que o solo de textura argilosa é o solo que mas conte a matéria orgânica. Resultados semelhantes foram encontrados por (Lozanda; 2015). Os valores do teor de Matéria Orgânica (MO) e Soma de Bases (SB) decrescem ao longo do perfil e apresentam baixas concentrações, corroborando com os resultados discutidos anteriormente que caracterizam um solo quimicamente pobre (Embrapa, 2013). Citado por Guedes (2017).

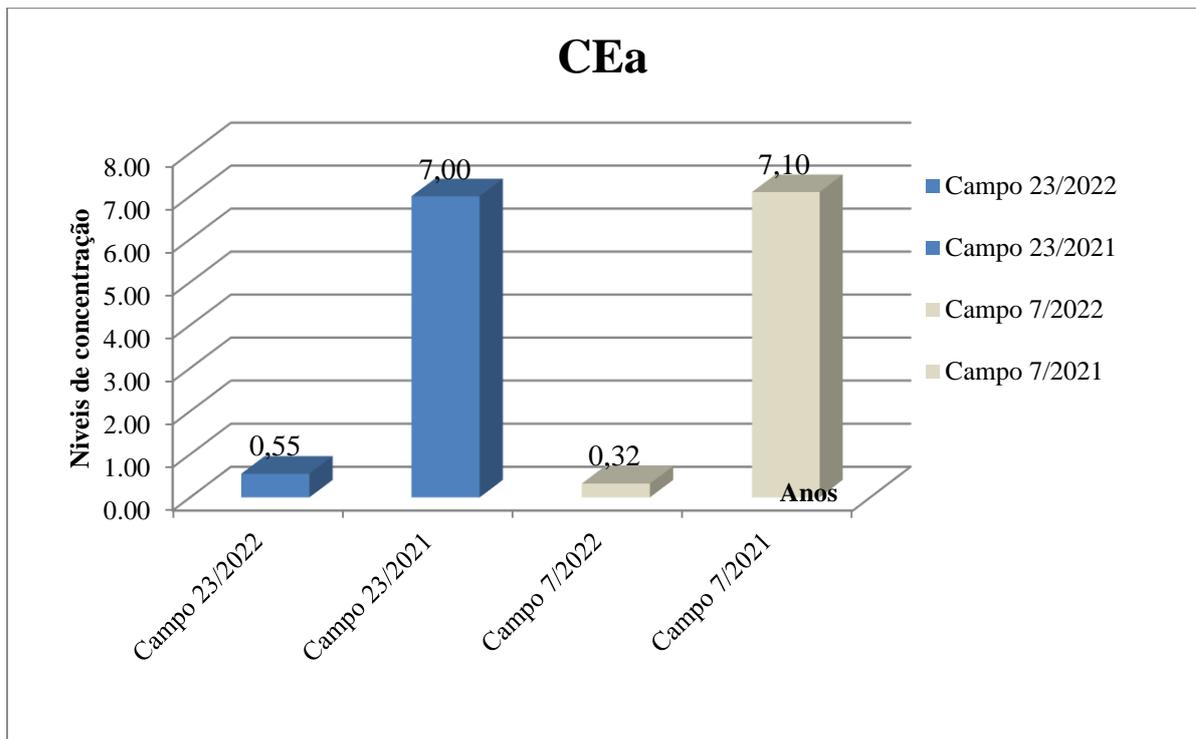


Gráfico 12- Comparativo de CEa

O gráfico (12) ilustra a condutividade elétrica aparente do solo (Cea), a Gleba um (1) ilustra um valor de 0,55 mmho/cm/25°C no ano 2022 em relação ao ano 2021 que erra de 7,00 mmho/cm/25°C. Quanto a Gleba dois (2) no ano 2022 apresentou um valor de 0,32 mmho/cm/25° C em relação ao ano 2021 que erra de 7.10 mmho/cm/25°C.

Em relação a condutividade elétrica, o extrato da solução da CEa, é um parâmetro indicador de salinidade do solo, de forma que quanto maior a CEa, maior a concentração de sais na solução. Perante aos resultados apresentados pode-se notar que a CEa apresenta efeitos de salinidade. Num estudo feito por Tomé Jr (1997), afirmou que valores entre 0,0 – 2,0 dS.m⁻¹ apresentam efeitos de salinidade geralmente negligenciáveis em relação a aplicação em plantas e culturas, demonstrando assim a adequação do fertilizante produzido. Citado por Guermandi (2015). Segundo Guermandi (2015) o parâmetro pode ser utilizado para avaliar o grau de qualidade dos compostos servindo como indicador de toxicidade, uma vez que elevados valores de condutividade elétrica e alta concentração de ácidos orgânicos inibem a germinação de sementes.

Coeficiente de determinação R ²	79,93%
Coeficiente de determinação R	0,894

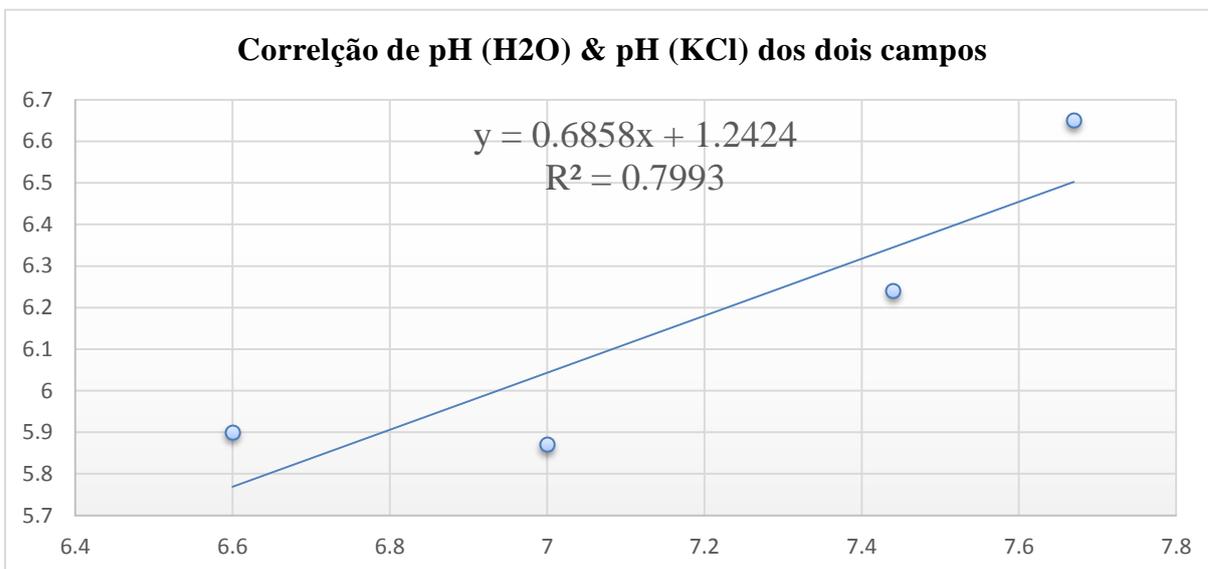


Gráfico 13- Correlação de pH (H₂O) e pH (KCl)

O gráfico (13) ilustra a correlação de pH (H₂O) e pH (KCl), onde a Gleba um (1) apresenta níveis de concentração de 7,00 e no ano 2022 de 7,44 onde houve um aumento de concentração, quanto a Gleba dois (2) apresenta um nível de concentração de 6,65 no ano 2021 e 5,90 no ano 2022 onde houve uma baixa concentração.

Diante aos resultados encontrados quanto a significância houve diferenças significativas quanto a correlação nas duas Glebas, encontrando-se uma correlação forte positiva. Durante um estudo feito por Eberling; *et al* (2008) onde fez a correlação de pH (H₂O) e pH (KCl) encontrou resultados significativos entre pH em água e o pH em KCl. Segundo Guedes, *et al* (2017) observou que os valores de pH, tanto em água quanto em KCl, estão na faixa entre 5 e 4,5, representando um solo com acidez elevada.

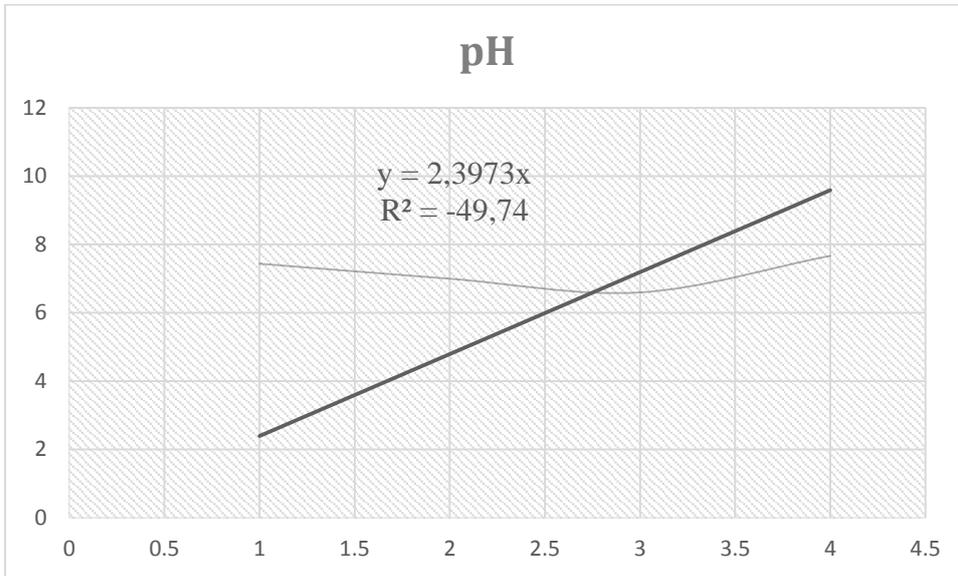


Gráfico 14- pH do solo

O gráfico acima ilustra resultados de pH encontrados nos dois campos, onde demonstra que os valores estão dentro da faixa que são ligeiramente alcalina ou neutra, o que indica um solo que não é excessivamente ácido e nem excessivamente básico. Tendo em conta que o pH do solo é uma medida de acidez ou alcalinidade, e desempenha um papel importante na disponibilidade de nutrientes para a planta. Freitas, *et al* (2013) obtiveram maiores valores de pH para as duas áreas 2 e 3, nas profundidades de 0,0-0,10 e 0,10-0,20, porém em ambas as profundidades e em todos os solos são ácidos.

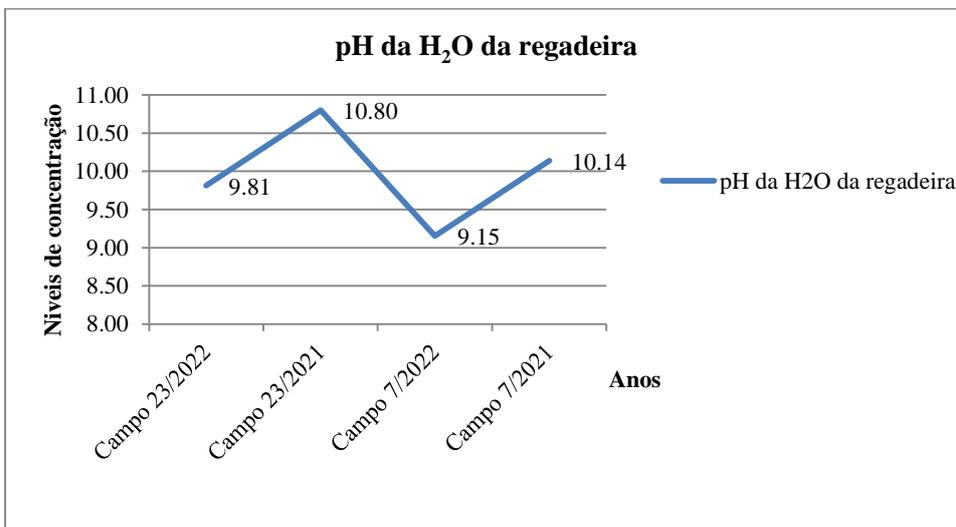


Gráfico 15-Concentração de pH (H₂O) da regadeira

O gráfico ilustra a quantidade de pH da água usada para a rega, onde teve-se uma concentração de 10,80 no ano de 2021 e 9,81 no ano 2022; no entanto a Gleba dois (2) apresentou uma concentração de 10,14 no ano 2021 e 9,15 no ano 2022

Na água encontra-se dissolvida diversas substâncias. A interação entre essas substâncias através de fenómenos biológicos, físicos e químicos, a torna água ácida; neutra ou alcalina. A água não pode estar nem muito ácida nem muito alcalina para se conseguir uma boa produção (Santos; *et al* 2003). Portanto perante os resultados apresentados no gráfico pode-se notar que a quantidade de pH na água não está muita acima dos parâmetros estabelecidos tratando-se de água turva. Resultados semelhantes foram encontrados por (Rodrigues; 2007).

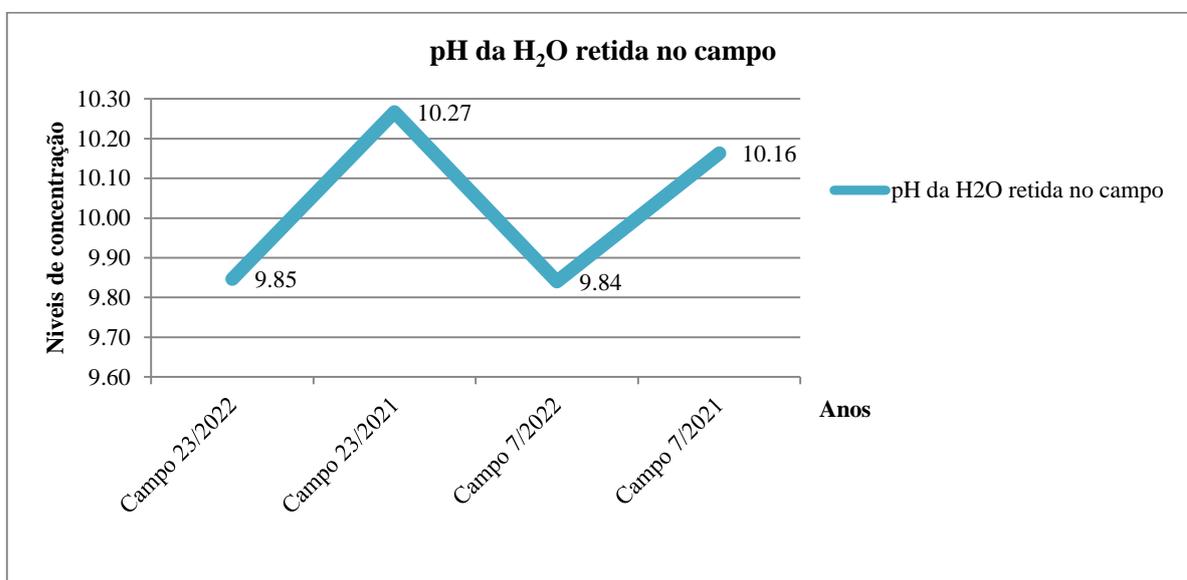


Gráfico 16- Concentração de pH (H₂O) no campo

O gráfico ilustra a o pH da água encontrado diretamente no campo de produção, a Gleba um (1) do ano 2021 apresentou 10,27 de pH e no ano 2022 ouve uma baixa de 9,85. Quanto a Gleba dois do campo (7) apresentou uma concentração de 10,16 no ano 2021 e uma baixa de 9,84 no ano 2022.

A qualidade da água está relacionada com um determinado número de características físicas, químicas e biológicas que podem, por si só ou em conjugação com outros fatores, torna-la adequada para um determinado fim. A qualidade da água pode causar impactos ao próprio solo, salienta-se a sodicidade da água, que está associada à possibilidade do ião sódio provocar o

aparecimento de solos sódicos Santos; *et al* (2003). Entretanto diante dos resultados encontrados no gráfico comparando com a classificação da tabela dois (2) o pH da água retida dentro do campo de produção está alta, notasse que a aplicação dessas substâncias em grande escala está causando mudanças ao próprio solo além da própria água concentrada no solo.

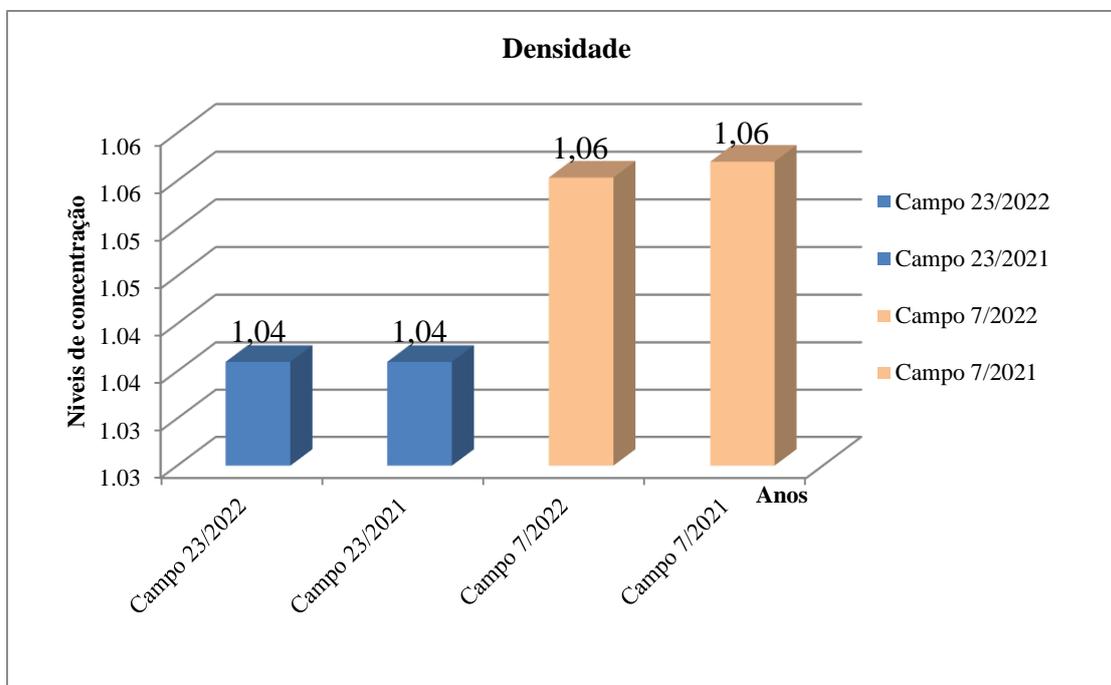


Gráfico 17-Densidade aparente do solo

O gráfico (16) ilustra a densidade aparente do solo, onde apresentou mesmas variações na Gleba um (1) de 1,04 em 2021 e 2022, quanto a Gleba dois (2) apresentou variações de 1,06 no ano 2021 a 2022.

A densidade do solo das áreas avaliadas atingiu valores entre 1,4 e 1.06 $Mg^{m^{-3}}$, não sofreu alteração significativa, não apresentando valores elevados e não representa restrição ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas, com tudo isso não implica que estas substâncias a serem aplicadas intensivamente não possam a vir criar mudanças na densidade. Mudanças na densidade do solo são facilmente medidas e podem ser um indicador de alterações na qualidade do solo e no funcionamento do ecossistema. Aumentos na densidade geralmente implicam em diminuição na qualidade do solo para crescimento radicular, redução da aeração e mudanças indesejáveis no comportamento da água no solo, como redução da infiltração Teixeira. *et al* (2017). Num estudo feito por Tullio (2019) encontrou diminuição nos níveis de densidade e redução nas actividades microbianas. Ribeiro, *et al.* (2010), Observaram que o

aumento da densidade do solo promoveu efeito depressivo no crescimento da cultura da soja e eucalipto em Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho e Amarelo, principalmente na maior densidade: 1,30 e 1,70 kg.dm⁻³; respectivamente. Citado por (Tullio; 2019)

4.3. Velocidade de Infiltração Básica do Solo

O teste de infiltração levado a cabo no início das actividades permitiu pelos métodos empíricos a obtenção dos resultados na tabela (6), cuja velocidade de infiltração básica deu um valor de 0,23 cm/h e classificado como baixa, o que segundo Fuzer (2013), considera-se comum se tratando de solos argilosos que caracterizam a região, pois nesses solos a VIB mantém-se em torno de 0,50 cm/h.

Tabela 6- Resultados do teste de infiltração

Parâmetros	Ponto 1	Ponto 2	Média
A	0,02	0,07	0,04
K	1,05	1,19	1,12
B=a	0,05	0,07	0,06
I(cm)	1,00	1,01	1,00
Vi (cm/min)	0,33	0,22	0,27
VIB (cm/h)	0,20	0,26	0,23

Autor: 2022

Na planilha foi adequada a velocidade com a infiltração real, resultando na velocidade real que readequada às unidades da bibliografia possibilitou classificar a VIB de cada ponto, para isso fez-se uma curva média com os dados dos dois ensaios, e comparando a VIB média de cada ponto com a tabela (5) pode-se classificar a VIB em baixa, média ou alta, desta forma classificou-se também a textura do solo, comparando com os parâmetros estabelecidos por (Fuzer; 2013).

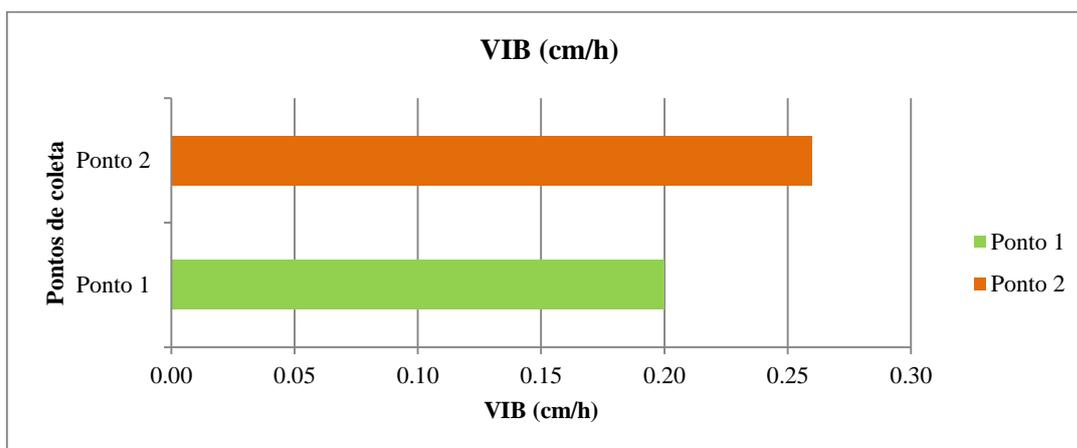


Gráfico 18- VIB de água nos dois (2) pontos de coleta

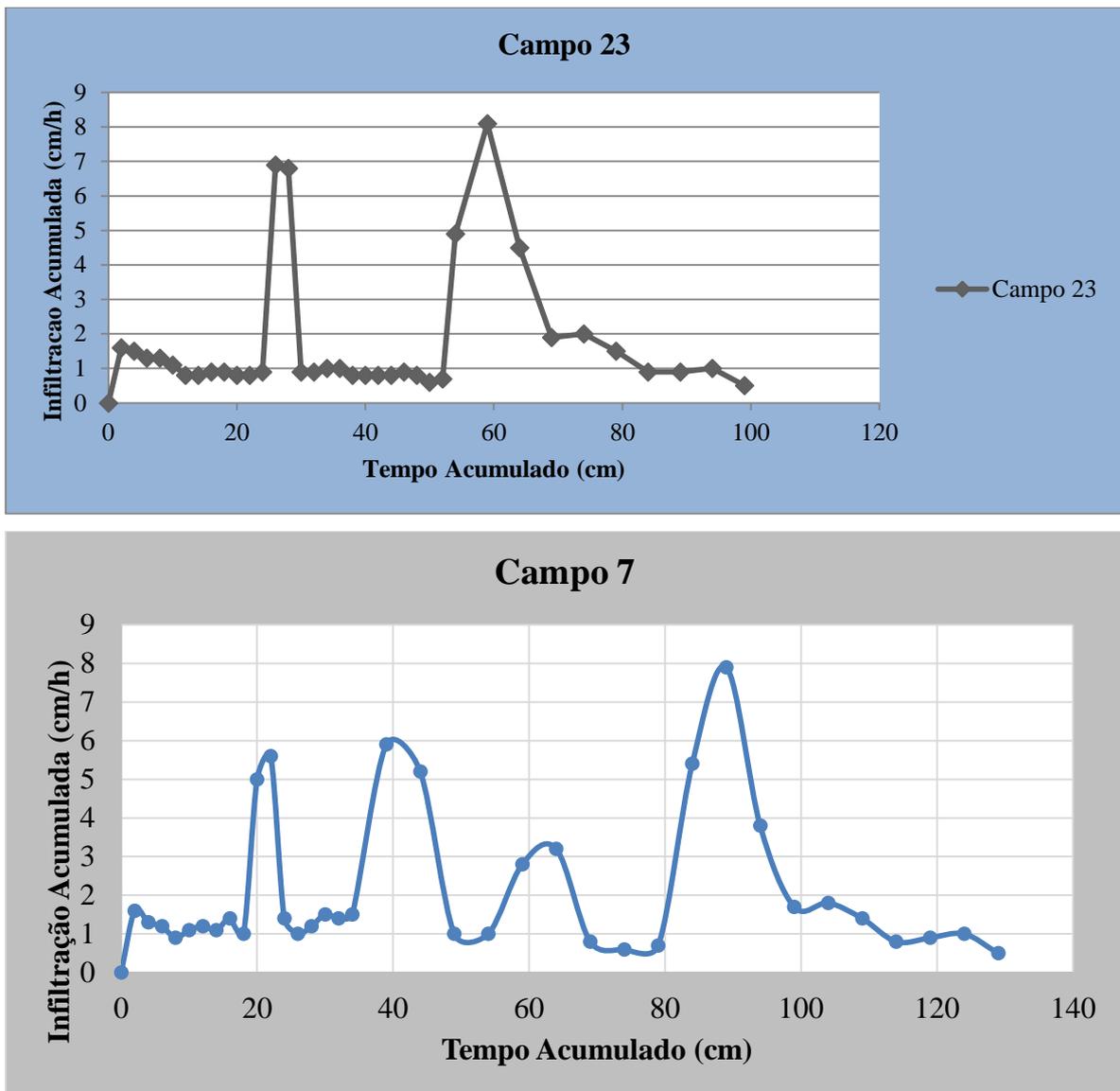


Gráfico 19- Infiltração Acumulada em função de tempo das duas áreas (Campo 23 e 7)

O gráfico acima verifica-se as curvas da velocidade acumulada dos dois pontos 23 e 7. Ao longo do teste a infiltração acumulada aumenta com o tempo, pois o solo encontrava-se seco, com o passar do tempo a velocidade de infiltração diminui devido a humidade, até o valor se aproximar de uma estabilidade, como afirmado por (Bernardo *et al.*,2006). Devido o solo de textura argilosa possuir características que o tornem um solo de difícil impermeabilidade de água, por outro lado o mesmo encontrava-se seco e assim, a infiltração da água ocorreu de maneira mais acelerada.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho propunha-se a estudar os efeitos da aplicação dos fertilizantes químicos e agrotóxicos no solo de textura argilosa no distrito de Chokwé. Quanto a parte geomorfológica verificou-se que não houve mudanças nos parâmetros areia, silte e argila, mais para os nutrientes observou-se bastantes variações, para a hidromorfologia constatou-se redução da condutividade elétrica. Por tanto com base dos resultados encontrados na base de análises feitas no solo, indicaram que a área do estudo sofre com impactos da agricultura que se desenvolve na região do distrito de Chókwè, com grande movimentação do solo e uso crescente de fertilizantes químicos e agrotóxicos. Mesmo quando os fertilizantes químicos e agrotóxicos são aplicados com a melhor técnica e de modo que sejam assimiláveis pelos vegetais, a eficiência nunca será cem por cento (100 %). Provocando, em consequência um excedente que passa a incorporar-se ao solo, fixando-se a sua Porção sólida ou solubilizando-se e movimentando-se em conjunto com sua fração líquida.

6. RECOMENDAÇÕES

Depois da realização do presente trabalho constatou-se que a necessidade de estudar outros tipos de solo de Moçambique visando os impactos causados pelos fertilizantes químicos e agrotóxicos na propriedade do solo.

Recomenda-se aos futuros pesquisadores que voltem a repetir este estudo abrangido maiores áreas e que de preferência sejam estudados adubos orgânicos e inorgânicos no solo.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J.L. (2012). *Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação*, **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR.**

ANTÓNIO, D. (1999). *Aptidão do solo para produção de cana-de-açúcar em Moçambique.*

ALVES, L.C. (2012). *Faixas de suficiência e Níveis Ótimos de Atributos de Fertilidade de Solo Para a Cultura do Café em Minas Gerais. Viçosa Minas – Gerais.*

BATISTA, M.A., INOUE, T.T., ESPER NETO, M., AND MUNIZ, A.S. (2018). *Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. Capítulo 4, Maringá: EDUEM.*

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. (2008). *Manual De Irrigação. 8 ed. Viçosa: Ed. UFV, Minas Gerais, 625p.*

BARTELEGA, L. (2018). *Fertilizantes nitrogenados convencionais, estabilizados, de liberação.*

BARBOSA, J, P.; GOMES, F. V.; PINTO, F, T. (2008). *Identificação de padrões hidromorfológicos costeiros loca na zona costeira entre esmoriz e furadouro e a sua relação com os processos erosivos.*

CERETTA, C. A.; AITA, C. (2007). *Biologia do Solo, 2º semestre, Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais Curso de Agricultura Familiar e Sustentabilidade.*

CUNHA, N. G. D.A.; SILVEIRA, R. J. C D.A. (1996). *Geomorfologia, solos e capacidade de uso das terras do município de Pedro Osório. Pelotas, RS:EMBRAPACPACT. (EMBRAPA-CPACT. Documentos,9).*

CHRISTOFFOLETI,P.J.;OVEJERO,R.F.L.;DAMIN,V.;CARVALHO,DE.S.J.P.;NICO LAI,M. (2008).*Comportamento dos herbicidas Aplicados ao solo na cultura da Cana-de-açúcar, 1ª Edição, Apoio: BASF S.A. PIRACICABA – SP. lenta, controlada e blends para o cafeeiro, LAVRAS-MG.*

CROCIOLLI, & CARLOS, A. (2008). *Doses e fontes de fertilizantes nitrogenados e seus efeitos nos atributos químicos do solo, produção e estado nutricional da Brachiaria brizantha cv. XARAÉS.*

CARVALHO, & FERNANDO, J. (1995). *Factores de variacao dos resultados de analises quimicas granulometricas de fertilizantes. Brasil.*

COSTA, D.A.T. (2018). *Proposta Metodológica para Classificação de Impacto Ambiental em App Ciliar. Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL.*

- DANIEL F.; CARVALHO.; JORGE L.P.; MELLO, & LEONARDO D. B. DA SILVA (2007).** *Irrigação e Drenagem.* Maio.
- DEL, M. A. A. C; FERNANDES, M. L. L.; EDUARDO DE A. (2017).** *Impactos dos agrotóxicos na saúde do solo e humana: uma revisão, II Congresso Internacional das Ciências Agrárias COINTER – PDVAgro.*
- EMBRAPA. (2018).** *Ciclo nitrogênio no solo.* 20/10.
- EMBRAPA. (2015).** *Guia prático para interpretação de resultados de análise de solo. Tabuleiros costeiros.*
- EMBRAPA. (2010).** *Conceito de Fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais.* ISSN 1806 – 3322. Novembro.
- EBELING, et al. (2008).** *Solos e nutrição de plantas. Bragantia - Capinas.*
- FERNANDES, M. DA S. (2020).** *Avaliação do impacto da aplicação de produtos químicos e nutricionais junto ao solo e corpos hídricos em uma lavoura de cana-de-açúcar situada no interior de Minas Gerais. RIBEIRÃO PRETO – SP.*
- FREITAS, DE L; CASAGRANDE, J.C; OLIVEIRA, DE I. A; MORETI, T. C. F; CARMO, DO D. A. B (2013).** *Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. Brasil.*
- CARVALHO, F. (2019).** *O Diagnóstico Ambiental e Áreas de Influência. MANATIVA.*
- FAGUNDES, et al. (2012).** *Determinação Da Infiltração E Velocidade De Infiltração De Água Pelo Método De Infiltrômetro De Anel Em Solo De Cerrado No Município De Rondonópolis-MT. Rondonópolis, Brasil.*
- FUZER, H. (2013).** *Estudo Da Velocidade De Infiltração Básica (VIB) No Solo Da Bacia Do Rio Mourão. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal Do Paraná Coordenação De Construção Civil.*
- Figueiredo, V.C. (2010).** *Avaliação de Laboratórios de Análises de Solo, e da Fertilidade do Solo de Lavouras Cafeeiras em Produção, na Região Sul de Minas Gerais. Alfenas-MG.*
- GUEDES, B.J; BORMA, L.S; FONSECA, L.A.M. (2017).** *Análise das Características Físicas e Químicas da Turfa Existente na Região do Banhado de São José dos Campos com Vistas ao Auxílio na Identificação do Potencial de Queima Espontânea desse Material. PIBIC/INPE/CNPq.*
- GERMANDI, J.I. (2015).** *Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem de*

fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletados em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP.

HAETINGER, C.; REMPEL, C.; HERRMANN, M. F.; SILVA, G. R. (2021). *Avaliação da Sustentabilidade Ambiental de Propriedades Rurais Produtoras de Leite, Fronteiras.* **Journal of Social, Technological and Environmental Science.**

HOLDEN, P. (2015). *Soil is the stomach of the plant.*

INPNI. (1995). *Manual Internacional de Fertilidade de Solo. 2ª Edição. Paracicaba – SP-Brasil.*

KUNZ, M; BRAGA, F. V. A; REICHERT, J. M; REINERT, D. J; KUNZ, M.5; WINK, C; RODRIGUES, M. F.7; DALBIANCO, L. (2010). *Comparação de métodos de análise granulométrica para diferentes solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.* **Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (UFSM).**

KHAN, M. S. (2016). *"Impact of pesticides on soil microbial diversity, enzymes, and biochemical reactions".* **Advances in Microbiology.**

KANWAR, R. S; COLIN, T. S; KARLEN, D. L. (1997). *Ridge, moldboard, chisel and no-till effects on tile water quality beneath two cropping systems.* **Journal of Production Agricultural.**

LAPIDO, L. J.; MELAMED, R.; FIGUEREDO, N. J. (2009). *Fertilizantes agroindústria e sustentabilidade.*

LOZANDA, CLARA M.C. (2015). *Índice de qualidade do solo para avaliação do impacto de diferentes usos de manejos e suas aplicações em uma área rural de Planaltina.* **PPGEFL.DM – 258. BRASILIA/DF.**

MAPILELE, E. (1996). *O Uso de Agrotóxicos Naturais na Agricultura, Maputo.* **Departamento de Sanidade Vegetal, INIA.**

Mariana, C; Rufino, M. H. T; Todd, S; Rosenstock, P. K. T; Ken, E. G. (2018). *Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector: The case of smallholder farms in developing countries.* **Agriculture, Ecosystems & Environment.**

MAGALHÃES, A. C; BATISTA, D. R.; CARDOSO, E. J.; VIEIRA, E. B; ANDRADE, E. J. D; BARBOSA, F. E. (2014). *A Importância Dos Solos Para o Ecossistema.*

MAE. (2005). *Perfil do distrito do chókwe província de gaza,* **Ministério Da Administração Estatal.**

MENDONÇA, P. C. (2019). *A Importância do Solo para a Agricultura.*

- MARTINS, G. L. (2010).** *Determinação de Resíduos de Pesticidas em solos de Lavoura, de Arroz Irrigado Empregando Quechers Modificando e LC – MS/MS, Santa Maria – RS, Brasil.*
- MENDES A.M; SALVIANO. (2007).** *Introdução a fertilidade do solo. SFA-BA/SDC/MAPA da UFBA, em Barreiras – BA.*
- MALIK, R. N; KHAN, M. S. (2019).** "Fertilizer management practices and the potential impacts on soil properties: a review". **Environmental Science and Pollution.**
- NETO, Q. J. P. (2003).** *Geomorfologia e pedologia, GEOUSP Espaço e Tempo. São Paulo.*
- NETO, L. J. DE A. (2017).** *Indicadores da qualidade de solos sob sistema de uso no perímetro irrigado várzeas de Sousa – PB. POMBAL – PB.*
- OLIVEIRA, U.B; ROSA, H.A; BINI, L.F; RIEDO, I.C. (2016).** *Métodos de amostragem de solo em Latossolo Vermelho sob sistema plantio direto. ISSN: 2316-4093.*
- OLIVEIRA, M.F.de. (2001).** *Comportamento de herbicidas no ambiente. Guaíba: Agropecuária.*
- PREZOTTI, L. C; ANDRÉ, G. (2013).** *Guia de Interpretação de análises de solo e foliar. ES: Incaper.*
- Philippi, J. A. (2015).** *Praticais da interdisciplinaridade no ensino e pesquisa. FSP.*
- PINHEIRO, S; NASR, N. T; LUZ, D. (1998).** *Agricultura ecológica e a máfia dos agrotóxicos no Brasil. Rio de Janeiro.*
- RAIJ, B. V. (2011).** *Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. International Plant Nutrition Institute, Piracicaba.*
- REETZ, J.; HAROLD, F. (2017).** *Fertilizantes e o seu uso eficiente. Edição em Português, ANDA, São Paulo, Brasil, Setembro.*
- RIBEIRO, A.C; GUIMARÃES, P. T; ALVARES, V. (1999).** *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.*
- RODRIGUES, T. C. S.; VIEGAS, J. C.; FEITOSA, A.C. (2011).** *Impactos Ambientais Decorrentes do uso e ocupação do solo, na Comunidade Negra Jamary dos Pretos, Turiaçu – Maranhão*
- RODRIGUES.; BEATRIZ, K. (2007).** *Avaliação dos impactos de agrotóxicos na região do alto Mongi-Guançu (MG) por meio de ensaios laboratoriais com Danio rerio (Cypriniformes, cyprinidae). São Carlos.*
- SPADOTTO, C. A. (2006).** *Avaliação de riscos ambientais de agrotóxicos em condições brasileiras.*

- SILVA, J. S DOS RAMOS. (2015).** *Análise Computacional da Evolução da Hidromorfologia do Baixo Mondego em Resultado da Subida do Nível do Mar.* **Abril.**
- Silva, C.A. (2011).** *Estudo de Impactos Ambientais.* **Instituto Federal Paranã- Brasil.**
- SANTOS, M.I. (2003).** *Avaliação da qualidade da água para a rega lezíria grande de vila franca de Xira.* **Lisboa.**
- SANTOS, G.A; CAMARGO, F.A.O. (1999).** *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais.* **Gênesis: Porto Alegre.**
- SOUZA, A. P. (2017).** *Avaliação da qualidade do solo após a aplicação de esgoto doméstica tratado visando a fertirrigação.* **Caruaru.**
- SOBRAL; et al. (2015).** *Guia pratico para interpretação de resultados de análises do solo.* **Embrapa Tabuleiros Costeiros Aracaju, SE.**
- SPADOTTO, C, A. (2002).** *Classificação ambiental. Comité de meio ambiente, sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas.* [online] **Disponível: <http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas/> [Acessado em 2023].**
- UFPR. (2007).** *O Solo no Meio Ambiente, 1ª edição.* **CURITIBA – PR.**
- UCHIDA, N. S. (2015).** *Poluição do solo e da água causada pelo uso de agrotóxicos ariquemés.* **ARIQUEMES – RO.**
- SILVA, S.; BRAZÃO. (2018).** *Análise de Solo para Ciências Agrárias. 2ª Edição.* **Edufra – Belem.**
- TEIXEIRA, P. CESAR; et al. (2017).** *Manual de Métodos de Análise de Solo. 3ª Edição revista e ampliada.* **Embrapa - Brasília, DF.**
- TULLIO; LEONARDO. (2019).** *Formação, classificação e cartografia dos solos.* **Atena Editora.**

APÊNDICES

Apêndices 1: Resultados das análises granulométricas

Análises granulométricas			
Campo/ano	Areia	Argila	Silte
Campo 23/2022	19,23	3,26	77,47
Campo 23/2021	19,23	3,26	77,47
Campo 7/2022	23,78	6,66	69,55
Campo 7/2021	23,78	6,66a	69,55a
P-value(campo 23)	1,00	1,00	1,00
P-value(campo 7)	1,00	1,00	1,00
CV(%) (campo 23)	11,23	16,58	2,59
CV (%) (campo 7)	10,23	48,21	3,86

Tabela 7-Análises Granulométricas da Gleba 1 e 2

Apêndice 2- Resultados das análises químicas

Analises. Químicas	N	Ca	K	Mg	Na	CTC	P	M.O	Cea	pH (H2O)	pH (KCl)	pH da H₂O retirada na regadeira	pH da H₂O retirada no campo	Densidade
Campo/ano	Cmol/d m³	Mg/dm³	Cmol/d m³	Mg/dm³	Mg/dm³	Cmol/d m³	Mg/dm³	g/dm³						
Campo 23/2022	0,18	20,13	3,31	4,72	1,20	29,36	0,06	3,84	0,55	7,44	6,24	9,81	9,85	1,04
Campo 23/2021	5,29	19,21	1,93	7,24	0,97	29,35	0,06	10,48	7,00	7,00	5,87	10,80	10,27	1,04
Campo 7/2022	0,56	19,19	2,70	6,70	0,96	29,55	0,14	3,31	0,32	6,60	5,90	9,15	9,84	1,06
Campo 7/2021	5,49	19,17	2,56	8,18	0,53	30,44	0,16	6,57	7,10	7,67	6,65	10,14	10,16	1,06
P-value(campo 23)	0,000	0,29	0,027	0,011	0,607	0,985	0,643	0,001	0,000	0,098	0,487	0,068	0,167	1
P-value(campo 7)	0,001	0,963	0,698	0,031	0,017	0,114	0,729	0,021	0,000	0,006	0,043	0,000	0,000	0,865
CV(%) (campo 23)	13,71	5,15	18,95	11,55	44,17	2,03	13,99	12,13	5,44	3,47	9,95	4,71	3,03	1,16
CV(%) (campo 7)	21,12	1,74	15,98	7,43	17,98	1,79	33,44	21,81	7,39	3,48	5,02	0,22	0,21	1,06

Tabela 8- Resultados das análises químicas de solo 2022 e 2021 das Glebas 23 e