



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE DESENVOLVIMENTO RURAL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL

**Caracterização do Solo do Declive do Campo Experimental da ESUDER –
Pambarra 1**

Licenciatura em Engenharia Rural

Autor:

Cáimo Bilal Chutumiá

Vilankulo, Junho 2015

Cáimo Bilal Chutumiá

**Caracterização do Solo do Declive do Campo Experimental da ESUDER –
Pambarra 1**

Trabalho de Culminação de Curso
Apresentado ao Departamento de
Engenharia Rural da Universidade
Eduardo Mondlane – Escola Superior
de Desenvolvimento Rural para a
obtenção do grau de Licenciatura em
Engenharia Rural

Supervisor:

Prof. Doutor Peter Vine

UEM-ESUDER

Vilankulo

2015

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que este trabalho é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, 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 obtenção de qualquer grau académico.

Vilankulo, ____ de Junho de 2015

(Cáimo Bilal Chutumiá)

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Bilal Ismael Chutumiá e
Amélia Otilia dos Anjos (Amilaty),
meus mestres para a vida.*

*À Danifo Ismael Chutumiá e
Anilzo Ussene Chutumiá,
companheiros e irmãos*

AGRADECIMENTOS

O meu primeiro agradecimento é a ALLAH (S.T), pela protecção, pela oportunidade de viver com saúde, reunindo forças retiradas, quem sabe de onde, para que eu pudesse enfrentar todos os obstáculos nesta caminhada, que foi concluída com muita satisfação e alegria.

Aos meus pais, Bilal Ismael Chutumia e Amélia Otília dos Anjos (Amilaty), pelo apoio e incentivo para que continuasse nesta caminhada desde o primeiro dia em que iniciei o Curso de Licenciatura em Engenharia Rural. A eles que sempre acreditaram em mim e, em momento algum negaram-me ombro, sempre que um teste me corresse mal. Para eles, o meu muito obrigado e que ALLAH lhes dê saúde.

Ao meu orientador, Prof. Doutor Peter Vine, pelo acompanhamento durante este trabalho, pela oportunidade deste aprendizado e por toda a valiosa contribuição nesta pesquisa.

À Hamuza Mussagy e Josefa dos Anjos pelo apoio, preocupação e paciência desde 2011.

Aos meus irmãos Danifo e Anilzo pelo companheirismo que me proporcionaram nesta caminhada.

Aos meus amigos de batalha, Jaisson, Benildo, Domingos, Avalêncio, Alar e Aldumiro, pois estiveram presentes em cada momento desta inesquecível caminhada, para sorrir, chorar, encorajar, dar força, conhecimento, lealdade e acima de tudo a sua pura amizade.

Aos colegas de Licenciatura em Engenharia Rural e colegas da ESUDER, em especial, à Natércia, Ngungulo, Fazbem, Niquisse e Marrengula, pelas horas de estudo, por todas as suas contribuições nos trabalhos, debates e seminários.

Enfim, agradeço a todos os que de uma forma ou de outra contribuíram para a concretização deste trabalho, pois o mérito é também deles.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

a	Aceleração
AD	Disponibilidade de água
CaCl₂	Cloreto de cálcio
CC	Capacidade de campo reter água
CE_e	Condutividade eléctrica do extracto saturado
CTC	Capacidade de troca de catiões
ESUDER	Escola Superior de Desenvolvimento Rural
F	Força
INIA	Instituto Nacional de Investigação Agronómica de Moçambique
K_s	Condutividade hidráulica do solo saturado
m	Massa
M	Molar
P	Porosidade
pH	Potencial de hidrogénio
Phum sem Lata	Peso húmido sem lata
PMP	Ponto de murcha permanente
Pseco sem Lata	Peso seco sem lata
RP	Resistência penetrométrica
VIB	Velocidade de infiltração básica da água no solo
δ_g	Densidade Global

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figuras:

Figura 1– Variação de forças associadas à consistência com a variação da umidade do solo.	8
Figura 2: Água disponível	11
Figura 3 – Padrão da escala de cor de Munsell para os solos.....	12
Figura 4: Mapa referente ao campo experimental da ESUDER – Pambarra 1	15
Figura 5: Mapa topográfico do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1	16
Figura 6: VIB do solo do declive do campo experimental da ESUDER na primeira experiência.....	29
Figura 7: VIB do solo do declive do campo experimental da ESUDER na segunda experiência	30
Figura 8: VIB do solo do declive do campo experimental da ESUDER na terceira experiência.	30
Figura 9: RP do solo do declive do campo experimental da ESUDER na primeira experiência.	31
Figura 10: RP do solo do declive do campo experimental da ESUDER na segunda experiência.....	31
Figura 11: RP do solo do declive do campo experimental da ESUDER na terceira experiência.	32
Figura 12: Primeira experiência de K_s na profundidade de 0 – 30 cm	33
Figura 13: Segunda experiência de K_s na profundidade de 0 – 30 cm	33
Figura 14: Terceira experiência de K_s na profundidade de 0 – 30 cm.....	33
Figura 15: Primeira experiência de K_s na profundidade de 30 – 90 cm	34
Figura 16: Segunda experiência de K_s na profundidade de 30 – 90 cm	34
Figura 17: Terceira experiência de K_s na profundidade de 30 – 90 cm.....	34
Figura 18: Mapa referente aos limites existentes entre os solos do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1	43

Tabelas:

Tabela 1: Classes de resistência do solo à penetração.....21

Tabela 2: Classes de condutividade hidráulica do solo saturado22

Tabela 3: Descrição do perfil (cor, manchas e limite de horizontes) do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.....25

Tabela 4: Descrição do perfil (textura, estrutura e consistência) do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.....26

Tabela 5: Descrição do perfil (poros, raízes, pH e CE_e) do declive campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.28

Tabela 6: Condutividade hidráulica do solo saturado na profundidade de 0 – 30cm do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.33

Tabela 7: Condutividade hidráulica do solo saturado na profundidade de 30 – 90cm do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1. ... **Error! Bookmark not defined.**

Tabela 8: CC do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.35

Tabela 9: PMP do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.....36

Tabela 10: Densidade do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.37

Tabela 11: Porosidade do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.39

Tabela 12: AD do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.....40

LISTA DE ANEXOS E APÊNDICES

Apêndice nº 1: Teste de infiltração	I
Apêndice nº 2: Teste de resistência penetrométrica.....	III
Apêndice nº 3: Condutividade hidráulica na profundidade de 0 – 30 cm.....	IV
Apêndice nº 4: Condutividade hidráulica na profundidade de 30 – 90 cm.....	IV
Anexo nº 1: Perfil do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.	V
Anexo nº 2: Limite abrupto do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.....	VI
Anexo nº 3: Legenda da carta de solos de Inhambane referente ao solo pertencente ao campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.	VI
Anexo nº4: Carta de solos da província de Inhambane	VIII

RESUMO

O presente estudo faz uma caracterização do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1. O estudo foi feito dentro e perto duma trincheira de 2m de profundidade. O solo em estudo é de textura franco, variando de franco arenoso à franco arenoso argiloso, com uma tonalidade castanha escura na sua superfície, porém mudando para uma tonalidade cinzenta clara à medida em que a profundidade aumenta, e na última camada a cor do solo é quase branca. Tem um limite abrupto e distinto entre os horizontes 3 e 4. Este apresenta poucas manchas ao longo do perfil, apresentando uma estrutura de classe fina e muito fina, do tipo grumosa, granular e angular; e de grau simples, maciça e moderada. Quando húmido ele apresenta uma consistência que varia de muito friável a firme ao longo do seu perfil. Apresenta poucos poros e poucas raízes ao longo do perfil. Tem calcário a profundidades variáveis, na trincheira de 2m o calcário encontra-se a 104cm de profundidade, porém fora da trincheira o calcário encontra-se mais acima, podendo ser encontrado a 40cm de profundidade. O solo é alcalino, visto que este apresenta um pH maior que 7 em todo o seu perfil, variando de 7.14 a 8.41 com base em $\text{pH}_{1:2,5\ 0,01\text{M}\ \text{CaCl}_2}$ e 7.63 a 9.66 com base em água destilada. Apresenta também um teor de sais abaixo de 1m de profundidade, porém muito longe do nível de salinidade crítico. O solo apresenta uma velocidade de infiltração muito rápida, uma resistência penetrométrica à humidade na capacidade de campo alta, uma K_s muito rápida, uma capacidade de campo que varia de 22.1% a 3.2% por peso, um ponto de murcha permanente que varia de 10.7% a 1.0% por peso, uma densidade global que varia de 1139 kg/m^3 a 1911 kg/m^3 , uma porosidade que varia de 57.1% a 28.1% e uma disponibilidade de água que varia de 26 mm água/100 mm solo à 2.9 mm água/100 mm solo. Foi criado um mapa com limites deste solo.

Palavras-chave: *Solo, propriedades físicas e químicas.*

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema de estudo.....	2
1.2 Justificativa do tema.....	2
1.3 Objectivos da pesquisa.....	3
1.3.1 Geral.....	3
1.3.2 Específicos.....	3
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Generalidade dos solos.....	4
2.2 Composição dos solos.....	4
2.2.1 Composição física dos solos.....	4
2.2.2 Composição química dos solos.....	5
2.3 Parâmetros físicos de caracterização dos solos.....	5
2.3.1 Estrutura.....	6
2.3.2 Textura.....	6
2.3.3 Consistência.....	7
2.3.4 Densidade (δ_g).....	8
2.3.5 Porosidade.....	8
2.3.6. Infiltração da água no solo.....	9
2.3.7 Resistência penetrométrica.....	10
2.3.8 Condutividade hidráulica.....	10
2.3.9 Retenção de água no solo.....	11
2.3.9 Cor.....	12
2.4 Parâmetros químicos de caracterização dos solos.....	13
2.4.1 Potencial de hidrogénio (pH).....	13
2.4.2 Condutividade eléctrica do extrato saturado ou salinidade.....	13
III. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 Descrição da área de estudo.....	15
3.1.1 Localização geográfica da área de estudo.....	15
3.2 Condução do estudo.....	17
3.3 Descrição do perfil do solo.....	17
3.4 Velocidade de infiltração.....	19
3.5 Resistência penetrométrica à humidade de capacidade de campo.....	20
3.6 Condutividade Hidráulica.....	21

3.7 Capacidade de Campo	22
3.8 Ponto de Murcha Permanente.....	22
3.9 Densidade Global	23
3.10 Porosidade.....	23
3.11 Disponibilidade de água.....	24
3.12 Mapeamento	24
3.13 Metodologia de análise de dados	24
IV. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	25
4.1. Descrição do perfil do solo	25
4.1.1 Cor.....	25
4.1.2 Manchas	26
4.1.3 Limite de horizontes.....	26
4.1.4 Textura	27
4.1.5 Estrutura	27
4.1.6 Consistência	27
4.1.7 Poros.....	28
4.1.8 Raízes	28
4.1.9 Potencial de Hidrogénio	29
4.1.10 Condutividade eléctrica do extracto saturado ou salinidade	29
4.2 Velocidade de infiltração básica da água no solo	29
4.3 Resistência penetrométrica à humidade de capacidade de campo.....	31
4.4 Condutividade Hidráulica	32
4.5 Capacidade de campo	35
4.6 Ponto de murcha permanente	36
4.7 Densidade global	37
4.8 Porosidade calculada	38
4.9 Disponibilidade de água.....	40
4.10 Comparação dos resultados obtidos com os fornecidos pela carta de solos de Moçambique	42
4.11 Mapeamento.....	43
V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	45
5.1 Conclusões	45
5.2 Recomendações	46
VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

I. INTRODUÇÃO

O presente trabalho com o tema Caracterização dos solos do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1 enquadra-se na linhagem de investigação do Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Desenvolvimento Rural (ESUDER), e tem como objectivo identificar as características do solo do declive do mesmo campo, para fornecer a base de dados dessa instituição de ensino, tendo em vista também o desenvolvimento da agricultura no país.

O solo é uma camada delgada de material não consolidado que cobre a superfície da crosta terrestre. É constituído, em diversas proporções, por matéria mineral e matéria orgânica, que interactivam entre si formando conjuntos de partículas designadas por agregados, entre os quais existem espaços vazios (poros) que são preenchidos por água e ar (CORTEZ & ABREU, 2008).

As propriedades físicas do solo influenciam na escolha do melhor manejo a ser adoptado. O sucesso ou fracasso de projectos agrícolas ou de engenharia muitas vezes dependente das propriedades físicas do solo utilizado.

A cor, textura e outras propriedades físicas do solo são utilizadas na classificação de perfis e em levantamentos sobre a aptidão do solo para projectos agrícolas e ambientais (LUCAS, 2008). O conhecimento básico sobre as propriedades físicas do solo servirá como base para a compreensão de muitos aspectos que serão abordados posteriormente.

Para além das propriedades físicas, os solos também apresentam propriedades químicas e segundo SULEIMAN (2012), análise química é uma ferramenta que produtores, técnicos e pesquisadores dispõem para avaliar a fertilidade do solo e, a partir da necessidade nutricional das culturas, recomendar a correcção com calcário ou adubação.

É necessário que se conheçam todas essas características que cada um dos solos apresentam para que se saiba como elas influenciam o rendimento/crescimento da cultura, para depois se aplicar o devido manejo.

Foi a pensar nisso que o presente estudo de carácter experimental, foi desenvolvido no campo experimental da ESUDER – Pambarra 1 através de uma pesquisa para obter dados que posteriormente apresentamos.

Do ponto de vista estrutural, o presente trabalho apresenta 5 capítulos, nomeadamente; primeiro temos o capítulo introdutório que coincide com este, em que se apresenta a motivação, problematização e os objectivos que devem ser alcançados ao longo da pesquisa; no segundo

capítulo (o da revisão bibliográfica) fez-se uma confrontação de pensamentos de alguns autores sobre cada uma das características dos solos por nós estudadas; no terceiro capítulo apresentam-se os materiais e métodos usados para a obtenção dos dados que analisámos no capítulo da análise e discussão dos resultados. Por fim, apresentamos as conclusões por nós tiradas ao longo do estudo e algumas recomendações.

1.1 Problema de estudo

A constituição dos solos de Moçambique é variável, o que faz com que os solos não sejam homogêneos. De acordo com a localização geográfica, Moçambique possui uma variedade dos solos típico de regiões tropicais e subtropicais.

Existem vários sistemas de classificação dos solos, a título elucidativo temos o modelo usado pela Carta dos Solos de Moçambique¹. Este não toma em conta todos os factores necessários para uma boa caracterização dos solos, o que contribui para não apresentação das reais características que cada um dos solos possui.

Na perspectiva dos dados apresentados na carta de solos de Moçambique - Zona Sul, o campo experimental da ESUDER – Pambarra 1 apresenta um e único tipo de solo. Porém, durante alguns estudos realizados aquando das práticas de produção observou-se que este campo apresenta três solos com características diferentes.

Na presente pesquisa fez-se apenas o estudo do solo do *declive*, portanto, embora consideremos pertinentes o estudo de todos os solos do campo, os outros não constituem o foco da nossa pesquisa. Desta feita, julgamos necessário indagarmo-nos sobre “*quais são as reais características do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1*”.

1.2 Justificativa do tema

A principal motivação para o desenvolvimento desta pesquisa reside no facto de como nos referimos no ponto 1.1 o campo experimental da ESUDER – Pambarra 1 apresentar solos com características diferentes, abrindo assim espaço da realização de um estudo profundo sobre estes solos.

Também constitui motivação a ampliação da base de dados da ESUDER (usada pelos professores e estudantes durante as práticas de produção) a partir dos resultados da nossa pesquisa, pois na opinião de LIMA et al (2007), todo o conhecimento gerado sobre os solos nos últimos cem anos, tem sido utilizado por diversos profissionais tais como: produtor agrícola,

¹Carta dos solos de Moçambique – Zona Sul, é uma carta onde apresenta-se os dados referentes à características dos solos da zona sul de Moçambique.

pecuarista, engenheiro civil, engenheiro ambiental, engenheiro agrônomo, zootecnista, geólogo, geógrafo, biólogo, arqueólogo, dentre outros, algumas dessas áreas de formação são ministradas nessa instituição de ensino. Mas para além destes profissionais, a população em geral deve ser estimulada a conhecer o solo, para entender suas funções e se preocupar com a sua preservação.

1.3 Objectivos da pesquisa

1.3.1 Geral

- ✓ Caracterizar o solo do declive do campo experimental da ESUDER - Vilankulo.

1.3.2 Específicos

- ✓ Descrever o perfil do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1;
- ✓ Determinar:
 - A velocidade de infiltração básica da água;
 - A resistência penetrométrica à capacidade de campo reter água;
 - A condutividade hidráulica do solo saturado;
 - A capacidade de campo;
 - O ponto de murcha permanente;
 - A densidade;
 - A porosidade;
 - A disponibilidade de água;
- ✓ Criar mapa de limite dos solos pertencentes ao campo experimental da ESUDER – Pambarra 1;
- ✓ Comparar os resultados obtidos com os fornecidos pela carta dos solos de Moçambique.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tendo como objectivo abordar sobre as características do solo, no presente capítulo pretende-se construir uma base teórica de sustentação a partir das abordagens desenvolvidas anteriormente por alguns investigadores sobre o tema.

2.1. Generalidade dos solos

Na opinião de CORTEZ & ABREU (2008), o solo é uma camada delgada de material não consolidado que cobre a superfície da crosta terrestre.

PEREIRA (2009) defende que o solo é o recurso natural mais importante de um país, pois é dele que derivam os produtos para alimentar sua população. Plantas clorofiladas precisam de energia solar, gás carbónico, água, macro e micro nutrientes. E tanto a água como os nutrientes, com raras excepções, só podem ser fornecidos através do solo, que assim funciona como mediador, principalmente dos fluxos de água entre a hidrosfera, litosfera, biosfera e atmosfera.

A ideia de PERREIRA (2009) é sustentada por LIMA et al (2007), pois para ele o solo é o principal substrato utilizado pelas plantas para o seu crescimento e disseminação. O solo fornece às raízes factores de crescimento como suporte, água, oxigénio e nutrientes.

Para além de ser o meio pelo qual se fornece nutrientes às plantas, o solo tem múltiplas funções como vem a explicar novamente LIMA et al (2007), tais como:

- a) Regulação da distribuição, armazenamento, escoamento e infiltração da água da chuva e de irrigação;
- b) Armazenamento e ciclagem de nutrientes para as plantas e outros elementos;
- c) Acção filtrante e protectora da qualidade da água. O ser humano também utiliza o solo enquanto matéria-prima ou substrato para obras civis (casas, indústrias, estradas), cerâmica e artesanato.

2.2 Composição dos solos

O solo é composto física e quimicamente, e essas características têm múltiplas influências no que concerne ao crescimento das plantas, tal qual demonstramos no ponto que se segue.

2.2.1 Composição física dos solos

LIER (2004) defende que a composição física dos solos é muito complexa e variável, resultado da interação e mistura não-homogênea dos seus componentes. O solo é composto por três frações físicas: os sólidos (a matriz do solo), os líquidos (a solução do solo) e os gases (o ar do solo).

A fração sólida forma a matriz do solo. O espaço entre os sólidos é chamado de espaço poroso, ou poros. O tamanho e forma dos poros é directamente determinado pelo tamanho, forma e arranjo dos sólidos do solo. A solução do solo, frequentemente chamado de “água do solo” consiste em água com sais minerais e substâncias orgânicas dissolvidos e a composição da fração gasosa, também chamada de “ar do solo” é, de grosso modo, igual à da atmosfera, porém, ela contém mais dióxido de carbono e menos oxigénio, além de apresentar uma humidade relativa sempre próxima a 100%. A água e os gases ocupam o espaço poroso, os vazios entre os sólidos (LIER, 2004).

A boa conjugação destas três frações do solo é que faz com que este tenha um bom desempenho no que toca ao fornecimento de nutrientes às plantas como nos explica a posição de SULEIMAN (2012), apresentada a seguir.

2.2.2 Composição química dos solos

Na perspectiva de SULEIMAN (2012), os solos são quimicamente diferentes a partir das rochas e minerais do qual eles foram formados. Como fizemos menção no subponto anterior, é necessário que haja uma boa conjugação das frações do solo para que este tenha um bom desempenho no que toca ao fornecimento de nutrientes às plantas pois LORENZO (2010) corroborando com SULEIMAN (2012) defende também que existem solos que contêm menos água influenciando desta forma na dissolução dos produtos atmosféricos, tais como cálcio, magnésio, sódio, potássio e outros com elementos relativamente insolúveis tais como o ferro e o alumínio. Isto ocorre pela má conjugação das frações dos solos.

Ainda na opinião de LORENZO (2010), a matéria orgânica do solo é composta principalmente por carbono, hidrogénio, oxigénio, nitrogénio em menores quantidades de enxofre e outros elementos. Esta serve como um reservatório de nutrientes essenciais para as plantas, tais como o nitrogénio, fósforo e enxofre, aumenta a retenção de água no solo e aumenta a agregação e estrutura do solo.

Como se pode perceber, existe uma forte relação entre as composições física e química dos solos. A física dos solos está associada ao seu uso e manejo apropriado, esta serve para o

bom fornecimento da matéria orgânica (química dos solos) às plantas para que possam completar o seu ciclo vital.

2.3 Parâmetros físicos de caracterização dos solos

A física de solos estuda e define, qualitativa e quantitativamente, as propriedades físicas, bem como sua medição, predição e controle, com o objectivo principal de entender os mecanismos que governam a funcionalidade dos solos e seu papel na biosfera.

A importância prática de se entender o comportamento físico do solo está associada ao seu uso e manejo apropriado, ou seja, orientar irrigação, drenagem, preparo e conservação de solo e água (REINERT & REICHERT, 2006).

A seguir passamos a conhecer os parâmetros físicos por nós estudados ao longo da experiência, na perspectiva de termos fundamentação teórica para posteriormente servir de suporte na discussão e análise de dados.

2.3.1 Estrutura

Na ideia de REINERT & REICHERT (2006), a estrutura do solo refere-se ao agrupamento e organização das partículas do solo em agregados e relaciona-se com a distribuição das partículas e agregados num volume de solo.

Considerando que o espaço poroso é de importância similar ao espaço sólido, a estrutura do solo pode ser definida também pelo arranjo de poros pequenos, médios e grandes, com consequência da organização das partículas e agregados do solo.

O crescimento da planta está relacionado em parte com a estrutura do solo, pois ela influencia no crescimento da raiz que é o principal canal para o transporte da água e nutrientes para a planta.

Existem vários sistemas de classificação de estrutura dos solos, mas na realização do experimento, baseamo-nos no método proposto pelo Instituto Nacional de Investigação Agronómica (INIA, 1995), por serem os métodos para a caracterização dos solos que estão em vigor em Moçambique. Estes métodos serão detalhados no capítulo da metodologia.

3.2.2 Textura

Segundo HEINRICHS (2010), a textura do solo representa a distribuição quantitativa das partículas sólidas do solo, quanto ao tamanho (areia, silte e argila).

A seguir descrevemos a textura do solo quanto ao tamanho na perspectiva deste autor.

✓ **Fracção areia**

A fracção areia é solta, com grãos simples (não forma agregados), não plástica, não pode ser deformada, não pegajosa, não higroscópica, predominam poros grandes na massa, não coesa, pequena superfície específica, capacidade de troca de catiões (CTC) praticamente ausente.

✓ **Fracção silte**

A fracção silte é sedosa ao tacto, apresenta ligeira coesão quando seco, poros de tamanho intermediário, ligeira ou baixa higroscopicidade, superfície específica com valor intermediário, capacidade de troca iónica baixa.

✓ **Fracção argila**

A fracção argila é plástica e pegajosa quando húmida, dura e muito coesa quando seca, alta higroscopicidade, elevada superfície específica, alta CTC, poros muito pequenos, contracção e expansão, forma agregados com outras partículas.

A textura do solo tem influência no processo de retenção da água no solo, dependendo da quantidade de cargas presentes no solo para reter a água.

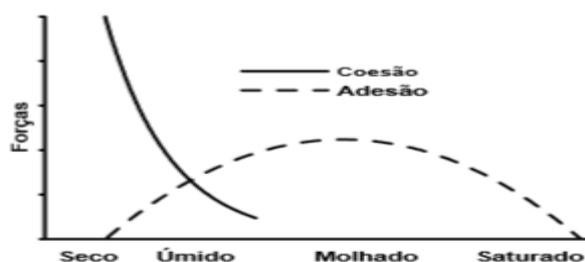
Ela pode ser avaliada directamente no campo ou no laboratório. Segundo REINERT & REICHERT (2006) no campo, a estimativa é baseada na sensação ao tacto ao manusear uma amostra de solo. A areia manifesta sensação de aspereza, o silte maciez e a argila maciez e plasticidade e pegajosidade quando molhada. No laboratório, a amostra de solo é dispersa numa suspensão e, por peneiramento e sedimentação, se determina exactamente a proporção de areia, argila e por diferença de silte. Neste experimento avaliamos a textura pelo método do campo.

2.3.3 Consistência

Retomando as ideias de REINERT & REICHERT (2006), que vimos citando e/ou parafrazeando ao longo do trabalho, estes descrevem a resistência do solo em diferentes humidades contra pressão ou forças de manipulação, ou refere-se à sensação de dureza, à facilidade de quebra ou à plasticidade e pegajosidade de um solo em diferentes humidades ao ser manipulado pelas mãos.

Esta pode ser descrita em quatro classes de humidade como: seco, húmido, molhado e saturado.

A variação da consistência com a humidade do solo é devido à influência da humidade nas forças de adesão e coesão, como é demonstrado na figura 1.



Fonte: REINERT & REICHERT (2006).

Figura 1– Variação de forças associadas à consistência com a variação da umidade do solo.

Durante a pesquisa apenas classificou-se a consistência do solo em condições húmidas, por ser a condição que permite o fornecimento de nutrientes às plantas.

Apoiando-se na ideia de THOMPSON & TROEH (2007), a consistência do solo húmido é descrita como pobre, muito friável, friável, firme, muito firme, ou extremamente firme.

Apesar do conhecimento dos vários sistemas de classificação da consistência do solo, baseamo-nos no método de classificação da consistência proposto pelo INIA (1995).

2.3.4 Densidade (δ_g)

Ainda citando REINERT & REICHERT (2006), a densidade expressa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume do solo.

Nota-se que no volume do solo é incluído apenas o volume de sólidos e o de poros do solo, colocando fora a solução do solo, porque a densidade faz menção à organização das partículas sólidas no solo.

Entretanto, havendo modificação do espaço poroso haverá alteração da δ_g . O uso principal da densidade do solo é como indicador da compactação, assim como medir alterações da estrutura e porosidade do solo. Esta influencia na resistência do solo à penetração das raízes o que reduziria o crescimento das plantas.

Os valores normais para solos arenosos variam de 1200 a 1900 kg/m³, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 900 a 1700 kg/m³. Valores de δ_g associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1650 kg/m³ para solos arenosos e 1450 kg/m³ para solos argilosos (REINERT & REICHERT, 2006).

2.3.5 Porosidade

Segundo REINERT & REICHERT (2006) o espaço do solo não ocupado por sólidos e ocupado pela água e ar compõem o espaço poroso, e eles ainda definem como sendo a proporção entre o volume de poros e o volume total de um solo.

Para HEINRICHS (2010) ela é influenciada pela:

- ✓ Textura
- ✓ Estrutura
- ✓ Tamanho, forma, regularidade das partículas
- ✓ Tendência de expansão pela água

A porosidade é inversamente proporcional à δg e é de grande importância directa para o crescimento de raízes e movimento de ar, água e solutos no solo.

2.3.6. Infiltração da água no solo

A infiltração é o nome dado ao processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. Como vem a explicar CARVALHO & SILVA (2006) este é um processo de grande importância prática, pois afecta directamente o escoamento superficial, que é o componente do ciclo hidrológico responsável pelos processos de erosão e inundações.

É uma característica de extrema importância do dimensionamento de sistemas de irrigação, pois é necessário que se conheça a taxa de infiltração do solo para que se saiba a taxa de aplicação da água no solo de modo que haja inundações no campo.

A taxa de infiltração da água no solo é alta no início do processo de infiltração, particularmente quando o solo está inicialmente muito seco, mas tende a decrescer com o tempo, aproximando-se assintoticamente de um valor constante, denominado velocidade de infiltração básica da água no solo (VIB).

2.3.6.1 Factores que afectam a infiltração

Retomando a ideia de CARVALHO & SILVA (2006), apresentamos os factores que afectam a infiltração da água no solo.

- ✓ **Intrínsecos ao solo:**
 - Porosidade: macro e microporosidade (distribuição de poros por tamanho);
 - Estrutura do solo: distribuição de agregados do solo e sua conformação;
 - Textura do solo: potencial mátrico (retenção de água), estrutura do solo (macro e microporos);

✓ **Extrínsecos ao solo:**

- Taxa de aplicação de água;
- Topografia;
- Condições de superfície;
- Preparo do solo.

2.3.7 Resistência penetrométrica

Resistência penetrométrica (RP) é a capacidade que os solos têm de resistir à penetração.

A RP é um atributo que pode indicar a qualidade dos solos para a produção das culturas. Esta resistência pode ser restritiva ao crescimento de plantas acima de valores que variam entre 1,5 a 3,0 MPa, segundo ARSHAD et al. (1996). Mas para HAMZA & ANDERSON (2005), os valores de resistência mecânica a penetração do solo entre 2 MPa e 3 MPa são considerados limitantes ao desenvolvimento radicular de várias culturas.

A redução do teor de água no solo aumenta a resistência à penetração, que segundo BELTRAME et al. (1981) citado por BENEDETTI et al (2010), este aumento é decorrente da maior coesão entre as partículas, dificultando comparações entre sistemas de manejo.

Esta característica está relacionada com a densidade e a consistência do solo, como falavamos nos pontos anteriores, estas são características ligadas à organização das partículas do solo. Elas têm extrema importância no crescimento das raízes das plantas no solo.

2.3.8 Condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica (K_s) pode ser definida como o volume de água que atravessa por unidade de tempo uma determinada área do solo sobre determinada diferença de potencial.

Segundo REINERT & REICHERT (2006) a condutividade é um coeficiente que expressa a *facilidade* com que um fluido (água) é transportado através do meio poroso (solo) e que depende, portanto, tanto das propriedades do solo como das propriedades da água.

Na opinião de COSTA (2004), a K_s é uma das propriedades físicas do solo mais importantes na determinação quantitativa e qualitativa do movimento de água no solo e no dimensionamento de sistemas de drenagem.

Esta característica é usada pelos engenheiros para expressar a permeabilidade em solos saturados, pois a K_s é a velocidade que representa um escoamento unidireccional pelo solo, se o solo for permeável. É usada para calcular quanta água irá escoar em determinada situação.

A sua determinação pode ser feita utilizando-se método de laboratório e campo.

- ✓ Método de laboratório : Permeâmetro de carga constante (Frasco de Mariotte);
- ✓ Método de campo: método do poço.

Para a determinação da K_s do solo saturado usamos o método de poço no campo, cujos procedimentos serão detalhados no capítulo da metodologia do trabalho.

2.3.9 Retenção de água no solo

A *retenção de água no solo* está voltada à capacidade do solo em reter a água, podendo ser influenciada pela *textura* e *estrutura* do solo (LORENZO, 2010).

- ✓ *Textura*: depende da presença de maior ou menor quantidade de cargas no solo para reter a água. Quanto maior a quantidade de cargas, maior a capacidade de retenção de água;
- ✓ *Estrutura*: Solos que apresentam estrutura em blocos, para proporção de argila semelhante, apresentam maior proporção de *microporos* que solos com estrutura granular, apresentando maior capacidade de retenção de água.

2.3.9.1 Disponibilidade de Água (AD)

Compreende o conteúdo de água entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), como mostra na figura 2.

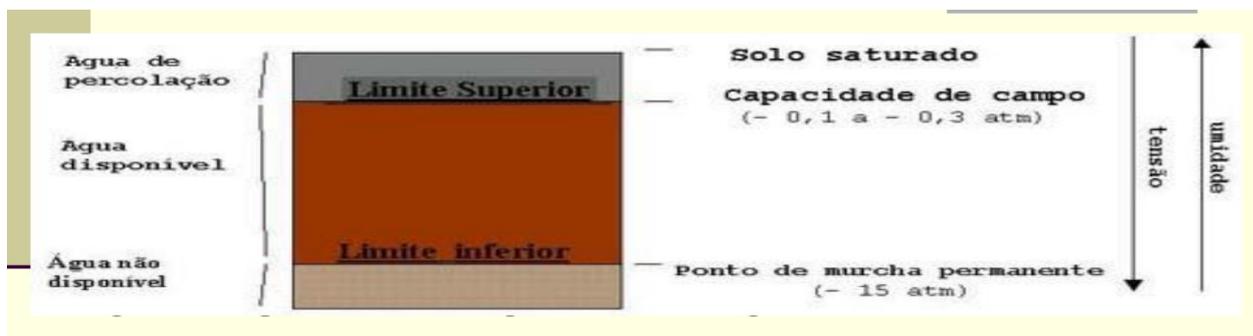


Figura 2: Água disponível

Fonte: OLIVEIRA (2010).

2.3.8.2 Capacidade de campo

Segundo LEPSCH (2002), a capacidade de campo (CC) consiste na quantidade de água retida pelo solo após a drenagem ter ocorrido ou cessado em um solo previamente saturado por chuva ou irrigação.

A CC é avaliada quantitativamente como a quantidade de água presente expressa como um percentual de massa do solo seco em estufa. A água presente no solo permanece em

capacidade de campo até que a água seja removida pelo crescimento da planta, evaporação ou até que a água seja levada por outra fonte de água (THOMPSON & TROEH, 2007).

2.3.8.3 Ponto de murcha permanente

Para LEPSCH (2002), o ponto de murcha permanente é o ponto em que a água está retida com elevada energia que a planta não consegue absorver e perde sua turgidez, ou seja, murcha.

O PMP é alcançado quando a taxa de absorção de água do solo pela planta fica tão lenta que a planta murcha e não consegue recuperar. A planta ainda consegue obter alguma quantidade de água, mas não de forma rápida suficiente para suprir as suas necessidades. Este acontece na água presente no solo quando as plantas perdem habilidade de recuperação.

Assim como a CC, o PMP é expresso como percentual de massa de solo seco em estufa.

2.3.9 Cor

A cor é uma das mais importantes características do solo, sendo utilizada para identificar e descrever os solos no campo, além de ser um atributo diferencial para muitas classes de solos nos sistemas de classificação.

Tendo em conta o sistema de classificação de Dalmolin, R. S. D. et al, (2007), a cor do solo é determinada pela comparação visual utilizando a carta de Munsell, determinando-se o matiz (comprimento de onda da luz), valor (brilho ou tonalidade) e croma (intensidade ou pureza da cor em relação ao cinza). Este sistema está baseado na percepção visual, sendo utilizado mundialmente pelos pedólogos devido a sua fácil e rápida aplicação em trabalhos de campo.

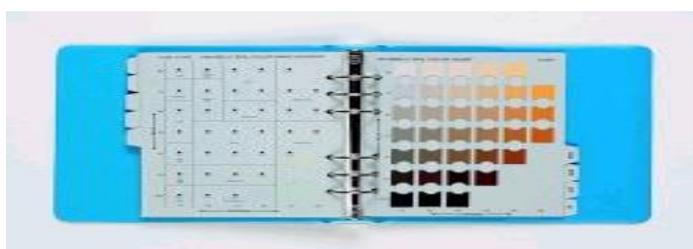


Figura 3– Padrão da escala de cor de Munsell para os solos

Fonte: Dalmolin, R. S. D. et al, (2007)

2.3.9.1 Descrição da cor dos solos

O sistema de classificação das cores do solo da Munsell Soil Charts (sistema de classificação utilizado durante a pesquisa), descreve as cores em três variáveis: *matriz*, *valor* e *croma*.

Para a percepção de cada uma das três variáveis de descrição da cor do solo apoiamo-nos em estudos feitos por THOMPSON & TROEH (2007), como mostramos nos pontos que se seguem:

- ✓ **Matriz** = refere-se ao comprimento de onda dominante sa luz reflectida pelo objecto e é definida nos termos de cinco (5) cores cardinais (azul, verde, amarelo, vermelho e roxo) e nas misturas dessas cores.
- ✓ **Croma** = refere-se à contribuição da matriz. O croma nos solos varia de 0 a 8, e está disposto nos padrões da escala de Munsell no sentido horizontal.
- ✓ **Valor** = indica a proporção de branco e de preto, varia de 0 a 10 e está disposto nos padrões da escala de cor Munsell no sentido vertical.

2.4 Parâmetros químicos de caracterização dos solos

Para o crescimento, desenvolvimento e produção das plantas, alguns parâmetros químicos são essenciais, ou seja, sem os compreendermos bem as plantas não completam o seu ciclo vital, pois eles devem participar do metabolismo da planta. Sendo assim, a seguir passa-se a conhecer os parâmetros químicos por nós estudados durante a pesquisa.

2.4.1 Potencial de hidrogénio (pH)

O potencial de hidrogénio (pH) indica a acidez ou a alcalinidade relativa de um substrato. A escala de pH cobre uma faixa de zero a 14, em que 7,0 indica pH neutro, valores abaixo de 7,0, acidez, e acima de 7,0, alcalinidade.

O pH é usado para identificar um solo que necessita de calagem. Frequentemente a quantidade de calcário é altamente variável, devido à natureza dinâmica de vários processos do solo e às interações desses processos com as plantas e os microrganismos. SULEIMAN (2012) vem a referir que a maioria dos solos agrícolas tem uma faixa de pH de 4,0 a 9,0.

2.4.2 Condutividade eléctrica do extracto saturado ou salinidade

A condutividade eléctrica do extracto saturado (CE_e) avalia a disponibilidade de nutrientes e iões tóxicos, também quantifica o potencial osmótico da água no solo. A sua quantificação tem sido a técnica mais usada e referenciada na literatura para caracterizar as

condições de salinidade do solo sendo esta a forma em que se expressa a tolerância de diferentes culturas ao efeito da salinidade.

De acordo com VIEIRA (2001), os valores de CE_{es} podem ser estimados em condições de saturação, sendo corrigidos em função dos diferentes conteúdos de água no meio.

A alteração da CE_{es} é um reflexo da mudança no conteúdo de água e/ou diluição da solução no solo.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

Como referimos anteriormente, no presente trabalho pretende-se determinar as características do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1. Após ser construída uma base teórica que pudesse sustentar o nosso estudo, passa-se a apresentar no presente capítulo os materiais e métodos utilizados para a determinação de cada uma das características do solo em estudo, apresentando alguns parâmetros que ajudaram na análise dos dados obtidos.

3.1 Descrição da área de estudo

3.1.1 Localização geográfica da área de estudo

O campo experimental da ESUDER – Pambarra 1 está localizado no Distrito de Vilankulo, nas coordenadas geográficas situadas no ponto $21^{\circ}56'23.9''S$ e $035^{\circ}07'29.7''E$. Este campo está limitado à Norte pela parcela de terra do agricultor Adriano Machava, à Sul pela parcela de terra do chefe do bairro Xibahalane, a Este pelo Rio Govuro e a Oeste Estrada Nacional nº1.

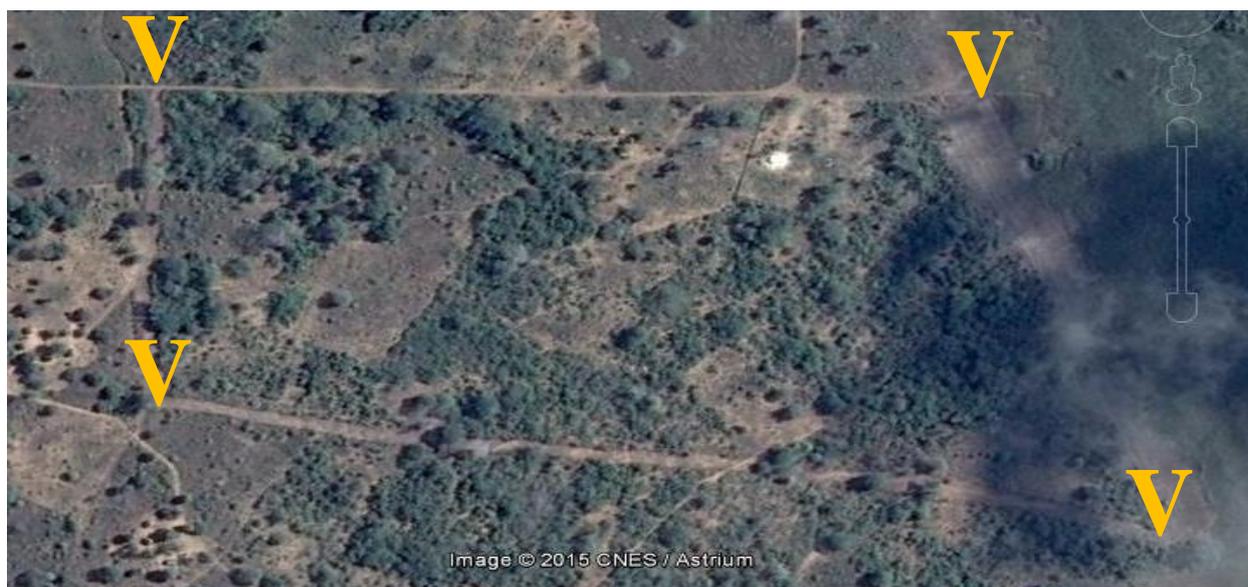


Figura 4: Mapa referente ao campo experimental da ESUDER – Pambarra 1

Fonte: *Google Earth (2015)*

Os pontos marcados pela cor amarela, são os limites do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1. A área de estudo localiza-se dentro dos limites referenciados.

Aquando das práticas dos estudantes ingressos no ano de 2012, verificou-se que próximo ao limite entre os solos da zona alta e do declive, o calcário podia ser encontrado muito próximo da superfície, daí que a trincheira para a descrição do perfil do solo foi localizada onde o calcário

estivesse nas profundidades abaixo e pudesse ser observado com detalhes as camadas que se encontram acima.

Este solo apresenta calcário à medida em que a profundidade vai aumentando, variando a partir da profundidade de 1 metro. No início o calcário não é notório, porém à medida em que a profundidade aumenta, o calcário tem sido mais abundante.

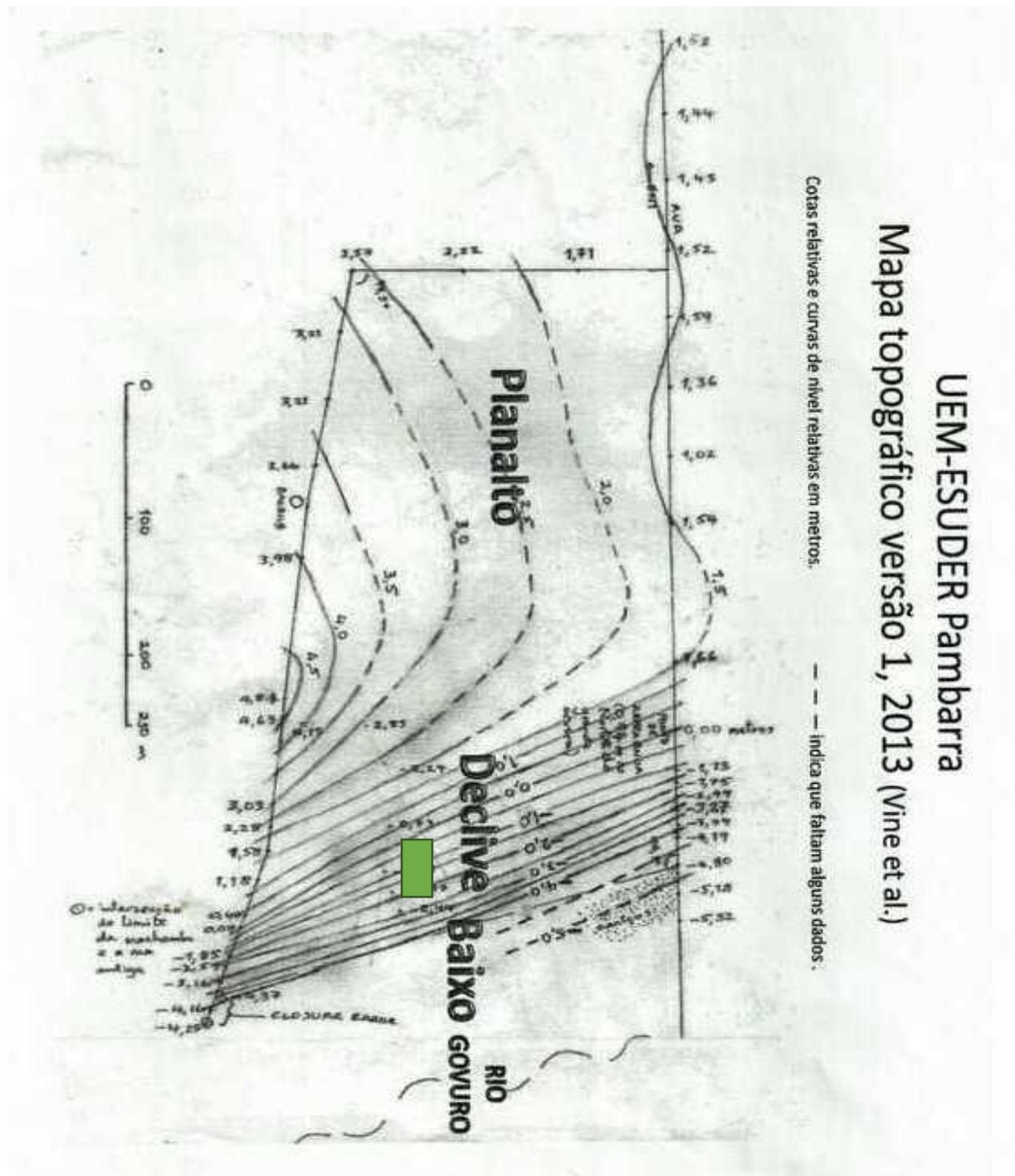


Figura 5: Mapa topográfico do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1

Nota: O rectângulo de cor verde que se encontra no mapa representa a trincheira na qual foi usada para a descrição do perfil do solo.

3.2 Condução do estudo

O estudo foi desenvolvido em dois (2) momentos. Começou-se por fazer um levantamento bibliográfico sobre o assunto, para depois desenvolver uma pesquisa primária (recolha directa de dados), que constitui a busca de dados no campo. Esta actividade esteve subdividida em duas partes que são: busca de dados no campo e análise no laboratório improvisado em casa.

Na pesquisa primária, os procedimentos para a recolha de dados para a descrição do perfil do solo, optou-se pelos métodos proposto pelo INIA/UEM (1995). No entanto para a determinação doutras características do solo, baseou-se em outros métodos que serão explicados com mais detalhes no capítulo que se segue.

3.3 Descrição do perfil do solo

Para a descrição do perfil do solo, fez-se uma trincheira de 4m³ (2m de altura, 1m de largura e 2 de comprimento). A seguir a isso procedeu-se a delimitação dos horizontes do solo pelo método de observação directa no campo, só depois é que se fez o estudo das características do solo ao longo do perfil, tais como: limite (nitidez e topografia), estrutura (grau, classe e tipo), consistência (em condições húmidas), raízes, poros e manchas (tamanho e abundância).

Como referimos no subponto anterior, para a descrição do perfil do solo baseou-se nos métodos propostos pelo INIA/UEM (1995), exceptuando algumas características como o pH, textura, salinidade e cor do solo que baseou-se noutros métodos que passamos a descrever:

a) Cor

A cor do solo foi determinada com o solo em condições húmidas, através da comparação visual entre as cores do solo e a carta de Munsell, tendo sido analisadas um total de 18 amostras numa profundidade de 0 a 2 metros.

A descrição da cor do solo foi determinada fora da luz directa do sol. Foram usadas duas fases para a determinação. A primeira fase consistiu em usar as cores da cópia imprimida de scan do livro padrão que permitiu a obtenção dos dados preliminares, de seguida compararam-se os dados obtidos pelas cores da cópia com as cores do livro padrão. O objectivo de usar em primeiro as cores da cópia foi de evitar a contaminação do livro das cores padrão.

b) Textura

A textura foi determinada a partir do catálogo de classificação da textura usando o tacto proposto por método da (USDA, 1979), colocando 25g de solo bem agitado na palma da mão, adicionando água em menor quantidade e misturado até o solo formar ou não formar bolo, continuando até ao processo de formação de fita.

c) Potencial de hidrogénio

Durante a experiência, determinou-se o pH do solo com base em 0.01M de cloreto de cálcio (CaCl_2) e com base em água destilada. Com água destilada por ser o método mais comum, porém essa água influencia em parte na determinação do pH e com base em CaCl_2 por ser um método representativo e mais correcto do que o uso da água destilada.

O pH do solo foi analisado usando o pHmetro digital de marca EXTECH de pH nº160511 bem calibrado em solução de tampão de pH 4,01 e outra Solução de tampão de pH 7,00 até o aparecimento da designação L, M o que significa boa calibração nos níveis mínimo e médio. Após a calibração do material de medição fez-se a medição de água da torneira, água destilada, vinagre e nas duas soluções acima descritas usando o pHmetro e papel de medição de pH a fim de comparar os resultados obtidos e garantir o nível de credibilidade dos mesmos. Os dois medidores tiveram resultados semelhantes de pH em todas soluções e a partir daí prosseguiu-se com a medição do pH do solo das amostras correspondentes a 0 a 2 metros de profundidade.

Os resultados foram obtidos a partir da mistura 3,2 mL de solo e 8,0 mL ($2.5 \times 3.2\text{mL}$) de cloreto de cálcio para pH com base em 0.01M de CaCl_2 e 3,2 mL de solo e 8,0 mL de água destilada para pH com base em água destilada (obtida no laboratório de solos da FAEF, Maputo). Os volumes foram medidos numa seringa plástica sendo posteriormente colocadas num plástico transparente e agitada a suspensão até 10 minutos e depois deixou-se repousar por 5 minutos.

d) Condutividade eléctrica do extracto de solo saturado

Para a determinação da CEE do solo usou-se apenas água destilada, uma vez que a água destilada não contém um nível de sais significativo, o que não alteraria o nível de salinidade do solo.

Para a sua determinação misturou-se 4mL de solo com 20mL de água destilada, agitou-se com a mão durante 10 min e depois deixou-se repousar por 5 min e fez-se a leitura a partir do

condutivímetro de marca EXTECH. De seguida procedeu-se a medição da CE_e , usando a correlação seguinte:

$$CE_e = -0.1893 + 3.031 * \frac{CE_5}{1000} \quad (1)$$

Fonte: EUDOXIE & CARTER (2006)

Onde: CE_e = condutividade eléctrica do extracto de solo saturado

CE_5 = condutividade eléctrica do extracto de solo saturado na proporção 1:5

-0.1890, 3.031 = coeficientes para a determinação CE_e

1000 = constante para a redução de unidades de $\mu\text{S}/\text{cm}$ para mS/cm

Segundo VIEIRA (2001), o solo é considerado salino quando apresenta condutividade eléctrica superior a 4 mS/cm .

Com este método é possível obter um grau de precisão satisfatório em estudos de caracterização de grande escala. Para além disso, este método tem uma forte correlação com o método da pasta saturada (outro método que pode ser usado para estudo de salinidade), como se verificou em todos os catorze (14) solos estudados por EUDOXIE & CARTER (2006), permitindo a conversão dos indicadores de salinidade.

3.4 Velocidade de infiltração

Para caracterização da VI do solo, foi utilizado o método do infiltrómetro de anéis concêntricos, composto por dois anéis metálicos, ambos com 24 cm de altura, o maior com 58cm de diâmetro e o menor com 29cm de diâmetro cravados ao solo 12cm, restando 12 cm fora.

Cortou-se a vegetação e colocou-se os cilindros de forma vertical sem abanar (externo e interno), subindo nos cilindros. De seguida colocou-se capim para evitar danificar a estrutura do solo por impacto de água. Colocou-se água nos cilindros externo e interno, com leituras realizadas somente no cilindro interno, pois o externo é utilizado apenas para que seja neutralizado o efeito da infiltração lateral. A partir da leitura inicial da altura de água, com régua graduada, o capim foi retirado e iniciou-se a contagem de tempo para a infiltração da água no solo, com reposição da água sempre que infiltrasse 20mm na régua graduada. Foram feitas leituras até que o tempo ficasse mais ou menos constante e por fim usou-se a seguinte fórmula para a determinação da VI :

$$VI = \frac{20}{t} \quad (2)$$

Onde: VI = Velocidade de Infiltração (mm/h)

20 = Milímetros de água infiltrados por leitura (mm)

t = Tempo necessário para infiltrar 20mm de água no solo (h)

Segundo os critérios dos ESTADOS UNIDOS (1951) citado por PARAHYBA et al (2006), os valores de VI são os seguintes:

- ✓ VI muito rápida: > 250 mm/h
- ✓ VI rápida: 250 – 125 mm/h
- ✓ VI moderadamente rápida: 125 – 63 mm/h
- ✓ VI moderada: 63 – 12.5 mm/h
- ✓ VI moderadamente lenta: 12.5 – 5 mm/h
- ✓ VI lenta: 5 – 1.3 mm/h
- ✓ VI muito lenta: <1.3mm/h

3.5 Resistência penetrométrica à humidade de capacidade de campo

Para a determinação da RP do solo, usou-se o penetrómetro manual de 1m de altura, com diâmetro do cone de 0.01277m. Ao instrumento foi ligada uma balança para registar o peso em função da profundidade, sendo exercido uma velocidade constante pelo operador e verificação da massa na balança de forma contínua pelo registador.

O estudo foi feito um dia após o estudo da infiltração. Fez-se cinco (5) estudos em cada local de infiltração. A cada 10cm de perfuração do solo o registador ditava a massa registada na balança.

Para o cálculo da RP, primeiro calculou-se a força aplica pela seguinte fórmula:

$$F = m * g \quad (3)$$

Onde: F = força (N)

m = massa (kg)

g = aceleração de gravidade que vale 9.81 m/s²

De seguida usou-se a fórmula de pressão:

$$P = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Onde: P = pressão (N/m²)

F = força (N)

A = área em (m²)

Tabela 1: Classes de resistência do solo à penetração

Classe	Resistência à penetração (MPa)
Extremamente baixa	< 0,01
Muito baixa	0,01-0,1
Baixa	0,1 – 1,0
Moderada	1,0 – 2,0
Alta	2,0 – 4,0
Muito alta	4,0 – 8,0
Extremamente alta	> 8,0

Fonte: ARSHAD *et al.* (1996).

3.6 Condutividade Hidráulica

No presente estudo baseou-se no método de poço para a determinação da K_s , onde fez-se uma pré saturação do solo para posteriormente abrir-se um buraco de 30cm e outro de 90cm usando sonda de tubo e foi-se metendo água constantemente até ao topo do buraco (não deixando que a água baixasse e nem que ela transbordasse) no buraco de 0 a 30cm. No buraco de 30 a 90cm usamos instrumento de nível criado pelo professor Vine, para manter nível a 30cm. A cada litro de água fazia-se a leitura do tempo. De seguida usou-se a seguinte fórmula para a determinação da K_s :

$$K_S = \frac{Q}{\pi r^2 + \pi d h} * 60 \frac{s}{\min} * 60 \frac{\min}{h} * 24 \frac{h}{\text{dia}} \quad (5)$$

Fonte: FAEF (1998)

Onde: K_s = Condutividade Hidráulica do solo saturado (m/dia)

Q = Caudal de tendência final (m³/s)

r = raio do tudo da sonda (m)

d = diâmetro do tubo da sonda (m)

h = profundidade da água no buraco (m)²

² A condutividade hidráulica do solo saturado foi determinada em diferentes profundidades. Logo, a altura da água no buraco varia.

$h = 0.30\text{m}$ para K_s de 0 – 30 cm

$h = 0.60\text{m}$ para k_s de 60 – 90 cm

Tabela 2: Classes de condutividade hidráulica do solo saturado

Classes de K_s	Valores (m/dia)
Muito lenta	< 0,03
Lenta	0,03 a 0,12
Moderadamente lenta	0,12 a 0,48
Moderada	0,48 a 1,5
Moderadamente rápida	1,5 a 3,0
Rápida	3,0 a 6,0
Muito rápida	> 6,0

Fonte: COSTA (2004).

3.7 Capacidade de Campo

A CC foi determinada a partir da colheita das amostras no campo até 2 metros de profundidade, retiradas 24h após o teste de infiltração, foram retiradas usando sonda de tubo de 20 em 20 centímetros nos locais onde foram feitos os testes de infiltração. As amostras foram retiradas cuidadosamente e removendo a contaminação usando faca. De seguida foram pesadas anotando o peso do solo húmido e do recipiente limpo (latas de sardinha) a partir da balança de $\pm 0.1g$, só depois foram levadas à estufa onde submeteu-se a uma temperatura de $103.5^{\circ}C \pm 1.5$ durante 24 horas. Depois de retirar-se da estufa pesou-se novamente a amostra para obter-se o peso seco e por fim usou-se a seguinte fórmula para a determinação da CC:

$$CC = \frac{P_{hum\ sem\ Lata} - P_{seco\ sem\ Lata}}{P_{seco\ sem\ Lata}} * 100 \quad (6)$$

Onde: CC = Capacidade de Campo (%)

$P_{hum\ sem\ Lata}$ = Peso húmido sem lata (g)

$P_{seco\ sem\ Lata}$ = Peso seco sem lata (g)

100 = Constante para a transformação da CC em unidade percentual.

3.8 Ponto de Murcha Permanente

Para a determinação do PMP, as amostras foram retiradas a partir da sonda de tubo 24h após a infiltração. De seguida as amostras foram levadas à ESUDER onde foi feito um ensaio usando a cultura de milho. As amostras foram colocadas numa lata de sardinha, tendo sido evitado a compactação durante o processo. Em cada lata foram colocadas duas sementes de milho pré-germinadas. As latas foram colocadas debaixo dum telhado. A rega era feita duas vezes por dia, até as plantas possuírem 10 a 15 cm de altura com mínimo de três folhas para

cada. Atingida esta condição, o humedecimento do solo foi suspenso e sua superfície coberta com vela deixando-se apenas dois orifícios para as passagens das hastes das plantas, e esses orifícios posteriormente cobertos com algodão para evitar a evaporação da água. Ao apresentar sintomas de murchamento incipiente, plantas foram transferidas para o laboratório de umidade as 17h00 e retiradas as 05h00. As plantas que recuperassem pelo menos uma parte duma folha retornavam ao laboratório de PMP. As que não recuperassem no laboratório de umidade durante a noite eram consideradas como plantas que atingiram o PMP. Logo eram removidos os restos de velas e raízes do solo. As amostras foram encaminhadas para estufa e mantidas a temperatura de $103.5^{\circ}\text{C} \pm 1.5$. Primeiro mediu-se o peso do solo húmido e após o processo de secagem foi determinado o peso do solo seco com a utilização da balança de $\pm 0.1\text{g}$ e foi usada a equação (6) para a determinação do PMP.

3.9 Densidade Global

Foram retiradas amostras junto ao perfil do solo com base num cilindro de aço de diâmetro e altura de 67.905mm e 67.545mm respectivamente, com auxílio de uma faca, martelo, catana e conservadas nos plásticos. Para a determinação do diâmetro e da altura do cilindro, usou-se o instrumento de nome Vernier Caliper, medido mais de 4 vezes para reduzir os prováveis erros. De seguida foi levado à estufa onde submeteu-se a uma temperatura de $103.5^{\circ}\text{C} \pm 1.5$ durante de 24 horas. Após as 24 horas observou-se ainda presença de umidade, daí colocou-se por mais 24 horas. Depois de retirar-se do forno pesou-se a amostra e o recipiente para obter-se o peso seco e por fim usou-se a seguinte fórmula para a determinação da δ_g :

$$\delta_g = \frac{P_{\text{seco sem lata}}}{\pi r^2 h} \quad (7)$$

Fonte: FAEF (1998)

Onde: δ_g = Densidade Global (kg/m^3)

$P_{\text{seco sem lata}}$ = peso seco sem lata (kg)

r = raio do cilindro (m)

h = altura do cilindro (m)

3.10 Porosidade

A porosidade foi determinada mediante a seguinte fórmula:

$$P = \left[1 - \left(\frac{\delta_g}{2650} \right) \right] * 100 \quad (8)$$

Fonte: FAEF (1998)

Onde: P = porosidade (%)

δ_g = Densidade Global (kg/m^3)

2650 = Densidade das partículas, a maioria dos solos do mundo apresenta densidade das partículas igual a 2650 kg/m^3 e os solos de Moçambique também.

100 = Constante para a transformação da porosidade em unidade percentual.

3.11 Disponibilidade de água

A disponibilidade de água foi determinada mediante a seguinte fórmula:

$$AD = (U_{CC} - U_{PMP}) * \delta_g * 10^{-3} \quad (9)$$

Fonte: FAEF (1998)

Onde: AD = Disponibilidade de água (mm de água/mm de solo)

U_{CC} = Humidade na capacidade de campo (%)

U_{PMP} = Humidade no ponto de murcha permanente (%)

δ_g = Densidade Global (kg/m^3)

10^{-3} = Constante para redução de unidades

3.12 Mapeamento

Para a determinação dos limites existentes entre os três solos (planalto, declive e baixa), baseamo-nos na perfuração do solo usando sonda holandesa, até 40 cm de profundidade entre termiteiras de cores distintas existentes ao longo do campo, até achar mistura entre dois solos.

Primeiro perfuramos o centro entre as termiteiras para saber a que solo o ponto pertencia. Se pertencesse ao solo do planalto, perfuravamos entre o ponto obtido e a termiteira do declive assim sucessivamente até achar o ponto onde havia mistura entre os dois solos. Se o ponto médio fosse do solo pertencente ao declive, fazíamos os mesmos passos mas em direcção à termiteira do planalto.

3.13 Metodologia de análise de dados

Para a tabulação e análise de dados fizemos o cruzamento das informações e a crítica dos resultados mediante o uso de tabelas e gráficos que nos facilitaram a discussão dos resultados obtidos comparados com as demais literaturas que abordam sobre o tema.

IV. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Na perspectiva de se fazer um estudo referente às características do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1, neste capítulo serão apresentados os dados obtidos ao longo do estudo. Esses resultados serão sustentados mediante estudos feitos por alguns autores mencionados nos capítulos da *revisão bibliográfica e materiais e métodos*, estabelecendo-se discussões acerca de cada uma das características que o solo apresenta.

4.1. Descrição do perfil do solo

Neste subponto iremos analisar as características que existem ao longo do perfil do solo que podem ser estudadas mediante a observação directa no campo.

Tabela 3: Descrição do perfil (cor, manchas e limite de horizontes) do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

Camada	PROF.	COR				MANCHAS			LIMITE DE HORIZONTES	
	De (cm)	Matiz	Valor	Croma	Designação	a	t	l	Nitidez	Topografia
	Até (cm)									
1	0	7.5R	2	1	Preto avermelhado	P	Up	D	G	Pl
	25									
2	25	10R	2	1	Preto avermelhado	C	Pe	D	N	Pl
	37									
3	37	7.5R	4	2	Vermelho acinzentado	P	M	N	A	Pl e O
	66									
4	66	10R	5	2	Vermelho acinzentado	R	M	D	G	O
	104									
5	104	7.5YR	7	1	Cinzento acastanhado claro	R	U	E	N	O
	144									
6	144	5YR	8	1	Cinzento Claro	R	U	E	N	O
	200									

Legenda: P – poucas; C – comuns; R – raras; Up – muito pequenas; Pe – pequenas; M – médias; D – difuso; N – nítido; E – evidente; G – gradual; A – abrupto; Pl – plano; O – ondulado.

4.1.1 Cor

A partir da tabela 3 podemos observar que à medida que a profundidade vai aumentando, o solo vai ganhando tonalidade clara. Nas primeiras duas camadas o solo apresenta uma cor preta com tom avermelhado, nas camadas seguintes o solo vai ganhando mais claridade devido a

presença do calcário no solo, apresentando-se com uma cor cinzenta avermelhada, e na última camada o tom avermelhado desaparece, apresentando uma cor cinzenta clara.

4.1.2 Manchas

O solo apresenta poucas manchas ao longo do perfil, dentre elas podemos destacar as muito pequenas, as pequenas e as médias (tabela 3). Nas primeiras duas camadas as manchas não se percebem facilmente, apresentando um limite difuso, só nas últimas duas camadas é que se pode observar com facilidade a presença de manchas muito pequenas, sendo elas muito raras de serem encontradas.

4.1.3 Limite de horizontes

Quanto a *topografia* podemos ver a partir da tabela 3 que nas camadas 1 e 2 o limite é plano, na terceira camada o limite é plano e ondulado, e nas últimas 3 camadas o limite é ondulado. Quanto à *nitidez*, na primeira camada o limite é gradual, na segunda é nítido e na terceira é abrupto, pois é onde começa a se sentir a presença de calcário no solo. Na quarta camada o limite volta a ser gradual e nas últimas camadas o limite é nítido.

Tabela 4: Descrição do perfil (textura, estrutura e consistência) do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

Camada	PROF.		TEXTURA	ESTRUTURA			CONSISTÊNCIA
	De (cm)	Até (cm)		Grau	Classe	Tipo	
	Húmida						
1	0	25	Franco arenosa	GS	UF	GM	UFR
	25						
2	25	37	Franco arenosa	Ma	UF	GR	FR
	37						
3	37	66	Franco arenosa	Ma	F	GR	FR
	66						
4	66	104	Franco	Fr	F	LA	FI
	104						
5	104	144	Franco	Fr	UF	AA	FI
	144						
6	144	200	Franco arenoso argiloso	M	F	LA	FI
	200						

Legenda: Gs – graus simples; Ma – maciço; Fr – fraco; M – moderado; UF – muito fino; F – fino; GM – grumoso, GR – granular; LA – laminiforme angular; AA – anisiforme angular; UFR – muito friável; FR – friável; FI – firme.

4.1.4 Textura

O solo é de textura franco, com isso podemos afirmar que é um solo adequado para o cultivo, pois tem uma textura equilibrada. Nas primeiras 3 camadas o solo é *franco arenoso*, onde a quantidade de areia supera o teor de silte e de argila presente no solo. Nas 2 camadas seguintes o teor de silte e de argila vai aumentando, tornando o solo apenas *franco*. Na última camada o solo se apresenta com uma textura *franco areno argilosa*. A partir da quarta camada (onde começa a ganhar textura apenas franco) o solo começa a oferecer uma certa resistência do solo à penetração, porém o crescimento do sistema radicular das plantas não está de todo comprometido, pois o solo apresenta uma resistência penetrométrica dentro dos parâmetros recomendados, como vamos observar posteriormente.

4.1.5 Estrutura

A partir da tabela 4, podemos observar que este solo se enquadra nas *classes* de estrutura fina e muito fina. No que se refere ao *tipo* de estrutura, na primeira camada a sua estrutura é grumosa, na segunda e terceira camadas a estrutura é granular, e nas últimas três este apresenta uma estrutura angular. Quanto ao *grau* na primeira camada o solo é de grau simples, nas camadas 2 e 3 o grau é maciço, nas camadas 4 e 5 é fraco e na última camada o grau da estrutura é moderado. Isso nos permite afirmar que à medida que a profundidade aumenta o arranjo entre as partículas também aumenta, e com isso o espaço poroso existente no solo vai diminuindo e por conseguinte vai aumentando a densidade do solo à medida que a profundidade também aumenta.

4.1.6 Consistência

Quanto a consistência podemos observar que quando húmido este solo varia de muito friável à firme. Na primeira camada o solo quando húmido tem uma consistência muito friável, na segunda e terceira camadas o solo tem uma consistência friável e nas restantes camadas a consistência é firme.

Tabela 5: Descrição do perfil (poros, raízes, pH e CE_e) do declive campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

Camada	PROF.	POROS		RAÍZES		pH	CE _e (mS/cm)
	De (cm)					0.01M CaCl ₂	
	Ate (cm)	Abundância	Tamanho	Abundância	Tamanho	água destilada	
1	0	C	M e MG	P	UF, F, M e G	7.14	-0.035 ≈ 0
	25					7.63	
2	25	P	F, M e G	R	F, M e G	7.04	-0.076 ≈ 0
	37					7.97	
3	37	R	M	R	M e G	7.21	-0.073 ≈ 0
	66					8.06	
4	66	R	UF e F	R	M e G	7.47	0.037
	104					8.39	
5	104	R	UF	-	-	7.95	0.231
	144					9.02	
6	144	R	UF	-	-	8.41	0.944
	200					9.66	

Legenda:

P – poucas; C – comuns; R – raras; MG – médias grosseiras; M – médias; F – finas, UF – Muito finas.

4.1.7 Poros

Podemos observar a partir da tabela 5 que os poros vão diminuindo quanto ao *tamanho* assim como quanto à *abundância* ao longo do perfil. No que concerne ao tamanho nas primeiras 3 camadas o solo apresenta poros médios e médios grosseiros e nas últimas camadas ele apresenta poros finos e muito finos. E quanto à abundância ele varia de comum à raros. Na primeira camada os poros são comuns, na segunda são poucos e nas restantes camadas os poros são raros.

4.1.8 Raízes

O solo apresenta poucas raízes ao longo do perfil. Quanto à *abundância* eles variam de poucas à raras, sendo na primeira camada poucas e nas camadas 2,3 e 4 raras. E quanto ao

tamanho variam de muito finas à grosseiras. Na primeira camada ele apresenta raízes muito finas, finas, médias e grosseiras. Na segunda camada já não existem as raízes muito finas, tendo apenas as raízes finas, médias e grosseiras. Nas camadas 3 e 4 o solo só apresenta raízes médias e grosseiras. Nas últimas duas camadas não tem raízes.

4.1.9 Potencial de Hidrogénio

O solo é alcalino, pois apresenta um pH maior que 7 em todas as camadas. Apesar de ser alcalino o solo apresenta um pH dentro das normas padrões aceitáveis pois segundo LOPES et al (1991), em solos podem ser encontrados valores de pH usando CaCl_2 que variam de 3 a 10. Ainda LOPES et al (1991) refere que para um bom crescimento das culturas o pH deve variar de 4 a 7.5 e nas últimas camadas o solo apresenta um pH acima dos 7.5, então deve-se reduzir o teor de alcalinidade fazendo a lixiviação do solo.

4.1.10 Condutividade eléctrica do extracto saturado ou salinidade

Nas primeiras 3 camadas não há ocorrência de sais no solo, a partir da quarta camada à camada final começa a ser notório a presença de teores de sais, porém essa salinidade não é prejudicial ao crescimento das culturas pois segundo VIEIRA (2001), o solo é considerado salino quando apresenta condutividade eléctrica superior a 4 mS/cm.

4.2 Velocidade de infiltração básica da água no solo

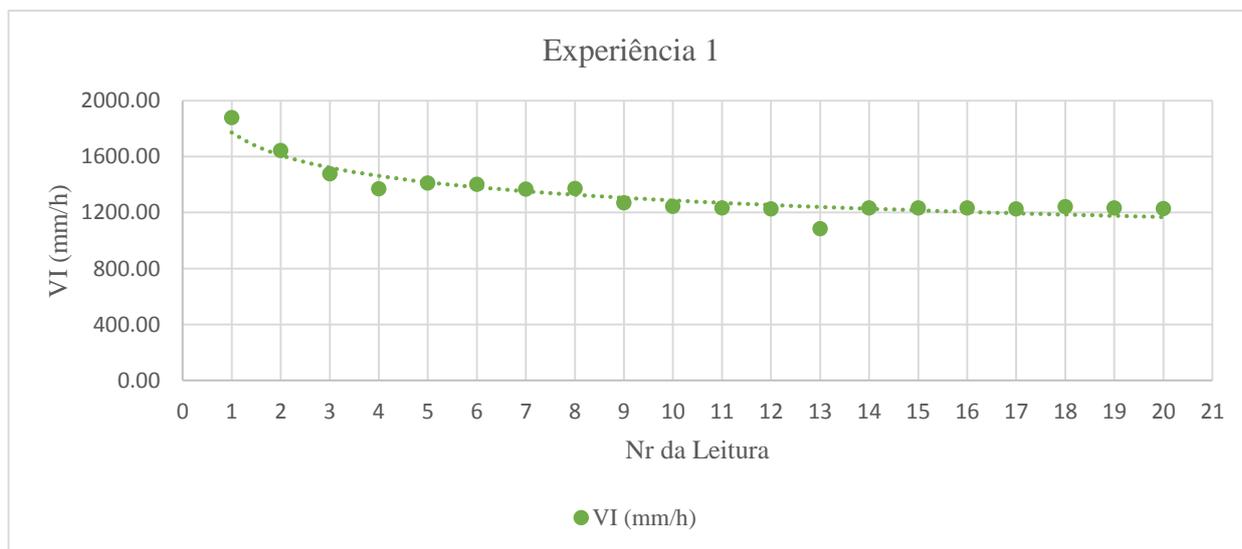


Figura 6: VIB do solo do declive do campo experimental da ESUDER na primeira experiência

O gráfico da VIB nos mostra que na experiência 1 a infiltração inicia com uma velocidade de 1877.93 mm/h e só na décima quinta leitura é que ela vai se mantendo constante onde retirou a VIB que equivale a 1330 mm/h.

Na segunda experiência a infiltração inicia com uma velocidade de 1167.50 mm/h e se mantém constante na décima terceira leitura e a VIB equivale a 811 mm/h.

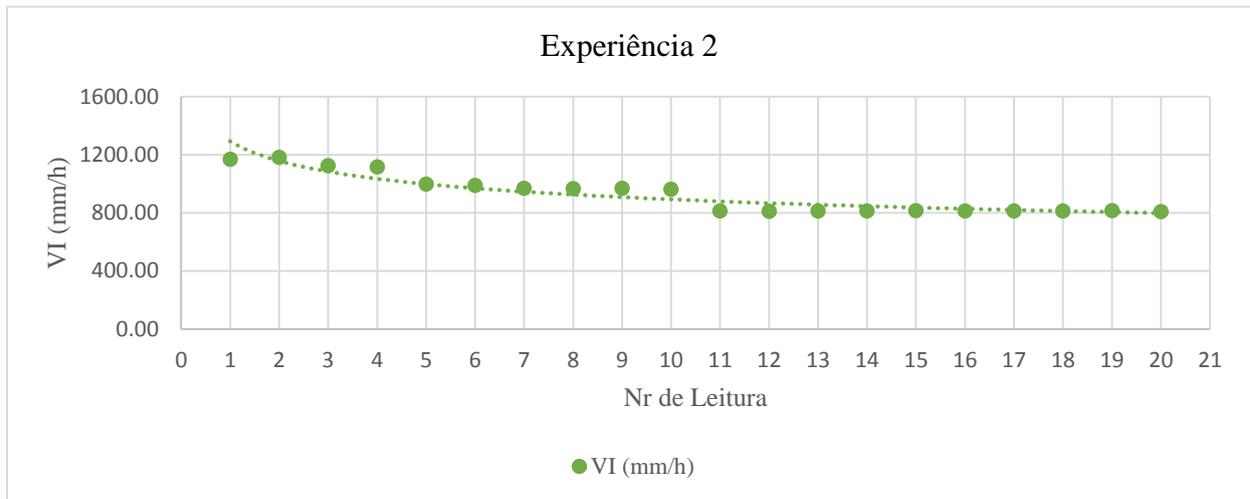


Figura 7: VIB do solo do declive do campo experimental da ESUDER na segunda experiência

Na terceira experiência a infiltração inicia com velocidade de 2420.17mm/h e se mantém constante a partir da leitura 13 com VIB igual a 1550 mm/h.

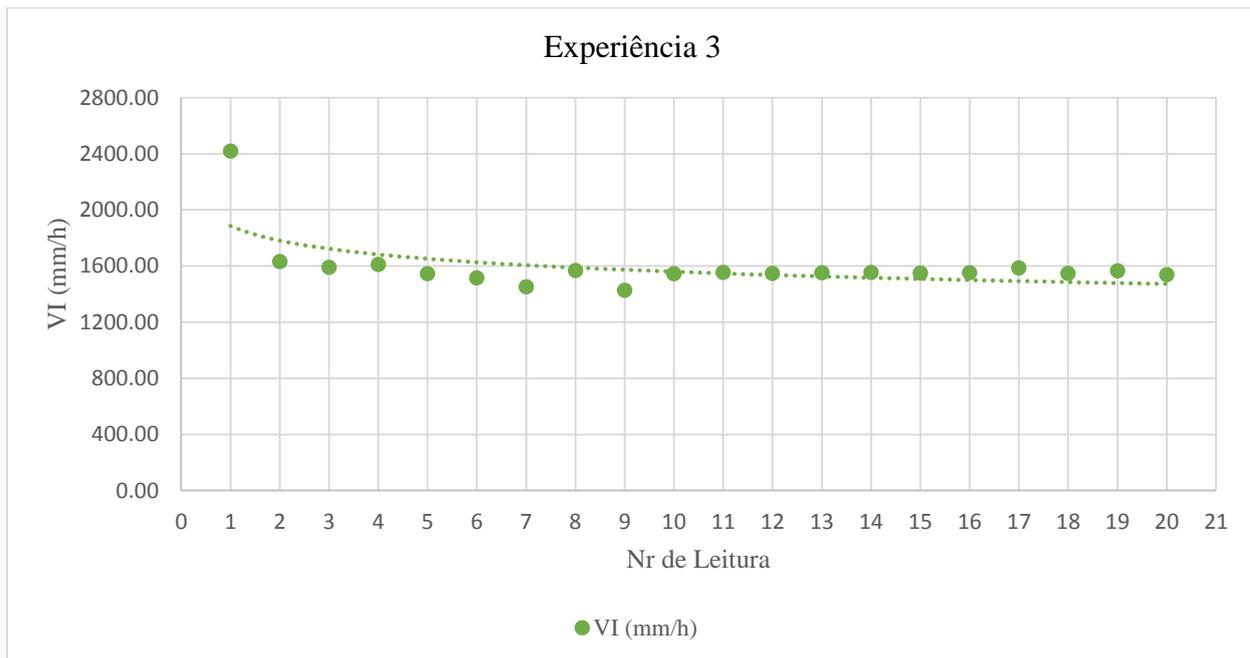


Figura 8: VIB do solo do declive do campo experimental da ESUDER na terceira experiência.

Em todas as experiências a VIB foi maior que 250 mm/h, com isso podemos afirmar que o solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1 apresenta uma *VIB muito rápida*, pois segundo os estudos feitos nos ESTADOS UNIDOS (1951), solos com VIB maior que 250 mm/h são considerados solos com VIB muito rápida.

4.3 Resistência penetrométrica à humidade de capacidade de campo

No figura 9 são apresentados os dados da primeira experiência referentes a RP do solo em estudo. Pode-se ver a partida que a RP vai aumentando à medida que a profundidade também vai aumentando. Da L1 à L3 a diferença da RP entre leituras é pequena, essa diferença vai aumentando a partir da L4 isto pode ser devido a presença de calcário no solo que faz com que a estrutura e textura do solo sejam diferentes das camadas acima, criando deste modo uma maior resistência do solo a ser penetrado, pela pegajosidade e coesão das partículas, diminuindo de certa forma os espaços porosos existentes no solo.

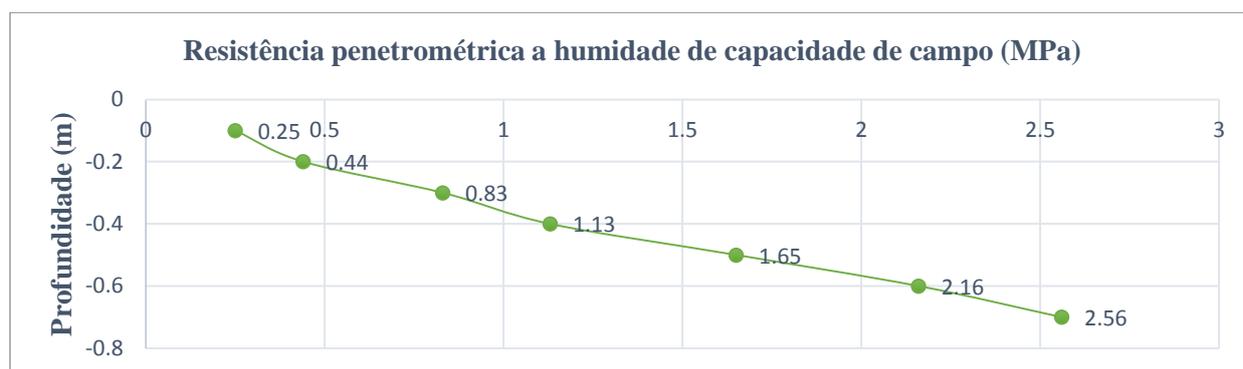


Figura 9: RP do solo do declive do campo experimental da ESUDER na primeira experiência.

O mesmo ocorreu na segunda experiência como pode-se observar no figura 10. Esta experiência foi desenvolvida nível abaixo da primeira experiência, daí o facto de a RP ser um pouco maior em relação a experiência anterior.

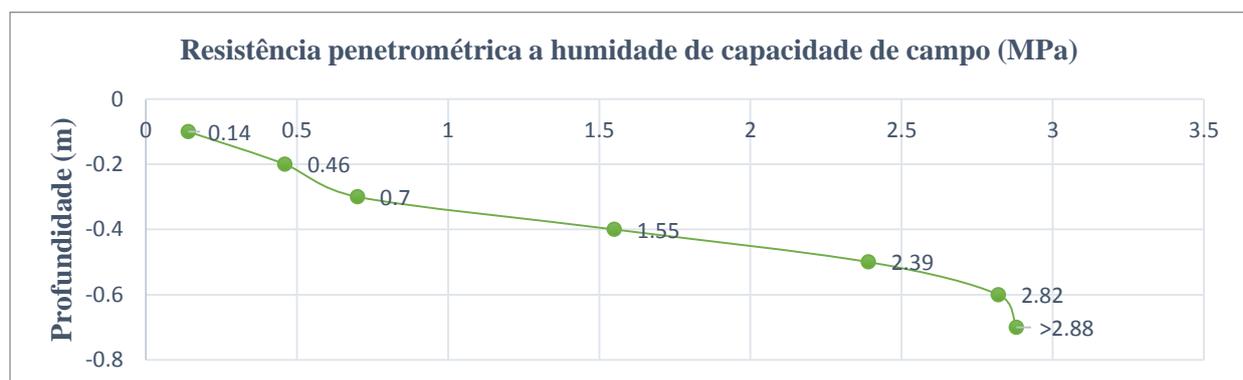


Figura 10: RP do solo do declive do campo experimental da ESUDER na segunda experiência.

Nesta experiência pode-se notar que a partir da L6 a diferença de RP entre leituras é muito baixa, sendo quase que insignificante, podendo desta forma se constatar que abaixo da L7 a RP do solo é quase constante. Sendo assim, podemos afirmar que a máxima resistência do solo à penetração é maior 2.88 MPa.

Portanto na experiência 3 podemos notar que a RP é inferior à das outras experiências, isto ocorre pelo facto de a experiência ter sido desenvolvida um nível acima das outras duas,

onde a presença de calcário começa a se notar alguns centímetros abaixo em relação às experiências anteriores. Como nos referimos na explicação da experiência 1, a RP tem uma variação brusca devido a presença de calcário no solo, o mesmo podemos notar nesta experiência; da L1 à L7 a RP vai variando linearmente, apresentando uma mudança brusca a partir da L7 quando começa a se notar a presença de calcário no solo.

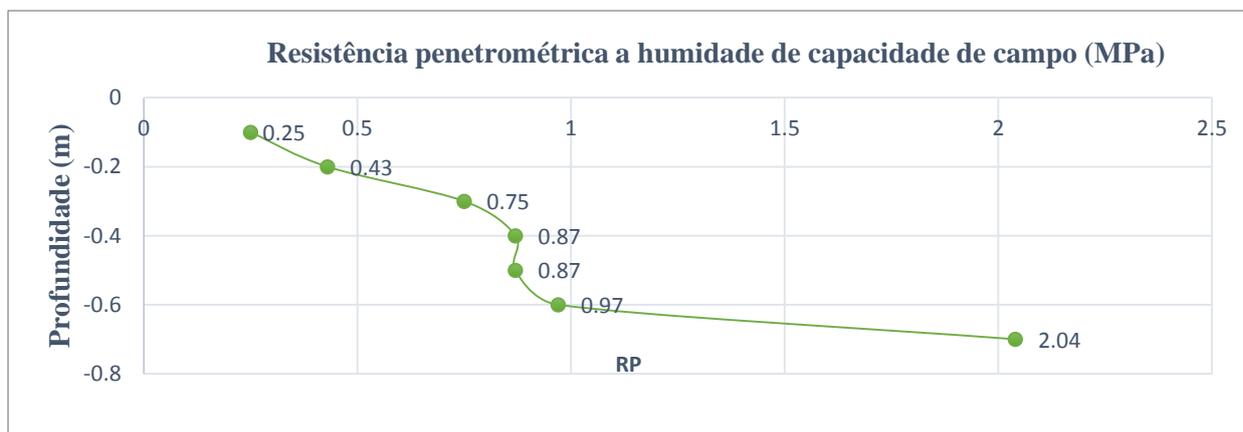


Figura 11: RP do solo do declive do campo experimental da ESUDER na terceira experiência.

Tendo o solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1 uma RP máxima maior que 2.88 MPa, podemos afirmar que abaixo de 0.7 m de profundidade³ esta zona do solo tem uma RP alta, pois segundo Arshad et al. (1996) solos com RP que variam de 2,0 a 4,0 MPa são considerados solos de RP alta, significando desta forma que o crescimento radicular a partir dessa profundidade do solo está condicionado, pois ainda segundo Arshad et al. (1996) e HAMZA & ANDERSON (2005), os valores de resistência mecânica a penetração do solo entre 2 MPa e 3 MPa são considerados limitantes ao desenvolvimento radicular de várias culturas.

4.4 Condutividade Hidráulica

A condutividade hidráulica do solo saturado, varia ao longo do campo, isto porque o calcário não se encontra na mesma profundidade em toda área. Em todas as experiências feitas na profundidade de 0 – 30 cm a K_s é maior que 3,0 m/dia, com isto podemos afirmar que o solo nesta profundidade tem uma K_s rápida, pois segundo COSTA (2004), solos com K_s entre 3,0 – 6,0 m/dia são considerados solos com K_s rápida.

³0.7 m de profundidade é o nível de profundidade máximo que foi usado durante a experiência para caracterização da RP do solo.

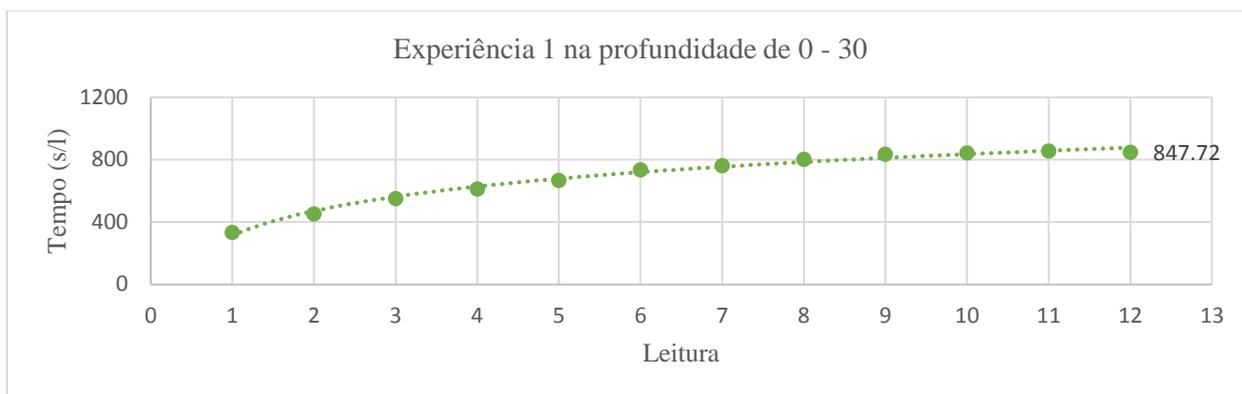


Figura 12: Primeira experiência de K_s na profundidade de 0 – 30 cm

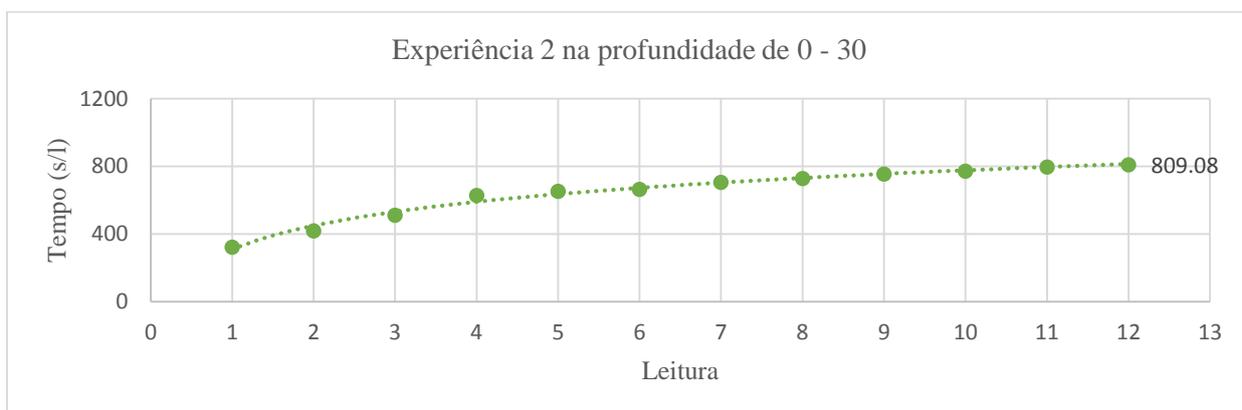


Figura 13: Segunda experiência de K_s na profundidade de 0 – 30 cm

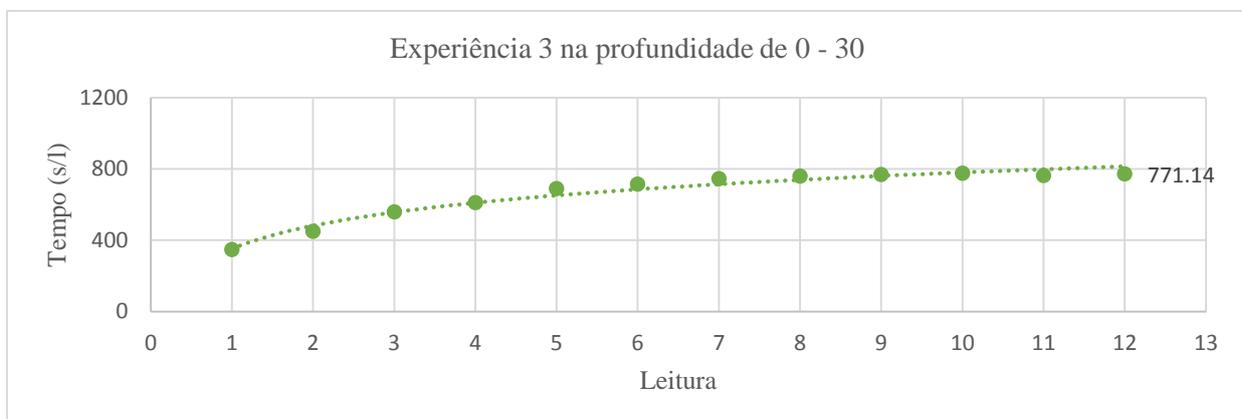


Figura 14: Terceira experiência de K_s na profundidade de 0 – 30 cm

De acordo com as figuras 12, 13 e 14, podemos observar que nas experiências 1, 2 e 3 na profundidade de 0 – 30 cm, o tempo gasto por litro foi de 847.72, 809.08 e 771.14, apresentando uma média de 809.31 segundos, tendo sido obtido os valores de K_s de 3.73, 3.90 e 4.10 m/dia respectivamente, apresentando uma média de 3.91 m/dia.

O mesmo ocorreu na profundidade 30 – 90 cm, isto é, a K_s varia ao longo do campo e nesta profundidade a K_s também é enquadrada na classe de K_s rápida. Embora nas duas profundidades o solo se enquadre nas classes de K_s rápida, na profundidade de 30 – 90 cm a K_s

do solo diminui. Este facto possivelmente ocorre pela existência de calcário no subsolo, que diminui a presença do calcário e por conseguinte a ocorrência da diminuição da presença dos macroporos no solo.

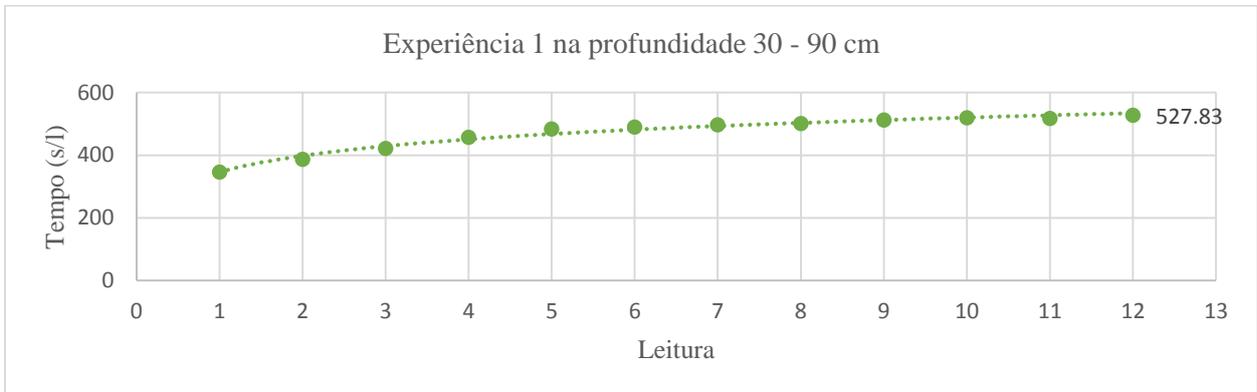


Figura 15: Primeira experiência de K_s na profundidade de 30 – 90 cm

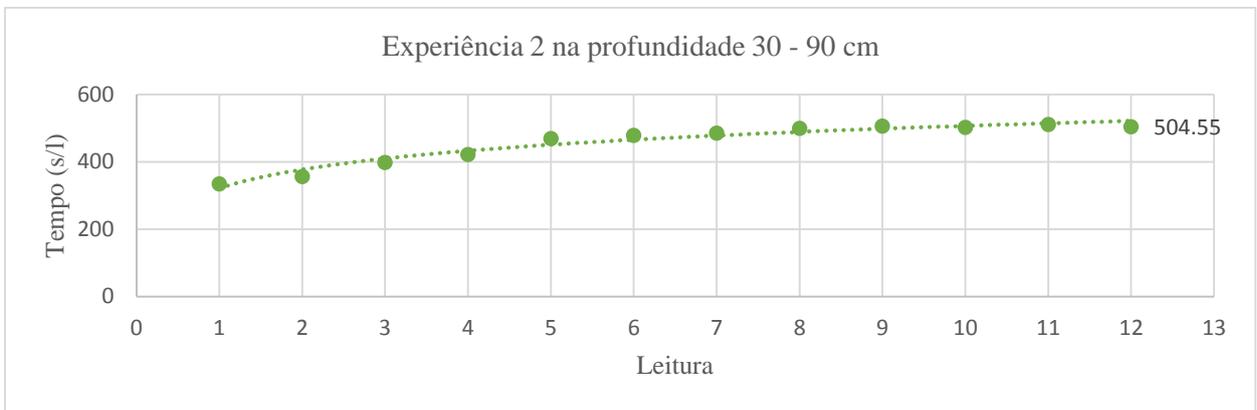


Figura 16: Segunda experiência de K_s na profundidade de 30 – 90 cm

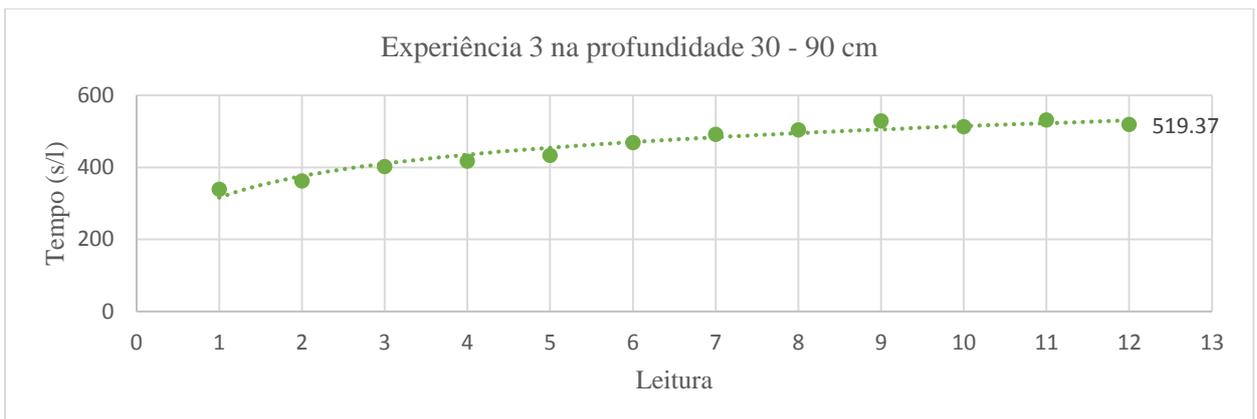


Figura 17: Terceira experiência de K_s na profundidade de 30 – 90 cm

De acordo com as figuras 15, 16 e 17, podemos observar que nas experiências 1, 2 e 3 na profundidade de 30 – 90 cm, o tempo gasto por litro foi de 527.83, 504.55 e 519.37 segundos, apresentando uma média de 517.25 segundos, tendo sido obtido os valores de K_s de 3.03, 3.17 e 3.08 m/dia respectivamente, apresentando uma média de 3.09 m/dia.

Com os dados apresentados nos gráficos acima, podemos constatar que o solo em estudo apresenta uma alta permeabilidade quando saturado, pois segundo THOMPSON & TROEH (2007) a permeabilidade dum determinado solo está directamente ligado à K_s do mesmo solo.

4.5 Capacidade de campo

A capacidade de campo do solo em estudo varia ao longo do campo assim como ao longo das profundidades. Este solo apresenta uma CC média mínima de 7.02% e máxima de 16.27% o que nos revela que há muita variação da CC ao longo do solo. Podemos observar a partir da tabela 8 que em todas as experiências, da profundidade de 20 – 40 cm a CC vai aumentando à medida que a profundidade vai aumentando até a profundidade 100 – 120 cm onde começa a ser notório a presença de calcário no solo. Da profundidade de 120 – 140 cm à 160 – 180 a CC vai diminuindo pois devido a presença do calcário o solo começa a apresentar uma porosidade contínua ao longo do perfil e com isso a capacidade do solo reter a água contra o efeito de gravidade vai diminuindo.

Tabela 6: CC do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

Profundidades (cm)	Experiência 1			Experiência 2			Experiência 3			Média CC (%)
	$P_{\text{Húmido}}$ sem lata (g)	P_{Seco} sem lata (g)	CC (%) Por massa	$P_{\text{Húmido}}$ sem lata (g)	P_{Seco} sem lata (g)	CC(%) Por massa	$P_{\text{Húmido}}$ sem lata (g)	P_{Seco} sem lata (g)	CC(%) Por massa	
0 – 20	143.80	133.70	7.55	135.90	121.40	11.94	121.70	112.50	8.18	9.22
20 – 40	145.60	138.30	5.28	120.80	110.00	9.82	118.90	112.20	5.97	7.02
40 – 60	139.40	132.60	5.13	137.10	119.80	14.44	118.00	114.40	3.15	7.57
60 – 80	82.80	76.50	8.24	136.40	115.70	17.89	149.10	140.50	6.12	10.75
80 – 100	152.60	135.40	12.70	149.40	124.70	19.81	157.60	141.30	11.54	14.68
100 – 120	155.80	138.00	12.90	144.70	118.50	22.11	145.20	127.60	13.79	16.27
120 – 140	138.50	124.00	11.69	168.10	140.70	19.47	140.40	124.30	12.95	14.70
140 – 160	137.30	123.30	11.35	149.80	125.70	19.17	142.60	125.50	13.63	14.72
160 – 180	106.00	96.60	9.73	161.50	138.60	16.52	155.30	138.00	12.54	12.93
180 – 200	136.20	118.70	14.74	155.00	132.20	17.25	167.40	144.30	16.01	16.00

Pode-se observar que na experiência 2 os valores da CC são elevados em relação as outras duas experiências, isto provavelmente pode estar a ocorrer pelo facto desta experiência ter sido feita na profundidade mais baixa do campo, em que o calcário se encontra próximo da superfície, criando desta forma maior adesão e coesão das partículas e consequente maior CC.

4.6 Ponto de murcha permanente

Tabela 7: PMP do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

Profundidades (cm)	Experiência 1			Experiência 2			Experiência 3			Média PMP (%)
	$P_{\text{Húmido}}$ sem lata (g)	P_{Seco} sem lata (g)	PMP (%) Por massa	$P_{\text{Húmido}}$ sem lata (g)	P_{Seco} sem lata (g)	PMP (%) Por massa	$P_{\text{Húmido}}$ sem lata (g)	P_{Seco} sem lata (g)	PMP (%) Por massa	
0 – 20	147.10	142.60	3.16	119.90	111.20	7.82	142.20	137.00	3.80	4.93
20 – 40	139.10	136.70	1.76	134.80	128.20	5.15	111.90	109.70	2.01	2.92
40 – 60	140.00	138.00	1.45	119.90	109.60	9.40	117.80	116.60	1.03	3.96
60 – 80	135.20	131.20	3.05	113.10	102.20	10.67	128.70	127.30	1.10	4.94
80 – 100	116.00	107.70	7.71	125.50	115.30	8.85	128.30	120.20	6.74	7.77
100 – 120	99.30	90.80	9.36	187.80	173.60	8.18	126.60	116.80	8.39	8.64
120 – 140	152.70	141.70	7.76	137.80	128.60	7.15	180.40	167.00	8.02	7.64
140 – 160	139.80	129.50	7.95	167.80	156.60	7.15	109.50	100.30	9.17	8.09
160 – 180	132.10	122.20	8.10	136.70	128.10	6.71	116.90	106.90	9.35	8.05
180 – 200	130.40	120.10	8.58	143.10	132.20	8.25	152.50	139.60	9.24	8.69

Foram verificadas diferenças de humidade de ponto de murcha permanente ao longo do perfil do solo em estudo. A partir da tabela 9, podemos observar que este solo apresenta um PMP médio mínimo de 2.92% e PMP médio máximo de 8.69%. Da camada 20 – 40 cm até a camada 100 – 120 cm o PMP do solo vai aumentando linearmente. Da profundidade 100 – 120 cm à 120 – 140 cm o PMP diminui. Da profundidade 120 – 140 cm até a profundidade 160 – 180 cm o PMP volta a crescer linearmente.

4.7 Densidade global

Durante o estudo da densidade global, como nos referimos no subponto 3.3.7 o solo foi submetido a uma temperatura de $\pm 105^\circ$ e após 24 horas ele apresentou-se com um algum teor de

humidade, daí que optou-se por se fazer um estudo da densidade global do solo após 24 e 48 horas.

A tabela 10 nos mostra que a densidade global do solo vai aumentando à medida que a profundidade vai aumentando. Tendo em conta que o solo em estudo é de textura arenosa como nos mostra a tabela 6, podemos afirmar que este apresenta uma densidade dentro dos parâmetros normais de classificação, pois segundo REINERT & REICHERT (2006) os valores normais de densidade para solos arenosos variam de 1200 a 1900 kg/m³.

Tabela 8: Densidade do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

<i>Experiência 1</i>				
Camadas	P_{seco} sem lata (Kg) - 24h	P_{seco} sem lata (Kg) - 48h	δg (Kg/m³) - 24h	δg (Kg/m³) - 48h
1	0.2787	0.2782	1139.33	1137.29
2	0.3727	0.3721	1523.60	1521.15
3	0.4126	0.4121	1686.71	1684.67
4	0.4109	0.4097	1679.77	1674.86
5	0.4675	0.4663	1911.15	1906.24
6	0.4294	0.4291	1755.39	1754.17
<i>Experiência 2</i>				
Camadas	P_{seco} sem lata (Kg) - 24h	P_{seco} sem lata (Kg) - 48h	δg (Kg/m³) - 24h	δg (Kg/m³) - 48h
1	0.3397	0.3391	1388.70	1386.25
2	0.3842	0.3837	1570.62	1568.57
3	0.4132	0.4122	1689.17	1685.08
4	0.4643	0.4636	1898.06	1895.20
5	0.4536	0.4529	1854.32	1851.46
6	0.4292	0.4278	1754.58	1748.85
<i>Experiência 3</i>				
Camadas	P_{seco} sem lata (Kg) - 24h	P_{seco} sem lata (Kg) - 48h	δg (Kg/m³) - 24h	δg (Kg/m³) - 48h
1	0.3307	0.3298	1351.91	1348.23
2	0.3711	0.3705	1517.06	1514.61

Camadas	P_{seco} sem lata (Kg) - 24h	P_{seco} sem lata (Kg) - 48h	δ_g (Kg/m³) - 24h	δ_g (Kg/m³) - 48h
3	0.4288	0.428	1752.94	1749.67
4	0.4451	0.4447	1819.58	1817.94
5	0.4572	0.4566	1869.04	1866.59
6	0.4103	0.4099	1677.31	1675.68
<i>Densidades médias</i>				
1	0.3164	0.3157	1293.31	1290.59
2	0.3760	0.3754	1537.09	1534.78
3	0.4182	0.4174	1709.61	1706.47
4	0.4401	0.4393	1799.14	1796.00
5	0.4594	0.4586	1878.17	1874.76
6	0.4230	0.4223	1729.09	1726.23

A partir destas experiências podemos observar ainda que a partir da camada 3 o crescimento radicular das culturas fica condicionado, pois, os valores de δ_g associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1650 kg/m³ para solos arenosos, como nos explica REINERT & REICHERT (2006). E o estudo desta característica vem sustentar o que já havia sido mencionado na discussão dos dados referentes à RP que também apontam a camada 3 como sendo a camada em que começa a ser condicionado o crescimento radicular de algumas culturas.

4.8 Porosidade calculada

Esta característica está meramente associada a δ_g , uma vez que a δ_p é constante para os solos de Moçambique assim como para a maioria dos solos do mundo.

Podemos observar a partir da tabela 11 que à medida que a profundidade do solo vai aumentando a porosidade vai diminuindo ao longo do perfil do solo devido a organização estrutural das partículas, que vai criando uma coesão entre elas e por conseguinte aumentando a densidade do solo. Para além disso, tem o facto da textura do solo também estar variando ao longo do perfil como nos mostra a tabela 6, e segundo HEINRICHS (2010) a textura é uma das características que influencia na porosidade do solo.

Tabela 9: Porosidade do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

<i>Experiência 1</i>					
Camada	δ_p (Kg/m ³)	δ_g (Kg/m ³) - 24h	δ_g (Kg/m ³) - 48h	Porosidade (%) - 24h	Porosidade (%) - 48h
1	2650	1139.33	1137.29	57.01	57.08
2	2650	1523.60	1521.15	42.51	42.60
3	2650	1686.71	1684.67	36.35	36.43
4	2650	1679.77	1674.86	36.61	36.80
5	2650	1911.15	1906.24	27.88	28.07
6	2650	1755.39	1754.17	33.76	33.80
<i>Experiência 2</i>					
Camada	δ_p (Kg/m ³)	δ_g (Kg/m ³) - 24h	δ_g (Kg/m ³) - 48h	Porosidade (%) - 24h	Porosidade (%) - 48h
1	2650	1388.70	1386.25	47.60	47.69
2	2650	1570.62	1568.57	40.73	40.81
3	2650	1689.17	1685.08	36.26	36.41
4	2650	1898.06	1895.20	28.38	28.48
5	2650	1854.32	1851.46	30.03	30.13
6	2650	1754.58	1748.85	33.79	34.01
<i>Experiência 3</i>					
Camada	δ_p (Kg/m ³)	δ_g (Kg/m ³) - 24h	δ_g (Kg/m ³) - 48h	Porosidade (%) - 24h	Porosidade (%) - 48h
1	2650	1351.91	1348.23	48.98	49.12
2	2650	1517.06	1514.61	42.75	42.84
3	2650	1572.94	1749.67	40.64	33.97
4	2650	1819.58	1817.94	31.34	31.40
5	2650	1869.04	1866.59	29.47	29.56
6	2650	1677.31	1675.68	36.71	36.77
Porosidade média					
Camada	δ_p (Kg/m ³)	δ_g (Kg/m ³) - 24h	δ_g (Kg/m ³) - 48h	Porosidade (%) - 24h	Porosidade (%) - 48h
1	2650	1293.31	1290.59	51.20	51.30
2	2650	1537.09	1534.78	42.00	42.08
3	2650	1649.61	1706.47	37.75	35.60

4	2650	1799.14	1796.00	32.11	32.23
5	2650	1878.17	1874.76	29.13	29.25
6	2650	1729.09	1726.23	34.75	34.86

4.9 Disponibilidade de água

Tabela 10: AD do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

<i>Experiência 1</i>						
Profundidades (cm)	CC (%)	PMP (%)	δ_g (Kg/m ³) - 24h	δ_g (Kg/m ³) - 48h	AD (mm água/100 mm solo) - 24h	AD (mm água/100 mm solo) - 48h
0 - 20	7.55	3.16	1139.33	1137.29	5.00	4.99
20 - 40	5.28	1.76	1452.00	1449.71	5.11	5.10
40 - 60	5.13	1.45	1686.71	1686.71	6.21	6.21
60 - 80	8.24	3.05	1681.85	1677.80	8.73	8.71
80 - 100	12.70	7.71	1679.77	1674.86	8.38	8.36
100 - 120	12.9	9.36	1864.87	1859.96	6.60	6.58
120 - 140	11.69	7.76	1911.15	1906.24	7.51	7.49
140 - 160	11.35	7.95	1786.54	1784.58	6.07	6.07
160 - 180	9.73	8.10	1755.39	1754.17	2.86	2.86
180 - 200	14.74	8.58	1755.39	1754.17	10.81	10.81
<i>Experiência 2</i>						
Profundidades (cm)	CC (%)	PMP (%)	δ_g (Kg/m ³) - 24h	δ_g (Kg/m ³) - 48h	AD (mm água/100 mm solo) - 24h	AD (mm água/100 mm solo) - 48h
0 - 20	11.94	7.82	1388.70	1386.25	5.72	5.71
20 - 40	9.82	5.15	1542.92	1540.47	7.21	7.19
40 - 60	14.44	9.40	1689.17	1685.08	8.51	8.49
60 - 80	17.89	10.67	1835.39	1832.16	13.25	13.23
80 - 100	19.81	8.85	1898.06	1895.20	20.8	20.77
100 - 120	22.11	8.18	1863.07	1860.21	25.95	25.91
120 - 140	19.47	7.15	1854.32	1851.46	22.85	22.81
140 - 160	19.17	7.15	1774.53	1769.37	21.33	21.27

Caracterização do Solo do Declive do Campo Experimental da ESUDER – Pambarra 1

160 - 180	16.52	6.71	1754.58	1748.85	17.21	17.16
180 - 200	17.25	8.25	1754.58	1748.85	15.79	15.74

Experiência 3

Profundidades (cm)	CC (%)	PMP (%)	δg (Kg/m³) - 24h	δg (Kg/m³) - 48h	AD (mm água/100 mm solo) - 24h	AD (mm água/100 mm solo) - 48h
0 - 20	8.18	7.82	1351.91	1348.23	5.92	5.91
20 - 40	5.97	5.15	1511.15	1508.27	5.98	5.97
40 - 60	3.15	9.40	1752.94	1749.67	3.72	3.71
60 - 80	6.12	10.67	1799.59	1797.46	9.03	9.02
80 - 100	11.54	8.85	1819.58	1817.94	8.75	8.74
100 - 120	13.79	8.18	1859.15	1856.86	9.83	9.82
120 - 140	12.95	7.15	1869.04	1866.59	9.74	9.72
140 - 160	13.63	7.15	1715.66	1713.86	7.50	7.49
160 - 180	12.54	6.71	1677.31	1675.68	5.12	5.11
180 - 200	16.01	8.25	1677.31	1675.68	11.36	11.34

Disponibilidade de água média

Profundidades (cm)	CC (%)	PMP (%)	δg (Kg/m³) - 24h	δg (Kg/m³) - 48h	AD (mm água/100 mm solo) - 24h	AD (mm água/100 mm solo) - 48h
0 - 20	9.22	6.27	1293.31	1290.59	5.55	5.54
20 - 40	7.02	4.02	1502.02	1499.48	6.10	6.09
40 - 60	7.57	6.75	1709.61	1707.15	6.15	6.14
60 - 80	10.75	8.13	1772.28	1769.14	10.34	10.32
80 - 100	14.68	8.47	1799.14	1796.00	12.64	12.62
100 - 120	16.27	8.57	1862.36	1859.01	14.13	14.10
120 - 140	14.70	7.35	1878.17	1874.76	13.37	13.34
140 - 160	14.72	7.42	1758.91	1755.94	11.63	11.61
160 - 180	12.93	7.17	1729.09	1726.23	8.40	8.38
180 - 200	16.00	8.36	1729.09	1726.23	12.65	12.63

Na *primeira experiência* podemos notar que a partir da primeira profundidade até a profundidade 80 – 100 a disponibilidade de água vai aumentando isso devido a organização extrutural e textural das partículas no solo, isto é a adesão e coesão vão aumentando à medida que a profundidade também aumenta. Da profundidade 100 – 120 à 160 – 180 a disponibilidade de água no solo vai diminuindo. Podemos notar ainda que a camada 160 – 180 é que apresenta a menor disponibilidade de água e a última apresenta a maior com 2.86 mm de água/100 mm de solo e 10.81 mm de água/100 mm de solo respectivamente.

Na *segunda experiência* os resultados obtidos são pouco similares aos resultados obtidos na primeira experiência. Da primeira profundidade a profundidade 100 – 120 a disponibilidade de água vai aumentando e da profundidade 120 – 140 até a última profundidade a disponibilidade de água vai diminuindo.

Na *terceira experiência*, a disponibilidade de água máxima se encontra na profundidade de 180 – 200 que é de 11.36 mm de água/100 mm de solo. E a profundidade com menor disponibilidade de água é a terceira com 3.72 mm de água/100 mm de solo.

Em todas as experiências a AD vai diminuindo a partir da profundidade 100 – 120, onde mais ou menos começa a ser notório a presença de calcário no solo, que torna a presença dos microporos contínua, afectando a CC do solo, e por conseguinte afectando também a AD do solo, visto que a AD é influenciada directamente pela CC, PMP e pela densidade global do solo.

4.10 Comparação dos resultados obtidos com os fornecidos pela carta de solos de Moçambique

Existem características fornecidas pela carta dos solos que não vão de acordo com os resultados obtidos ao longo da pesquisa, como por exemplo o pH, eles referem que este solo é moderadamente ácido, porém durante a experiência observou-se que o solo é alcalino. Quanto ao declive eles referem que o solo apresentam um declive que varia de 0 – 1%, porém este solo apresenta um declive maior que 15. Quanto à textura, eles referenciam que o solo apresenta uma textura arenosa na superfície assim como no subsolo, mas durante a pesquisa observou-se que o solo vai mudando de textura ao longo do perfil. Mas existem resultados que vão de acordo com a nossa pesquisa, tais como a salinidade, que indica que o solo não é salgado, a classificação dominante que indica que o solo é fofo.

4.11 Mapeamento

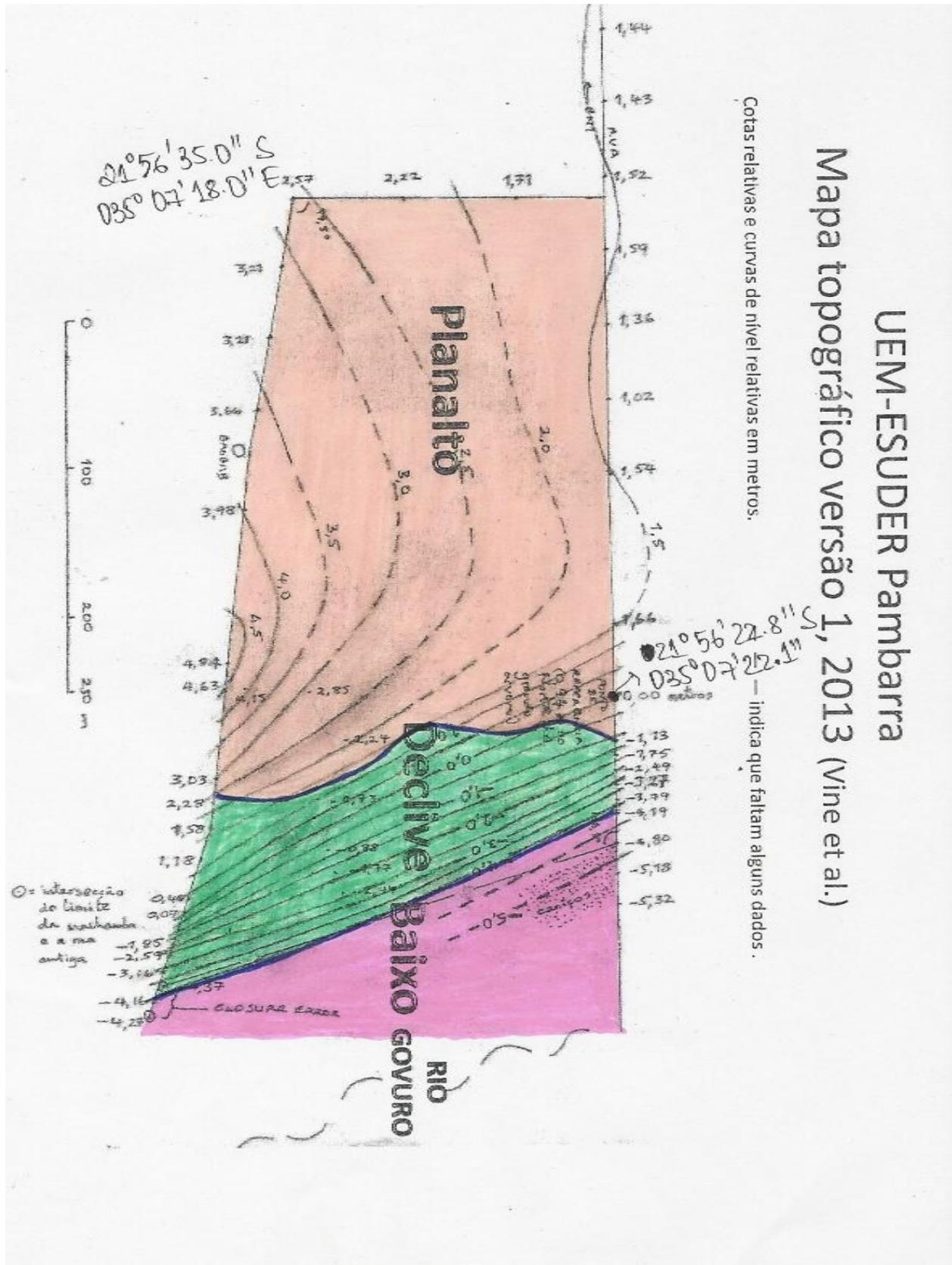


Figura 18: Mapa referente aos limites existentes entre os solos do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1

Fonte: Adaptado pelo autor(2015)

O limite entre os solos nas seguintes coordenadas de GPS: P1: 21°56'23.0"S e 035°07'24.5"E . P2: 21°56'23.1"S e 035°07'23.9"E. P3: 21°56'23.1"S e 035°07'25.1"E. P4: 21°56'23.1"S e 035°07'25.3"E. P5: 21°56'24.7"S e 035°07'27.5"E. P6: 21°56'24.3"S e 035°07'27.7"E. P7: 21°56'23.9"S e 035°07'27.7"E. P8: 21°56'24.5"S e 035°07'29.7"E. P9: 21°56'24.8"S e 035°07'29.6"E. P10: 21°56'25.6"S e 035°07'31.3"E. P11: 21°56'25.9"S e 035°07'31.1"E. PE1: 21°56'25.9"S e 035°07'31.9"E. PE2: 21°56'25.9"S e 035°07'31.9"E. PE3: 21°56'22.3"S e 035°07'22.6"E. De seguida delimitamos as áreas dos solos pertencentes ao campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Terminada a análise e discussão dos resultados colhidos durante o estudo, neste capítulo tiramos algumas conclusões das experiências feitas e deixamos algumas recomendações.

5.1 Conclusões

O estudo nos permitiu chegar as seguintes conclusões:

- ✓ O solo é de textura *franco*, variando de franco arenoso à franco arenoso argiloso, com uma tonalidade escura na sua superfície, porém mudando para uma tonalidade clara à medida que a profundidade aumenta. Ele apresenta poucas manchas ao longo do perfil, apresentando uma estrutura de classe *fin*a e *muito fina*, do tipo *grumosa*, *granular* e *angular*; e de grau *simples*, *maciça* e *moderada*. Quando húmido ele apresenta uma consistência que varia de *muito friável* a *firme* ao longo do seu perfil. Apresenta *poucos poros* e *poucas raízes* ao longo do perfil e um limite de camadas *plano* e *ondulado* quanto à topografia; *gradual*, *abrupto* e *nítido* quanto à nitidez. Este solo é *alcalino*, visto que este apresenta um pH maior que 7 em todo o seu perfil. Apresenta também um *teor de sais abaixo* de 1m de profundidade, porém muito longe do nível de salinidade crítico.
- ✓ O solo apresenta uma VIB muito rápida, visto que a sua VIB é maior que 250 mm/h.
- ✓ O solo apresenta uma RP maior que 2.88Mpa, com isso considera-se solo de RP alta, pois a sua RP se encontra no intervalo que varia de 2.0 – 4.0Mpa.
- ✓ O solo apresenta uma *Ks* que se enquadra na classe muito rápida, pois a sua *Ks* se encontra no intervalo de 3.0 – 6.0 m/dia.
- ✓ O solo apresenta uma CC média máxima 16.27% e CC média mínima de 7.02% ao longo do perfil.
- ✓ O solo apresenta um PMP médio máximo de 8.69% e PMP médio mínimo de 2.92% ao longo do perfil.
- ✓ O solo apresenta uma densidade global dentro dos parâmetros normais de classificação, pois se encontra no intervalo que varia de 1200 a 1900 kg/m³.
- ✓ A porosidade do solo vai diminuindo à medida que a profundidade vai aumentando e esta varia de 57.08% à 28.07% ao longo do campo.
- ✓ A disponibilidade de água no solo vai aumentando à medida que a profundidade vai aumentando e esta varia de 25.95 mm água/100 mm solo à 2.86 mm água/100 mm solo.
- ✓ Nem todos os resultados apresentados pela carta dos solos condizem com as reais características que este solo apresenta.

5.2 Recomendações

Recomenda-se IIAM/INIA:

1. Que faça mais estudos de caracterização dos solos, de modo a obter todas as características dos solos para que os agricultores que pretendem utilizar os solos possam aplicar um manejo apropriado dos solos de modo a obter um bom rendimento na produção, e com isso se verificará avanço ou melhoria da agricultura em Moçambique e por conseguinte a redução da pobreza no país.

Recomenda-se ao agricultor:

1. Que para culturas que tenham um sistema radicular que excede 104cm, antes da produção neste solo, reduza o teor de alcalinidade do solo fazendo lixiviação, pois para um bom crescimento das culturas o pH deve variar de 4 a 7.5 e este solo abaixo dessa profundidade apresenta um pH acima de 7.5.
2. Que evite neste solo a produção de culturas que apresentam um sistema radicular que excede 0.7m porque abaixo de 0.7m de profundidade o crescimento radicular começa a ficar condicionado, pois a densidade do solo a partir desse ponto ultrapassa os 1650 kg/m³, e os valores de densidade associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se nesses parâmetros para solos arenosos, para além de que o solo começa a apresentar uma RP alta, oferecendo alguma restrição ao crescimento radicular das culturas.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. ALEXANDRE, Carlos (2012). *Funções, usos e degradação do solo*. Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo, Bragança.
- [2]. ALVES SOBRINHO, T. *Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil*. Viçosa: UFV, 1997. Tese de Doutorado.
- [3]. ÂNGELO, André J. (2005). *Importância da colecta de dados para análise química na agricultura*. Rio de Janeiro.
- [4]. ARSHAD, M.A.; LOWERY, B. & GROSSMAN, (B. 1996). *Physical tests for monitoring soil quality*. In: DORAN, J.W. & JONES, A.J., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, Soil Science Society of America.
- [5]. BENEDETTI, Marcelo Muniz; DUARTE, Ivaniele Nahas; MELO JÚNIOR, Heliomar Baleeiro de; BORGES, Elias Nascentes (2010). *Resistência do solo à penetração em um latossolo vermelho distrófico típico sob diferentes usos*. Uberlândia – Brasil.
- [6]. CAPECHE, Cláudio Lucas (2008). *Noções sobre tipos de estrutura do solo e sua importância para o manejo conservacionista*. Rio de Janeiro.
- [7]. CARVALHO, Daniel F. de e SILVA, Leonardo D. B. da (2006). *Hidrologia*. Rio de Janeiro.
- [8]. CORTEZ, Nuno & ABREU, Maria Manuela (2008). *Solo a pele da terra*. Departamento de Ciências do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- [9]. COSTA, Raimundo N. T. (2004). *Condutividade hidráulica do solo saturado*. Departamento de engenharia agrícola. Universidade federal do ceará – ufc.
- [10]. Dalmolin, R. S. D. et al (2007). *Medida da cor do solo sob diferentes metodologias: carta de munsell e colorimetria*. Departamento de Solos. Santa Maria.
- [11]. Eudoxie G. and Carter N. (2006). *Characterization of salt affected soils in Trinidad*. Caribbean Academy of Sciences, La Creole Beach Resort, Gaudeloupe.
- [12]. FACULDADE DE AGRONOMIA E CIÊNCIAS FLORESTAIS, FAEF (1998). *Rega e Drenagem*. Maputo, Mocambique.
- [13]. HEINRICH, Reges (2010). *Solos*. Universidade Estadual Paulista. São Paulo.
- [14]. LEPSCH, Igo F. *Formação e Conservação Dos Solos*. Oficina de Textos. São Paulo. 2002.

- [15]. LIER, Quirijn de Jong van (2004). Cálculo de alguns parâmetros físicos do solo. Embrapa. São Paulo.
- [16]. LIMA, Valmiqui Costa; LIMA, Marcelo Ricardo de; MELO, Vander de Freitas (2007). O solo no meio ambiente. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Curitiba.
- [17]. LOPES, Alfredo Scheid, SILVA, Marcelo de Carvalho, GUILHERME, Luiz Robert G. (1991). Boletim técnico n° 1: acidez do solo e calagem. 3. ed. São Paulo.
- [18]. LORENZO, Mariana (2010). Pedologia – importância e função dos solos. Embrapa. São Paulo.
- [19]. LUCAS, Ponciano F. (2008). Propriedades físicas do solo em dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Brasil.
- [20]. OLIVEIRA, Fabiano de Sousa (2010). Disponibilidade de Água no Solo. Brasil.
- [21]. PARAHYBA et al (2006). Comportamento Físico- Hídrico de Solos da Bacia do Tucano-BA. Embrapa Solos UEP. Recife.
- [22]. PEREIRA, Sueli de Lima (2009). Introdução à Ciência do Ambiente. Brasil. Rio de Janeiro.
- [23]. PRATA FILHO, D. A. & MACHADO, A. V. (1980). Velocidade de infiltração para dois solos de várzeas em condições de laboratório. In: congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. Niterói: ABES.
- [24]. REINERT, Dalvan José e REICHERT, José Miguel (2006). Propriedades físicas do solo. Centro de Ciências Rurais. Santa Maria.
- [25]. SCALOPPI, E. J. (1986). Sistemas de irrigação por Superfície. Informe Agropecuário, Belo Horizonte.
- [26]. SULEIMAN, Kadijah (2012). Análise química de solos. Embrapa. São Paulo.
- [27]. THOMPSON, Louis M. e TROEH, Frederick R. (2007). Solos e Fertilidade dos Solos. Editora Andrei. São Paulo.
- [28]. VIEIRA, Gustavo H. S. (2001). Salinização dos Solos em áreas com irrigação por superfície. Minas Gerais.

ANEXOS E APÊNDICES

Apêndices

Neste subponto apresentamos as tabelas dos testes de infiltração e resistência penetrométrica feitos durante o estudo, na qual nos ajudou na construção dos gráficos referentes a essas mesmas características em estudo.

Apêndice nº 1: Teste de infiltração

Experiência 1			
Nr da Leitura	Quantidade Infiltrada (mm)	Tempo da Leitura (h)	VI (mm/h)
1	20.00	0.0107	1877.93
2	20.00	0.0122	1641.96
3	20.00	0.0135	1476.32
4	20.00	0.0146	1369.60
5	20.00	0.0142	1410.38
6	20.00	0.0143	1401.05
7	20.00	0.0146	1367.00
8	20.00	0.0146	1372.21
9	20.00	0.0158	1268.72
10	20.00	0.0161	1243.74
11	20.00	0.0162	1231.61
12	20.00	0.0163	1225.95
13	20.00	0.0184	1084.99
14	20.00	0.0162	1232.88
15	20.00	0.0162	1233.09
16	20.00	0.0162	1233.09
17	20.00	0.0163	1225.32
18	20.00	0.0161	1241.59
19	20.00	0.0162	1233.09
20	20.00	0.0163	1227.62
Experiência 2			
1	20.00	0.0171	1167.50
2	20.00	0.0169	1181.49
3	20.00	0.0178	1124.30
4	20.00	0.0179	1116.11
5	20.00	0.0201	997.37

6	20.00	0.0202	987.93
7	20.00	0.0207	968.26
8	20.00	0.0207	967.35
9	20.00	0.0206	969.17
10	20.00	0.0208	962.95
11	20.00	0.0246	812.00
12	20.00	0.0247	810.72
13	20.00	0.0246	812.18
14	20.00	0.0246	812.46
15	20.00	0.0245	815.31
16	20.00	0.0246	812.82
17	20.00	0.0246	811.82
18	20.00	0.0246	813.56
19	20.00	0.0245	815.31
20	20.00	0.0247	808.90
Experiência 3			
1	20.00	0.0083	2420.17
2	20.00	0.0123	1631.54
3	20.00	0.0126	1590.46
4	20.00	0.0124	1611.10
5	20.00	0.0129	1546.06
6	20.00	0.0132	1515.47
7	20.00	0.0138	1453.66
8	20.00	0.0128	1567.94
9	20.00	0.0140	1428.00
10	20.00	0.0129	1546.06
11	20.00	0.0129	1554.74
12	20.00	0.0129	1547.06
13	20.00	0.0129	1552.06
14	20.00	0.0129	1555.41
15	20.00	0.0129	1550.72
16	20.00	0.0129	1553.06
17	20.00	0.0126	1585.90
18	20.00	0.0129	1547.72
19	20.00	0.0128	1565.90
20	20.00	0.0130	1539.78

Apêndice nº 2: Teste de resistência penetrométrica

Experiência 1											
	P1	P2	P3	P4	P5	Média	Variância	Des. Padrão	CV (%)	Força (N)	RP (Mpa)
L1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-
L2	5.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.20	0.96	0.98	30.62	31.39	0.25
L3	6.00	4.50	6.00	6.00	6.00	5.70	0.36	0.60	10.53	55.92	0.44
L4	20.00	6.00	9.00	10.00	9.00	10.80	22.96	4.79	44.37	105.95	0.83
L5	16.00	12.50	15.00	15.00	15.00	14.70	1.36	1.17	7.93	144.21	1.13
L6	23.00	20.00	21.00	25.00	19.00	21.60	4.64	2.15	9.97	211.90	1.65
L7	29.00	29.00	29.00	29.00	25.00	28.20	2.56	1.60	5.67	276.64	2.16
L8	30.00	40.00	35.00	37.00	25.00	33.40	28.24	5.31	15.91	327.65	2.56
Experiência 2											
L1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-
L2	2.00	1.00	1.00	3.00	2.00	1.80	0.56	0.75	41.57	17.66	0.14
L3	6.00	6.00	5.00	6.00	7.00	6.00	0.40	0.63	10.54	58.86	0.46
L4	9.00	10.00	10.50	6.00	10.00	9.10	2.64	1.62	17.86	89.27	0.70
L5	19.00	24.00	20.00	23.00	15.00	20.20	10.16	3.19	15.78	198.16	1.55
L6	35.00	34.00	35.00	27.00	25.00	31.20	18.56	4.31	13.81	306.07	2.39
L7	37.00	37.00	42.00	39.00	29.00	36.80	18.56	4.31	11.71	361.01	2.82
L8	35.00	38.00	40.00	46.00	29.00	37.60	31.44	5.61	14.91	368.86	2.88
Experiência 3											
L1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-
L2	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	3.20	0.16	0.40	12.50	31.39	0.25
L3	7.00	4.00	7.00	5.00	5.00	5.60	1.44	1.20	21.43	54.94	0.43
L4	12.00	8.00	10.00	9.00	10.00	9.80	1.76	1.33	13.54	96.14	0.75
L5	15.00	13.00	5.00	12.00	12.00	11.40	11.44	3.38	29.67	111.83	0.87
L6	12.00	13.00	10.00	12.00	10.00	11.40	1.44	1.20	10.53	111.83	0.87
L7	14.00	14.00	14.00	11.00	10.00	12.60	3.04	1.74	13.84	123.61	0.97
L8	35.00	30.00	25.00	14.00	29.00	26.60	49.84	7.06	26.54	260.95	2.04

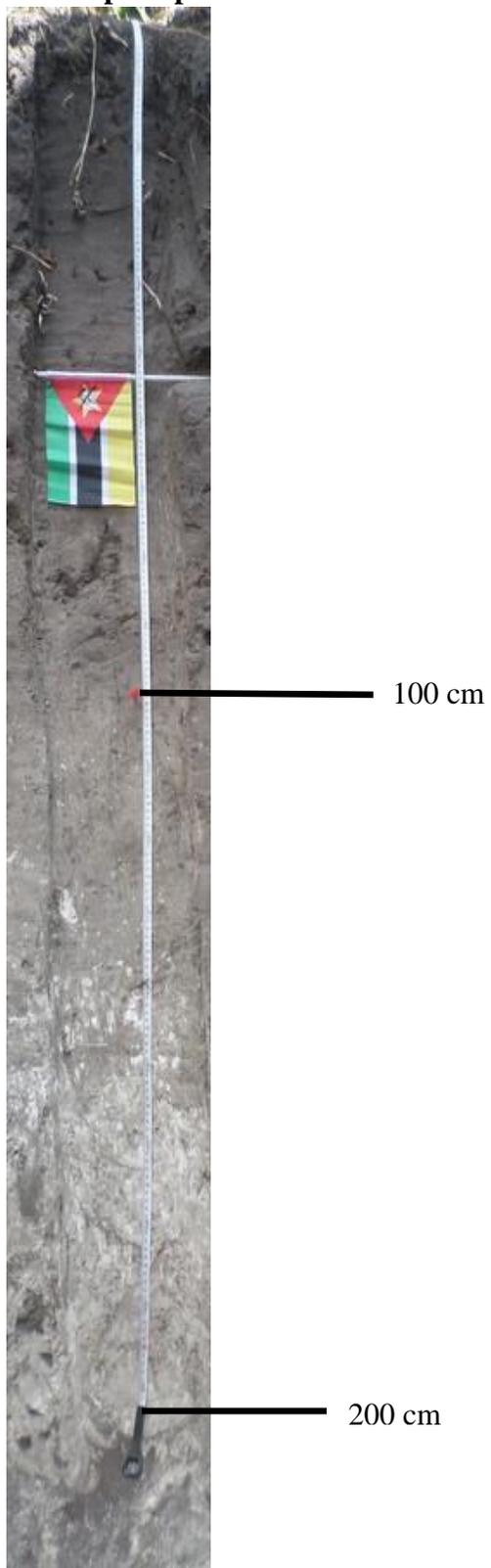
Apêndice nº 3: Condutividade hidráulica na profundidade de 0 – 30 cm

Leituras	$\pi \cdot r^2 + \pi dh$ (m ²)	<i>Experiência 1</i>	<i>Experiência 2</i>	<i>Experiência 3</i>
		Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
L1	0.0274	3.11E-06	2.89E-06	3.00E-06
L2	0.0274	2.39E-06	2.23E-06	2.21E-06
L3	0.0274	1.95E-06	1.79E-06	1.82E-06
L4	0.0274	1.59E-06	1.64E-06	1.63E-06
L5	0.0274	1.53E-06	1.45E-06	1.50E-06
L6	0.0274	1.51E-06	1.40E-06	1.36E-06
L7	0.0274	1.42E-06	1.34E-06	1.31E-06
L8	0.0274	1.37E-06	1.32E-06	1.25E-06
L9	0.0274	1.32E-06	1.30E-06	1.20E-06
L10	0.0274	1.29E-06	1.29E-06	1.18E-06
L11	0.0274	1.25E-06	1.31E-06	1.17E-06
L12	0.0274	1.24E-06	1.30E-06	1.18E-06

Apêndice nº 4: Condutividade hidráulica na profundidade de 30 – 90 cm

Leituras	$\pi \cdot r^2 + \pi dh$ (m ²)	<i>Experiência 1</i>	<i>Experiência 2</i>	<i>Experiência 3</i>
		Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
L1	0.0541	2.95E-06	2.99E-06	2.89E-06
L2	0.0541	2.76E-06	2.81E-06	2.58E-06
L3	0.0541	2.49E-06	2.51E-06	2.37E-06
L4	0.0541	2.40E-06	2.37E-06	2.19E-06
L5	0.0541	2.31E-06	2.13E-06	2.06E-06
L6	0.0541	2.13E-06	2.09E-06	2.04E-06
L7	0.0541	2.03E-06	2.06E-06	2.01E-06
L8	0.0541	1.98E-06	2.00E-06	1.99E-06
L9	0.0541	1.89E-06	1.98E-06	1.95E-06
L10	0.0541	1.95E-06	1.99E-06	1.92E-06
L11	0.0541	1.88E-06	1.96E-06	1.93E-06
L12	0.0541	1.93E-06	1.98E-06	1.89E-06

Anexo nº 1: Perfil do solo do declive do campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.





Durante a pesquisa fizemos estudos em 2.00m de profundidade. Onde se encontra a tampa vermelha de esferográfica representa 1.00m de profundidade. Este solo apresenta um limite abrupto entre a camada 3 e 4, mas o limite desapareceu com o tempo.

Anexo nº 2: Legenda da carta de solos de Inhambane referente ao solo pertencente ao campo experimental da ESUDER – Pambarra 1.

SÍMBOLO	NOME DO SOLO	CARACTERÍSTICAS SOCORRÍFICAS DO SOLO	USO DA TERRA	CATEGORIA	FORMA DE TERRENO	TOPOGRAFIA	TENDÊNCIA DO SOLO SUPERFICIAL/SUBSÓLICO	PROFUNDIDADE (cm)	USO	ACIDEZ E REACÇÃO DO SOLO SUPERFICIAL E SUBSÓLICO (pH-6,0)	MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SUPERFICIAL (%)	SOLUBILIDADE DO SOLO SUPERFICIAL E SUBSÓLICO (mg/l)	SOLUBILIDADE DO SOLO SUPERFICIAL E SUBSÓLICO (mg/l)	SOLUBILIDADE DO SOLO SUPERFICIAL E SUBSÓLICO (mg/l)	CLASSIFICAÇÃO NACIONAL		TIPO DE VEGETAÇÃO	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES PARA AGRICULTURA	CLASSE DE APRIADAÇÃO (USO)	CLASSIFICAÇÃO DE APRIADAÇÃO PARA RECURSO (USO)
															FAO	USO				
Ah	Solo arenoso hidromorfo	Ac castanho, solos muito profundos			Depressões arenosas hidromorfas	plano	Ar-Auf Ac	> 100 cm a muito m	na a muito m	mod.acid.-lig.acid mod.acid.-lig.acid 5,0-7 5,5-7	baixa a alta	nao salgado nao salgado	nao sodico n.sod.-moderada sodico 0-3 1-25	Cleyic Arenoso	Mollis Pannoponto	lavoura ou pastagem	Depressões na e temperaturas, por vezes salinidade e sodicidade	V dl (a)	V - VI dl	

Anexo nº3: Carta de solos da província de Inhambane

