

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO-
HÍDRICOS DO SOLO EM ÁREA DE ACURI DO
PANTANAL MATO-GROSSENSE**

LARISSA LEITE PAVÃO

**PROFA. DRA. LUCIANA SANCHES
ORIENTADORA**

**Cuiabá, MT
Fevereiro 2017**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO-
HÍDRICOS DO SOLO EM ÁREA DE ACURI DO
PANTANAL MATO-GROSSENSE**

LARISSA LEITE PAVÃO

*Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Física Ambiental
da Universidade Federal de Mato
Grosso, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Física
Ambiental*

**PROFA. DRA. LUCIANA SANCHES
ORIENTADORA**

**Cuiabá, MT
Fevereiro de 2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

L533c Leite Pavão, Larissa.

CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO DA
ÁREA DE ACURI PANTANAL MATO-GROSSENSE / Larissa Leite Pavão. --
2017

70 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Luciana Sanches.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Acurizal. 2. Serrapilheira. 3. Infiltração. 4. Condutividade hidráulica. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO-HÍDRICOS
DO SOLO DA ÁREA DE ACURI PANTANAL MATO-
GROSSENSE**

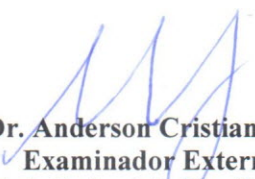
AUTORA: LARISSA LEITE PAVÃO

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 16 de fevereiro de 2017, pela comissão julgadora:


Profa. Dra. Luciana Sanches
Orientadora
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e
Tecnologia/UFMT


Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior
Examinador Interno
Universidade de Cuiabá/UNIC


Profa. Dra. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber
Examinadora Interna
Faculdade de Agronomia, Medicina Veterinária e
Zootecnia - UFMT


Prof. Dr. Anderson Cristian Bergamin
Examinador Externo
Universidade Federal de Rondônia / Campus
de Rolim de Moura

DEDICATÓRIA

À Deus, Autor e Consumador do destino, que me escolheu e me agraciou com a Salvação por meio de Cristo Jesus, mesmo sendo indigna de tamanho amor, ao meu esposo e amigo Vagner, sempre presente e disposto a ajudar, aos meus pais Valdecir e Vilma e ao meu irmão Felipe, meus bens valiosos, e aos irmãos em Cristo, minha amável família de fé.

AGRADECIMENTOS

- A professora doutora LUCIANA SANCHES, pela orientação, apoio e paciência que, sem dúvida, possibilitaram a realização deste trabalho;
- Ao professor doutor OSVALDO BORGES por sua ajuda, dedicação e contribuição direta neste trabalho;
- Ao meu esposo VAGNER PAVÃO pela disposição e participação nas coletas e contribuições nos dados;
- Aos caros amigos JONAS SPOLADOR e HELOÍSA MASSAD pela participação nas coletas e análises e pela prontidão em ajudar no que se fez necessário;
- Ao professor JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA, pelo trabalho feito para a realização deste curso de Mestrado e Doutorado;
- Aos professores de graduação e colegas de curso CARLOS e JULIANE QUERINO pelo incentivo e contribuições pessoais que, certamente, fizeram toda diferença na carreira acadêmica;
- A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, pelos conhecimentos transmitidos;
- Aos amigos do grupo de pesquisa de Ciências Ambientais e colegas de curso KEYLYANE SILVA, VANESSA DIAS, ARYADNE AQUINO, FERNANDO SALLO e BRUNO ABDALLA
- Aos professores e técnicos responsáveis pelo laboratório de análise física de solos do Programa de Pós-Graduação em Agricultura tropical que cederam prontamente o laboratório bem como auxiliaram na execução das análises;
- Aos professores e técnicos do laboratório de Laboratório de Análises Físico-Química de Água e Resíduos do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT que também cederam o laboratório para as análises necessárias;
- A CAPES, FAPEMAT e FAPEAM pelo apoio financeiro durante a pesquisa.

“Esta é a permuta que, em sua bondade infinita,
Ele quis fazer conosco: recebeu nossa pobreza,
e nos transferiu Suas riquezas; levou sobre Si a
nossa fraqueza, e nos fortaleceu com o Seu
poder; assumiu a nossa mortalidade, e fez nossa
a Sua imortalidade; desceu à terra, e abriu o
caminho para o céu; fez-se Filho do homem, e
nos fez filhos de Deus. ”

(João Calvino)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. PROBLEMÁTICA.....	15
1.2. JUSTIFICATIVA.....	16
1.2.1... Objetivo Geral	17
1.2.2... Objetivos Específicos	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. PANTANAL MATO-GROSSENSE	18
2.1.1... Dinâmica da serrapilheira no Pantanal Mato-Grossense.....	19
2.2. INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	20
2.2.1. Estudos sobre a relação entre matéria orgânica e as propriedades físico-hídricas do solo.....	21
2.3. INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO	22
2.3.1... Métodos de determinação da infiltração de água no solo	23
2.4. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO	24
2.4.1... Métodos para determinação da condutividade hidráulica	25
2.4.2... Infiltrômetro de pressão	25
2.4.3... Infiltrômetro de tensão	25
2.4.4... Fatores que influenciam na condutividade hidráulica.....	25
2.5. MODELOS NUMÉRICOS PARA QUANTIFICAR O MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO	26
2.5.1... Fluxo de água em meios saturados.....	26
2.5.2... Fluxo de água em meios não saturados	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.1. PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	30
3.2. AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS	31
3.3. MEDIÇÃO DA INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO.....	31
3.3.2... Infiltrômetro de Duplo Anel.....	32
3.4. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA DO SOLO.....	32
3.4.2... Infiltrômetro de Dupla Carga (<i>DualHead</i>).....	32
3.5. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA NÃO SATURADA DO SOLO	35
3.5.2... Infiltrômetro de mini disco.....	35
3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MICROCLIMA DA ÁREA DE ESTUDO	40

4.2.	CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA DINÂMICA DA SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA NA ÁREA DE ESTUDO	41
4.2.1...	Determinação da serrapilheira produzida e acumulada nos blocos ao longo do transecto em março de 2016.....	43
4.3.	CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NOS TRATAMENTOS CONTROLE E RETIRADA.....	44
4.4.	ANÁLISE DA TAXA DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO EM TRATAMENTO DE CONTROLE E RETIRADA DE SERRAPILHEIRA.....	50
4.3.	ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA DO SOLO EM TRATAMENTO DE CONTROLE E RETIRADA DE SERRAPILHEIRA.....	55
4.4.	ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA NÃO SATURADA DO SOLO EM TRATAMENTO DE CONTROLE E RETIRADA DE SERRAPILHEIRA.....	59
5.	CONCLUSÕES.....	63
	REFERÊNCIAS	64

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1** – Localização geográfica de Mato Grosso, distribuição espacial do bioma Pantanal em Mato Grosso e localização geográfica da área de estudo no Norte do Pantanal Mato-Grossense..... 29
- FIGURA 2** – Infiltrômetro de pressão dupla carga e componentes. A: Unidade de controle, B: Anel de inserção, C: prato de condução, D: parte superior do infiltrômetro que se encaixa ao anel de inserção, E: reservatório de água dobrável e F: tubos de conexão entre infiltrômetro, reservatório de água dobrável e unidade de controle..... 33
- FIGURA 3** – Perfil esquemático do Infiltrômetro de mini disco e seus componentes..... 36
- FIGURA 4** – Fluxograma das etapas da análise estatística dos dados..... 38
- FIGURA 5.** Variação sazonal da Precipitação mensal acumulada (mm) (a), média mensal da Umidade Relativa do Ar (%) (b) e média mensal da Temperatura do Ar (°C) (c) entre dezembro de 2012 e setembro de 2015 no Acurizal, Norte do Pantanal Mato-Grossense. Área sombreada refere-se ao período seco, determinado por meses sequenciais. 41
- FIGURA 6** – Média mensal da Serrapilheira produzida e acumulada (g m^{-2}) ($\pm$ DP) em 2014, 2015 e 2016..... 43
- FIGURA 7** – Serrapilheira produzida (g m^{-2}) (a) e serrapilheira acumulada (g m^{-2}) (b), em março de 2016, nos blocos delimitados ao longo do transecto no Acurizal. 44
- FIGURA 8** – Atributos físicos do solo nos blocos do transecto do Acurizal em dois tratamentos: controle (C) e retirada (R), em perfil com 30 cm de profundidade. Umidade volumétrica (UV, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), densidade do solo (DS, kg dm^{-3}), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}) e porosidade total (PT, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$). O perfil do solo foi dividido em camadas de 0 – 5 cm, 10 – 15 cm e 25 – 30 cm de profundidade. 45
- FIGURA 9** – Boxplot, por tratamento, dos atributos físicos do solo nos tratamentos controle, C, e retirada de serrapilheira, R, no transecto do Acurizal em três camadas distintas: 0-5 cm, 10-15 cm e 25-30 cm. Densidade do solo (DS, kg dm^{-3}), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}), umidade volumétrica (UV, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e porosidade total (PT, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$). Os pontos em preto correspondem às médias dos tratamentos controle e retirada. Cada boxplot foi gerado à partir dos dados de bootstrapping de 1000 interações das reamostragens aleatórias de 6 dados amostrais. 48

FIGURA 10 – Densidade de matéria seca de raiz (DR, kg dm^{-3}) no perfil do solo de 0 a 30 cm nos tratamentos controle (C) e retirada (R) no transecto do Acurizal. Raízes finas: diâmetro $< 2\text{mm}$, raízes médias: diâmetro entre 2 e 5 mm, raízes grossas: diâmetro entre 5 e 10 mm e raízes muito grossas: diâmetro $> 10\text{mm}$. Cada barra corresponde a dados de uma amostra. 50

FIGURA 11 – Taxa de infiltração (mm h^{-1}) de água no solo medido com infiltrômetro de duplo anel em dois tratamentos: controle e retirada, nos blocos do transecto do Acurizal. Curva da infiltração em ambos tratamentos do bloco 1 (a), bloco 2 (b), bloco 3 (c), bloco 4 (d), bloco 5 (e) e bloco 6 (f). 52

FIGURA 13 – Boxplot e média da velocidade de infiltração básica (VIB, mm h^{-1}) nos tratamentos controle e retirada. Cada boxplot foi gerado com 6 dados de VIB de cada tratamento. P valor = 0,9. 54

FIGURA 14 – Boxplot da condutividade hidráulica saturada (K_s , mm h^{-1}) no transecto do Acurizal. Os pontos brancos correspondem às médias dos tratamentos controle (C) e retirada (R) gerados à partir de bootstrapping de 1000 interações das reamostragens aleatórias de 6 dados amostrais. P valor = 0,082. **Erro! Indicador não definido.**

FIGURA 15 – Boxplot da condutividade hidráulica não saturada ($K(\theta)$, mm h^{-1}) no transecto do Acurizal. Os pontos brancos correspondem às médias dos tratamentos controle (C) e retirada (R) gerados à partir de bootstrapping de 1000 interações das reamostragens aleatórias de 6 dados amostrais. P valor = 1..... 60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Esquema de nomenclatura das unidades experimentais no Acurizal de acordo com os tratamentos e repetições constituintes de cada bloco.....	30
TABELA 2 - Parâmetros de Van Genuchten para 12 classes de textura do A valores para um raio de disco de 2,25 cm e valores de sucção de 0,5 a 6 cm. O tipo de solo analisado nesse estudo é o franco argilo arenoso (Sandy Clay Loam).....	37
TABELA 3 – Média por tratamento dos atributos físicos do solo no transecto do Acurizal em três camadas distintas: 0-10 cm, 10-15 cm e 25-30 cm. Densidade do solo (DS, kg dm^{-3}) (a), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}) (b), umidade volumétrica (UV, kg dm^{-3}).....	48
TABELA 4 – Condutividade Hidráulica Saturada (K_s , mm h^{-1}) nos blocos do transecto do Acurizal em dois tratamentos: controle e retirada	57
TABELA 5 – Coeficiente de correlação de Pearson entre a condutividade hidráulica saturada (K_s , mm h^{-1}) e os atributos físicos do solo, umidade volumétrica (UV, $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), densidade do solo (DS, kg dm^{-3}), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}) e porosidade total (PT, $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) em três profundidades, 0-5 cm, 10-15 cm e 25-30 cm. Os asteriscos indicam o nível de significância dos coeficientes: p-valor $\leq 0,05$ (*); (**) p-valor $\leq 0,01$; (***) p-valor $\leq 0,001$	59
TABELA 6 – Condutividade Hidráulica não Saturada [$K(\theta)$, mm h^{-1}] nos blocos do transecto do Acurizal em dois tratamentos: controle e retirada	59
TABELA 7 – Coeficiente de correlação de Pearson entre a condutividade hidráulica não saturada [$K(\theta)$, mm h^{-1}] e os atributos físicos do solo, umidade volumétrica (UV, $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$), densidade do solo (DS, kg dm^{-3}), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}) e porosidade total (PT, $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) em três profundidades, 0-5 cm, 10-15 cm e 25-30 cm. Os asteriscos indicam o nível de significância dos coeficientes: p-valor $\leq 0,05$ (*); (**) p-valor $\leq 0,01$; (***) p-valor $\leq 0,001$	61

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1)	26
Equação (2)	26
Equação (3)	26
Equação (4)	27
Equação (5)	27
Equação (6)	27
Equação (7)	28
Equação (9)	32
Equação (10)	34
Equação (10)	34
Equação (11)	34
Equação (12)	34
Equação (13)	36
Equação (14)	37
Equação (15)	37
Equação (16)	37

RESUMO

PAVÃO, L. L. **Caracterização dos atributos físico-hídricos do solo em área de Acuri do Pantanal Mato-Grossense**. Cuiabá, 2017. 70f. Dissertação (mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso

O Pantanal Mato-Grossense é uma das maiores planícies alagáveis do mundo e possui grande diversidade em espécies florísticas. Inserido no Pantanal está o Acurizal, região assim conhecida, pela dominância da palmeira Acuri. O Pantanal Mato-Grossense tem sido objeto de muitos estudos que tratam sobre as variáveis microclimáticas, composição faunística e florística, dinâmica da vegetação, entre outros diversos assuntos. No entanto, ainda são escassos os estudos que discorrem sobre o solo e suas propriedades físico-hídricas; e como essas propriedades se relacionam com outras variáveis do sistema. Nesse sentido, esse trabalho se justifica em caracterizar e analisar os parâmetros físico-hídricos do solo para auxiliarem na compreensão da dinâmica desse ecossistema, bem como para gerar dados bases que possam, porventura, complementar modelos que os necessitam. Portanto, objetivou analisar a influência da serrapilheira sobre as propriedades físico-hídricas do solo franco argilo arenoso em área de Acuri do Pantanal Mato-Grossense. A área de estudo é uma região com dominância de Acuri, localizada no Norte do Pantanal Mato-Grossense. Na área de estudo foi delimitado um transecto de aproximadamente 50 m no qual foram demarcados seis blocos, com dois tratamentos em cada bloco. Cada bloco foi composto por dois tratamentos, em um tratamento foi retirado, mensalmente, toda serrapilheira acumulada sobre o solo, durante um período de quase dois anos, no outro tratamento a serrapilheira foi preservada em condições naturais. A coleta de amostras de solo, os ensaios de infiltração e condutividade hidráulica foram realizados nos dias 6, 7 e 8 de abril de 2016. Os ensaios de infiltração foram realizados com o infiltrômetro de duplo anel, já os ensaios de condutividade hidráulica saturada e não saturada foram realizados com os infiltrômetros de dupla carga e mini disco, respectivamente. Houve sazonalidade no microclima da região com meses mais chuvosos no verão e secos no inverno. Em função da sazonalidade microclimática há sazonalidade da serrapilheira produzida e acumulada. Há maior densidade do solo nos tratamentos retirada e nas camadas mais profundas, e maior umidade volumétrica e porosidade total no tratamento controle. Não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre as propriedades físico-hídricas do solo. Entretanto foi possível observar algumas tendências, tais como taxa de infiltração sensivelmente maior no tratamento retirada, provavelmente em função do menor potencial matricial quando o solo está mais seco, condutividade hidráulica saturada levemente maior no tratamento controle, de correlação positiva com a umidade volumétrica (0-5 cm de profundidade) e condutividade hidráulica não saturada sensivelmente maior no tratamento retirada. Portanto, foi possível constatar que a serrapilheira exerce influência nos atributos físicos do solo, aumentando o fluxo de água e ar, consequentemente melhorando a sua qualidade física.

Palavras-chave: Fitofisionomia, Liteira, física do solo.

ABSTRACT

PAVÃO, L. L. **Characterization of soil physical-water attributes in the Acuri area of the Mato Grosso Pantanal.** Cuiabá, 2017. 70f Dissertation (Masters in environmental physics) – Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso.

The Mato Grosso Pantanal is one of the largest floodplains in the world and has great floristic diversity in species. Inserted in the Pantanal is located in Acurizal, so well known region, by the dominance of the Acuri palm tree. The Pantanal Mato-Grossense has been the object of many studies that deal with microclimatological variables, faunal and floristic composition, vegetation dynamics, among others. However, there are still few studies that discuss the soil and its own physical-water; And how these properties relate to other system variables. In this sense, this work is justified in characterizing and analyzing the soil physical-water parameters to help in understanding the dynamics of the ecosystem, as well as to generate databases that, if necessary, complement the models they need. Therefore, the objective is to analyze the influence of the litter on the physical-water properties of the sandy loam clay soil in the Acuri area of the Mato Grosso Pantanal. The study area is a region dominated by Acuri, located in the northern Mato Grosso Pantanal. In the study area for the delimitation of about 50 m there are no limits for the blocks, with two treatments in each block. Each block was composed of two treatments, in a treatment for monthly withdrawal, every litter accumulated on the soil, during a period of two years, without litter treatment was preserved under natural conditions. The soil sample collection, infiltration and hydraulic conductivity tests were performed on April 6, 7 and 8, 2016. The infiltration tests were performed with double ring infrared, already saturated and non-saturated hydraulic conductivity tests With the infiltrates of double load and mini disc, respectively. There was non microclimate seasonality of the region with wetter months in summer and dry in winter. Due to the microclimatological seasonality there is seasonality of litterfall and litterpool. There is higher soil density in the treatments withdrawn and in the deeper layers, and greater volumetric humidity and total porosity in the control treatment. No statistically significant differences were detected between soil physical and hydraulic properties. However, it is possible to observe some trends, such as significantly higher infiltration rates without treatment withdrawn, due to lower matrix potential when the soil is drier, saturated hydraulic conductivity slightly higher without control treatment, positive correlation with volumetric humidity -5 cm deep) and unsaturated hydraulic conductivity appreciably greater treatment not removed. Therefore, it was possible to verify that a litter exerts influence on the physical attributes of the soil, increasing the flow of water and air, consequently improving its physical quality.

Key words: Phytophysiognomy, Lithira, soil physics

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

A preocupação com os recursos naturais é crescente devido à necessidade de reconhecer a sua fonte, desta forma, potencializando seu uso com o mínimo de impacto possível. No mundo inteiro, vastas extensões de áreas naturais são convertidas, constantemente, em regiões antropizadas com ilhas de habitats naturais (LAURENCE & JÚNIOR BIERREGAARD, 1997). No Brasil, as conversões de fisionomias naturais em áreas antropizadas são relacionadas, geralmente, com a expansão das áreas urbanas bem como das fronteiras agrícola e pecuária (SCHLESINGER, 2014).

A antropização das áreas naturais compromete a manutenção dos ecossistemas, pois os ecossistemas naturais vegetados são sustentados pela interação entre a cobertura vegetal e os atributos do solo (SILVA et al., 2007), porquanto, a ciclagem de nutrientes ocorre por meio do acúmulo e decomposição da matéria orgânica de origem vegetal e animal, conhecida como serrapilheira, que é depositada naturalmente sobre o solo (CARDOSO et al., 2011).

A serrapilheira, além da ciclagem de nutrientes, atua como barreira física dificultando a perda de água no solo para a atmosfera (CAMPANHA et al., 2007). Afora isso, nas regiões com cobertura natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água (FAJARDO et al., 2010).

Um dos principais biomas do Brasil é o Pantanal Mato-Grossense, assim destacado por ser a maior planície sazonalmente alagável da Terra (RODRIGUES et al., 2002). Consequentemente, o Pantanal, localizado em uma faixa de grande interação entre ecossistemas terrestres e aquáticos, tem sido um espaço de tensão ecológica (PEREIRA et al., 2012).

Inserido no Pantanal Mato-Grossense existem determinadas regiões onde há dominância de algumas espécies vegetativas invasoras, como o Acurizal (PAVÃO et al., 2015). O Acurizal é uma região, assim dominada, pela dominância da *Scheelea*

phalerata (Mart. Ex Spreng.) Burret, espécie de palmeira conhecida localmente como Acuri.

Uma das variáveis usada para análise da interação da água com o solo é a infiltração, definida como o processo de transferência da água que está na superfície do solo para o seu interior (NUNES et al., 2012). Ela é influenciada por condicionantes ambientais como variáveis meteorológicas e atributos físicos do solo, com variações significativas em regiões compostas por vários ecossistemas (ZONTA et al., 2012). Em ecossistemas naturais a infiltração é de suma importância no balanço hídrico regional, movimento de nutrientes para o interior do solo e suprimento da demanda hídrica das plantas.

Geralmente a infiltração é medida em termos de taxa, que é o fluxo de água que atravessa a superfície por unidade tempo, e entre as variáveis que influenciam este fluxo, a condutividade hidráulica do solo (K) se destaca (MESQUITA & MORAIS, 2004), pois representa a facilidade com que o solo transmite água. O valor máximo de condutividade hidráulica é atingido quando o solo se encontra saturado, e é denominado de condutividade hidráulica saturada (REICHARDT, 1990).

Tendo em vista a relevância dessas propriedades físico-hídricas no ecossistema e a forma como fazem a interação entre solo, vegetação e atmosfera, é perceptível que a carência de dados das propriedades físico-hídricas, que caracterizam o Pantanal, torna-se um dos fatores limitantes nos modelos de ecossistema em micro, meso e macro escala.

1.2. JUSTIFICATIVA

Atualmente há um número considerável de estudos no Pantanal envolvendo a dinâmica do clima, das espécies faunísticas e florísticas entre outras variáveis biofísicas do ambiente. Todavia, são escassos estudos que tratam sobre as propriedades do solo em cada um dos ecossistemas bem como dos processos físicos que ocorrem nele, e como essas propriedades do solo estão relacionadas com cada componente do ecossistema no qual está inserido.

Nesse contexto esse trabalho se justifica em analisar as variáveis físico-hídricas e como elas respondem às variações de serrapilheira do ecossistema, pois a

serrapilheira é uma variável que permite analisar parte da interação entre o solo e a dinâmica do ecossistema; visto como a serrapilheira produzida e acumulada, além de ser reflexo das condições hídricas e meteorológicas locais, ainda se relacionam com algumas propriedades físico-hídricas do solo. Portanto, esse trabalho teve por objetivo:

1.2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral com este trabalho foi analisar a influência da serrapilheira sobre os atributos físico-hídricos de um Planossolo Háplico Eutrófico, textura franco argilo arenosa em área de acuri no Pantanal Mato-Grossense.

1.2.2. Objetivos Específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- Caracterizar o microclima da área de estudo;
- Caracterizar e analisar a serrapilheira produzida e acumulada
- Caracterizar e analisar os atributos físicos do solo em tratamento de controle e retirada de serrapilheira;
- Analisar a taxa de infiltração de água no solo em tratamento de controle e retirada de serrapilheira;
- Analisar a condutividade hidráulica saturada do solo em tratamento de controle e retirada de serrapilheira;
- Analisar a condutividade hidráulica não saturada do solo com e retirada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PANTANAL MATO-GROSSENSE

Localizado no interior da América do Sul, o Pantanal Mato-Grossense é uma densa planície aluvial a sudoeste do Estado de Mato Grosso e noroeste do Estado do Mato Grosso do Sul (LORENZON & MACHADO FILHO, 2012). Em nível de localização global, o Pantanal está situado entre os meridianos 55° e 58° de longitude oeste e os paralelos de 16° e 22° de latitude sul (SILVA et al., 2013).

Em termos hidrológicos, está inserido na bacia do Alto Paraguai, e é a maior planície savânica inundável do Globo (RODRIGUES et al., 2002; SILVA & ABDON, 1998). Por estar nessa região, possui características sazonais de ocorrência de cheias. Além disso, em função da considerável intensidade de precipitação pluvial associada às características físicas da região, o Pantanal apresenta pulsos sazonais de inundação (GALDINO & RESENDE, 2000), onde o solo permanece inundado durante alguns meses do ano, propiciando a formação de um solo hidromórfico (POTT, 1994).

Por apresentar esse regime hidrológico peculiar associado à sua vasta biodiversidade, o Pantanal Mato-Grossense é uma região de grande importância sócio-econômica e ecológica (SANTOS & NOGUEIRA, 2015). Esse regime de inundações a que o Pantanal está submetido é o seu fator ecológico fundamental, determinando os principais processos bióticos e abióticos da planície, bem como as composições específicas das unidades de paisagem (SIGNOR et al., 2010).

O termo unidade de paisagem refere-se a uma porção geograficamente distinta na paisagem que possui característica visual diferenciada da qual está circundada. Já a Fitofisionomia engloba a estrutura e as formas de vida dominantes das plantas de um dado lugar. Enquanto, que por tipo de vegetação entende-se a fisionomia, flora e ambiente (CUNHA et al., 2010).

No Pantanal Mato-Grossense há um grande número de unidades de paisagens que se diferem umas das outras pelo seu tamanho e, principalmente, em respeito a duração e profundidade da inundação anual (CUNHA et al., 2010). Inseridas nessas

unidades de paisagem, há determinadas regiões com dominância de algumas espécies vegetativas como o Cambarazal e o Acurizal, e estas possuem dinâmicas diferentes por terem características diferentes (PAVÃO et al., 2015).

Um componente dos ecossistemas pantaneiros de grande relevância para manutenção dessas regiões é a serrapilheira. A sua importância está relacionada ao fato da ciclagem de nutrientes minerais, via decomposição da serrapilheira, ser essencial na composição da estrutura, bem como no funcionamento dos ecossistemas florestais (VITAL et al., 2004).

2.1.1. Dinâmica da serrapilheira no Pantanal Mato-Grossense

Serrapilheira é a matéria orgânica de origem vegetal depositada sobre o solo, constituída principalmente por folhas, galhos, frutos, flores e sementes (VIERA & SCHUMACHER, 2010). A dinâmica de serrapilheira compreende os processos de produção pela vegetação, acúmulo sobre o solo e a sua decomposição líquida (SILVA, 2013).

No Norte do Pantanal Mato-Grossense, a produção da serrapilheira varia sazonalmente, com maiores aportes no período seco (SILVA et al, 2009; SILVA, 2013; PAVÃO et al, 2015). Já o acúmulo da serrapilheira é regulado pela produção e decomposição de serrapilheira (ANDRADE et al., 2003), sendo, esta última, dependente da umidade e temperatura do ambiente e do solo, bem como da presença de microrganismos decompositores. Dessa forma, por depender de diversos fatores, nem sempre é perceptível um padrão nítido de sazonalidade.

Silva et al. (2009) analisando a contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes para o solo entre maio de 2004 e abril de 2005 no Norte de Mato Grosso, verificaram que a serrapilheira produzida teve sazonalidade bem definida com máxima produção em setembro, $1334,1 \text{ kg ha}^{-1}$ e mínima em dezembro, $212,9 \text{ kg ha}^{-1}$. Os autores ainda observaram maiores acúmulos em junho, no período seco, e janeiro, com valor médio mensal igual a 6494 kg ha^{-1} e $5790,5 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Além disso, no mesmo estudo, as maiores taxas de decomposição ocorreram no período chuvoso.

Pavão et al. (2015), estudando a dinâmica da produção e acúmulo da serrapilheira no Acurizal e no Cambarazal do Pantanal no Norte de Mato Grosso em 2014, também constataram sazonalidade da produção da serrapilheira, com máximo de $1657 \pm 307 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ em agosto e mínimo de $474 \pm 218 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ em novembro no Cambarazal, e, máximo de $1198 \pm 1385 \text{ kg ha}^{-1}$ em setembro e mínimo de $311,4 \pm 137 \text{ kg ha}^{-1}$ em dezembro no Acurizal.

A maior deposição de serrapilheira no período seco está relacionada com uma resposta da vegetação ao agravamento do estresse hídrico sendo, portanto, determinado a queda de folhas que, por sua vez, é uma medida preventiva à alta perda de água por transpiração (ALVES et al., 2006).

Ainda de acordo com o estudo de Pavão et al. (2015), o valor mínimo de serrapilheira acumulada no Cambarazal em 2014 foi $3384 \pm 1064,3 \text{ kg ha}^{-1}$ em julho, enquanto que no Acurizal a menor serrapilheira acumulada foi $2682 \pm 1053,1 \text{ kg ha}^{-1}$ em junho. Os máximos de serrapilheira acumulada foram $722,8 \pm 333,3 \text{ kg ha}^{-1}$ em setembro no Cambarazal e $6813 \pm 3699 \text{ kg ha}^{-1}$ em dezembro no Acurizal.

2.2. INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A camada de serrapilheira responde pela maior parte dos nutrientes ciclados em ecossistemas florestais e agroflorestais tropicais (ANDRADE et al., 2003). Ela é composta pelo acúmulo de matéria orgânica de origem animal e vegetal sobre o solo. Desta forma, em ecossistemas naturais, a matéria orgânica é, em sua totalidade, proveniente da serrapilheira.

A matéria orgânica influencia uma das principais características físicas do solo, a agregação, e desta forma, afeta indiretamente, outras características como a densidade, porosidade, aeração e capacidade de retenção e infiltração de água (OSÓRIO FILHO et al., 2002).

Isso se dá devido a matéria orgânica ser um constituinte cimentante (REINERT & REICHERT, 2006) que condiciona a formação de agregados, preservando a porosidade e consequentemente, a capacidade de infiltração de água (MENDONÇA et al., 2009). Afora a contribuição na formação, a matéria orgânica é o principal agente de estabilização desses agregados (WENDLING et al., 2012).

Além disso, a matéria orgânica tem baixa densidade e, portanto, quanto maior o seu teor no solo, menor será a densidade desse solo (REINERT & REICHERT, 2006).

Nesse sentido, é facilmente percebido que a matéria orgânica tem grande influência sobre a dinâmica física do solo, tanto por atuar diretamente sobre alguns dos processos físicos que nele ocorrem, quanto por seus efeitos indiretos (BRAIDA et al., 2011).

2.2.1. Estudos sobre a relação entre matéria orgânica e as propriedades físico-hídricas do solo

Mendonça et al. (2009) avaliando a capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo na Chapada do Araripe, Ceará, com auxílio do infiltrômetro de duplo anel, verificaram correlação linear positiva entre a capacidade de infiltração e o teor de matéria orgânica. Os autores verificaram uma capacidade de infiltração menor que 2 cm min^{-1} quando o percentual de matéria orgânica no solo estava entre 4 e 5% e de aproximadamente 8 cm min^{-1} quando o teor de matéria orgânica no solo foi aproximadamente 14%, sendo facilmente afetada pelo tipo de vegetação. Dessa forma, a capacidade de infiltração é função do tipo de cobertura do solo.

De acordo com Silingovschi et al. (2006), ao estudarem a dinâmica da água no solo a partir de dados tensiométricos, concluíram que o maior fluxo de água no solo ocorre em função da serrapilheira garantir a manutenção da umidade superficial, além de diminuir consideravelmente o efeito das gotas de chuvas no que tange ao selamento superficial.

De igual modo, Barbosa (2012) avaliando a condutividade hidráulica saturada e a infiltração sob espécies florestais da Mata Atlântica na região Serrana Fluminense, utilizando infiltrômetro de duplo anel e infiltrômetro de tensão, concluíram que as coberturas florestais contribuíram para melhoria da dinâmica da água do solo na camada superficial, visto que a deposição da serrapilheira eleva o teor de matéria orgânica e deixa o solo melhor estruturado e, conseqüentemente, aumenta sua capacidade de infiltração.

Para Menezes et al. (2009), o depósito de serrapilheira contribui para o incremento da matéria orgânica do solo, que proporciona melhor formação,

estruturação e estabilização dos agregados, bem como promove a melhoria nos atributos físico-hídricos relacionados ao processo de infiltração.

Vallejo (1982) apontou que a remoção da serrapilheira reduziu a taxa de infiltração entre 18-38%. As razões atribuídas às reduções foram a exposição do solo à ação direta das gotas de chuva e o incremento das taxas de escoamento superficial, decorrente das alterações estruturais na superfície do solo.

2.3. INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

A infiltração da água no solo é um processo dinâmico pelo qual a água penetra verticalmente a superfície do solo (BRANDÃO et al., 2006). É um dos processos mais importantes que compõem o ciclo hidrológico visto ser determinante no que tange a disponibilidade de água na recarga dos lençóis freáticos, ao escoamento superficial, ao balanço de água na zona das raízes, ao manejo do solo e água bem como ao deflúvio superficial, que por sua vez é responsável pelo fenômeno da erosão durante precipitações pluviais (CECÍLIO et al., 2003; PANACHUKI et al., 2006).

O processo de infiltração se dá pela diferença de potencial entre a água da chuva ou irrigação que está na superfície do solo e a água no interior do solo. Isso porque quando acumulada sobre a superfície do solo a água tem potencial aproximadamente nulo, enquanto que a água no interior do solo tem potencial negativo, potencial este tanto mais negativo quanto mais seco estiver o solo (REICHARDT, 1987; POTT, 2001; FARIAS, 2015;), sendo, desta forma, estabelecido um gradiente de potencial que permite que haja um fluxo no sentido do decréscimo do potencial.

A infiltração depende diretamente de diversos fatores, dentre os quais se destacam as propriedades físicas do solo como densidade (ALVES et al., 2007; PANACHUKI et al., 2011; ZWIRTES et al., 2012) textura (MESQUITA & MORAES, 2004; SILVA et al., 2005), umidade (ANDRADE et al., 1987), porosidade (NICOLOSO et al., 2008, SALES et al., 1999), além da cobertura vegetal (TUCCI & CLARKE, 1997), entre outros.

2.3.1. Métodos de determinação da infiltração de água no solo

A infiltração é analisada, geralmente, em termos de taxa ou de acúmulo de lâmina infiltrada. A taxa de infiltração diz respeito a lâmina de água, ou seja, volume por unidade de área, que infiltra em um perfil de solo por unidades de tempo (LIBARD et al., 2005). O conhecimento da taxa de infiltração da água no solo é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo, planejar e delinear sistemas de irrigação e drenagem, bem como auxiliar na composição de uma imagem mais real da retenção da água e aeração no solo (FAGUNDES et al., 2012; GONDIM et al., 2010; SANTOS et al., 2013).

Inicialmente, a taxa de infiltração é elevada e à medida que o solo satura seu valor diminui, até se tornar constante a partir do momento que o solo fica completamente saturado (ALVES SOBRINHO et al., 2003; SILVA & KATO, 1998). Atualmente existem várias metodologias para determinar a infiltração, porém, para utilização dos resultados é importante conhecer como cada método interage com os atributos do solo (POTT & DE MARIA, 2003). Dentre essas metodologias as mais utilizadas são os infiltrômetros de anéis concêntricos, ou duplo anel, e o infiltrômetro de aspersores (COELHO et al., 2000).

Apesar de largamente utilizada, a metodologia que faz uso do infiltrômetro de anéis concêntricos possui inconvenientes como a possibilidade de superestimar a infiltração em função da instalação do equipamento onde pode haver deformação na estrutura do solo (PEREIRA, 2007), e de não levar em consideração o impacto das gotas de chuva contra a superfície do solo, as quais provocam o selamento superficial (FIORIN, 2008; POTT & DE MARIA, 2003). Outra desvantagem dessa metodologia é a demanda de grande volume de água para a realização dos ensaios, além da difícil introdução dos anéis no solo quando este se encontra seco.

Uma inovação relativamente recente é o infiltrômetro de tensão de mini disco (*Mini Disk*) que mede a infiltração e a condutividade hidráulica não saturada. Suas vantagens estão principalmente na fácil instalação e no pequeno volume de água necessário para realizar os ensaios, além disso, o seu tamanho reduzido permite a realização de diversos ensaios num curto período de tempo (MENDES, 2008).

2.4. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO

O estado da água no solo é basicamente caracterizado pelo potencial total da água no solo, que nada mais é que a sua energia por unidade de massa (MACIEL NETTO, 1994). O movimento da água no solo ocorre sempre que houver diferenças nesse potencial nos diferentes pontos do sistema (REICHARDT & TIMM, 2004). Via de regra, esse movimento se dá de um ponto de maior potencial para outro de menor potencial, pois a tendência de toda matéria no universo é sempre assumir estados de menor energia potencial (GUERRA, 2000; HILLEL, 1980)

Para caracterizar, em termos de fluxo, esse movimento da água no solo é essencial a quantificação de uma propriedade hidráulica do solo conhecida como condutividade hidráulica (K) (HURTADO et al., 2005; SILVA JÚNIOR et al., 2013). A condutividade hidráulica do solo é um atributo que expressa a facilidade com que a água se movimenta no perfil deste solo (GONÇALVES & LIBARDI, 2013). Ela é uma das propriedades físicas do solo mais importantes na determinação quantitativa e qualitativa do movimento de água nesse sistema (FARIAS, 2008). Isso porque o movimento da água no solo controla a dinâmica dos elementos químicos que intervêm nos processos de formação e evolução dos solos, na disponibilidade de nutrientes para as plantas e na satisfação da demanda hídrica (MACIEL NETTO et al., 2000).

Henry Darcy, em 1856, elaborou a primeira equação para quantificar o movimento da água no solo (FERRAZ et al., 2015). Essa equação, conhecida como equação de Darcy, estabelece que a quantidade de água que passa por unidade de tempo e de área pelo meio poroso saturado é proporcional ao gradiente de potencial total da água nesse meio (GONÇALVES & LIBARDI, 2013). Portanto, em termos matemáticos, a condutividade hidráulica é o coeficiente de proporcionalidade da equação de Darcy, que rege o movimento de fluidos nos meios porosos (LACERDA et al., 2005).

Esse coeficiente é altamente dependente da umidade e tem o seu valor máximo quando o solo está completamente saturado (HURTADO et al., 2005). Isso porque o solo saturado conduz água por todos os vazios, enquanto que, o não saturado só através dos filmes de água que envolve suas partículas (CARVALHO,

2002; SILVA JÚNIOR, 2010). Deste modo, quando não saturado o solo, a área útil condutora de água é menor e consequentemente, a tortuosidade do caminhamento da água aumenta (LACERDA et al., 2005).

2.4.1. Métodos para determinação da condutividade hidráulica

Quando o solo se encontra completamente saturado e a condutividade hidráulica atinge seu valor máximo, passamos então a chamá-la de Condutividade Hidráulica Saturada (K_s). No entanto, em campo, nem sempre o solo fica completamente saturado, e então avaliamos a Condutividade Hidráulica em situações de não saturação (K_θ). Dentre os métodos disponíveis para a determinação da Condutividade Hidráulica utiliza-se geralmente, em situações de não saturação, o infiltrômetro de tensão e, em condições de saturação, infiltrômetros de pressão.

2.4.2. Infiltrômetro de pressão

Os infiltrômetros de pressão são equipamentos capazes de determinar a infiltração e a condutividade hidráulica do solo em condições de saturação, pois utilizam, grandes volumes de água. Nesse tipo de equipamento, é fornecido ao solo determinada carga hidráulica controlada que deve permanecer constante (REYNOLDS & ELRICK, 1992; POTT & DE MARIA, 2003) que favorece a infiltração da água no solo.

2.4.3. Infiltrômetro de tensão

Os Infiltrômetros de tensão ou permeâmetros de disco são equipamentos que podem determinar o movimento da água no solo não saturado (BORGES et al., 1999). Estes infiltrômetros possuem um mecanismo capaz de realizar medições de infiltração de água sob potencial negativo, permitindo o estudo do movimento da água em solos não saturados (POTT & DE MARIA, 2003). Mais especificamente, os infiltrômetros de tensão podem medir o fluxo de água que entra no solo, eliminando a influência do fluxo preferencial que geralmente é apresentada em condições saturadas (CHÁVEZ et al., 2014).

2.4.4. Fatores que influenciam na condutividade hidráulica

A condutividade hidráulica está diretamente relacionada com o conteúdo de água no solo e, mesmo que de forma indireta, com a funcionalidade de seu sistema

poroso, englobando propriedades relacionadas com a sua porosidade (GOLÇALVES & LIBARDI, 2013). Além dessas variáveis, outras exercem grande influência na condutividade hidráulica como, por exemplo, algumas propriedades físicas do solo, é o caso da textura, da densidade de partículas e densidade do solo, sendo esta última relacionada à porosidade (MESQUITA & MORAES, 2004), e da cobertura do solo, como a serrapilheira (SOUSA & CELLIGOI, 2011).

2.5. MODELOS NUMÉRICOS PARA QUANTIFICAR O MOVIMENTO DA ÁGUA NO SOLO

Ao estudar o fluxo de água no solo, é conveniente fazer a distinção entre fluxo de água em solo saturado e fluxo de água em solo não saturado (REICHARDT & TIMM, 2004). No fluxo em condições saturadas todos os vazios do solo estão completamente preenchidos por água e a carga de pressão é positiva (LIBARDI, 2014), nesse caso a umidade (θ) não é variável e é igual a porosidade (α) (REINERT & REICHERT, 2006), e a condutividade Hidráulica (K) também é constante e assume, nessas condições, seu valor máximo, denotado, geralmente, como K_s .

2.5.1. Fluxo de água em meios saturados

Na etapa saturada do solo (quando $\theta=\alpha$), o fluxo é governado pela Lei de Darcy. A equação de Darcy, como hoje é conhecida, estabelece que a densidade do fluxo (q) é proporcional à seção transversal e ao gradiente hidráulico. A constante de proporcionalidade foi denominada por Darcy de condutividade hidráulica, hoje conhecida como condutividade hidráulica do solo saturado (K_s) (GONÇALVES & LIBARDI, 2013; REICHARDT & TIMM, 2004), Equação (1):

$$q = -K_s \cdot i \cdot A \quad (1)$$

Sendo i dado por:

$$i = \frac{\Delta\phi_t}{L} \quad (2)$$

E Φ_t é dado por:

$$\phi_t = \phi_p + \phi_g \quad (3)$$

Em que q é a densidade do fluxo (mm h^{-1}), K_s é a condutividade hidráulica saturada (mm h^{-1}), i é o gradiente de potencial hidráulico (m m^{-1}), A é área da seção transversal (m^2), $\Delta\Phi_t$ é a diferença de potencial total (m), L é o comprimento da amostra (m), Φ_p é o potencial de pressão (m) e Φ_g é potencial gravitacional (m) (DE MORAIS, 2012; GERSCOVICH, 2011).

No entanto, como em campo nem sempre o solo encontra-se saturado. Houve a necessidade de adaptação dessa equação para atender a essa necessidade específica. Nesse contexto, em 1907, Buckingham teorizou uma equação para o fluxo da água em meios porosos não saturados.

2.5.2. Fluxo de água em meios não saturados

A equação de Darcy-Buckingham, assim denominada, é muito semelhante à equação de Darcy, por ser apenas uma adaptação desta última. A única diferença entre ambas é que na equação de Darcy-Buckingham foi introduzida uma relação funcional entre condutividade hidráulica e conteúdo de água no solo e, da mesma forma, entre o potencial mátrico e conteúdo de água no solo (GONÇALVES & LIBARDI, 2013; VASCONCELLOS & AMORIM, 2001), Equação (4):

$$q = -K(\theta) \cdot i \cdot A \quad (4)$$

Em que i é dado por:

$$i = \frac{\Delta\phi_t}{L} \quad (5)$$

E Φ_t dado por:

$$\phi_t = \phi_m + \phi_g \quad (6)$$

Em que q é a densidade do fluxo (mm h^{-1}), $K(\theta)$ é a função condutividade hidráulica em condições não saturada (mm h^{-1}), i é o gradiente de potencial hidráulico (m m^{-1}), A é área da seção transversal (m^2), $\Delta\Phi_t$ é a diferença de potencial

total (m), L é o comprimento da amostra (m), Φ_g é potencial gravitacional (m) Φ_m é o potencial matricial (m) (MIRANDA et al., 2015).

É importante ressaltar que o potencial total (Φ_t) difere de condições saturadas para condições não saturadas. Em condições saturadas, Φ_t é a soma do potencial gravitacional (Φ_g) e do potencial de pressão (Φ_p) (MIRANDA et al., 2015), pois, na saturação há uma pressão sendo exercida por uma carga d'água sobre o ponto considerado, além da influência da gravidade (REICHARDT & TIMM, 2004). Já em condições não saturadas, Φ_t é a soma dos potenciais gravitacional (Φ_g) e matricial (Φ_m) (BIASSUSI, 2011), uma vez que a componente matricial está ligada ao teor de água no solo não saturado ou saturado por capilaridade, sendo resultante das forças de adsorção que mantêm a água aderida às partículas sólidas e aos fenômenos de capilaridade existentes nos interstícios da massa de solo (MIQUELETTTO, 2007).

Uma limitação da equação de Darcy-Buckingham é que ela não descreve como a umidade que varia com o tempo (ALMEIDA, 2013). Nesse contexto, Richards, em 1941, combinou a equação de Darcy-Buckingham com a equação da continuidade, obtendo a equação diferencial que descreve o movimento da água no solo insaturado conhecida pelo nome de Equação de Richards (GONÇALVES & LIBARDI, 2013), Equação (7):

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \cdot \frac{\partial \phi_t}{\partial z} \right] \quad (7)$$

Essa equação descreve o fluxo de água em solos não saturados, demonstrando que a variação do teor de água com tempo é igual à variação da densidade do fluxo de água ao longo de uma distância (BIASSUSI, 2011).

É importante ressaltar que essas equações são aplicáveis a qualquer ambiente desde que obedeçam às condições de umidade do solo a que cada qual se refere.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado na porção Norte do Pantanal Mato-Grossense, no Parque Baía das Pedras pertencente a Estância Ecológica do Serviço Social do Comércio (SESC) – Pantanal no município de Poconé, Mato Grosso, Brasil. A região é uma área não antropizada e está localizada sob as coordenadas 16°30'15'' S, 56°24'15''O (**FIGURA 1**).

A área de estudo é uma denominada Acurizal devido a dominância da palmeira *Scheelea phalerata* (Mart. Ex Spreng.) Burret, popularmente conhecida como Acuri. Essa região é densamente florestada, classificada como floresta semidecídua, onde o sub-bosque é dominado pelo Acuri (HOFMANN et al., 2010).



FIGURA 1 – Localização geográfica de Mato Grosso, distribuição espacial do bioma Pantanal em Mato Grosso e localização geográfica da área de estudo no Norte do Pantanal Mato-Grossense.

Apesar do Acuri ser a espécie dominante no Acurizal (362,4 indivíduos/ha), há ainda 23 outras espécies de 19 famílias distintas, dentre as quais as com maiores

densidades (indivíduo por hectare) são *Combretum leprosum* Mart. (81,83 ind./ha), *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (58,45 ind./ha) e *Rheedia brasiliensis* Planch. & Triana (46,76 ind./ha) (PASA, 2015).

O solo da região estudada é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico Típico, segundo CARVALHO (2013) de textura franco argilo arenosa. O pH do solo no Acurizal é em torno de 6,4, a média anual de carbono $27,55 \pm$ g/kg (DIAS, 2016) e o teor de matéria orgânica em média de 2%.

3.1. PONTOS DE AMOSTRAGEM

O trabalho possui dois tratamentos, em duas condições de serrapilheira, com seis repetições cada tratamento. Em um tratamento foi retirada, uma vez por mês, toda serrapilheira acumulada sobre o solo, durante um período de aproximadamente dois anos, tratamento “retirada”, no outro tratamento a serrapilheira foi preservada em condições naturais, tratamento “controle”.

As repetições dos tratamentos estão dispostas em blocos, compostos com pares adjacentes dos dois tratamentos, distribuídos ao longo de um transecto de 50 m, ou seja, cada bloco possui uma repetição de cada tratamento.

Portanto, os pontos de amostragens foram em todas as repetições dos dois tratamentos. Desta forma, nesse estudo, foram consideradas 12 unidades experimentais, isso porque haviam seis blocos e dois tratamentos em cada bloco. Cada unidade experimental possuía área de aproximadamente $1,6 \text{ m}^2$ e está denominada neste trabalho de acordo com o tratamento e o bloco correspondente (TABELA 1)

TABELA 1 – Esquema de nomenclatura das unidades experimentais no Acurizal de acordo com os tratamentos e repetições constituintes de cada bloco.

Blo co	Tratamento	
	Controle	Retirada
1	1(C)	1(R)
2	2(C)	2(R)
3	3(C)	3(R)
4	4(C)	4(R)
5	5(C)	5(R)
6	6(C)	6(R)

3.2. AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DOS DADOS

A coleta de dados ocorreu entre os dias 6 e 8 de abril de 2016. Esse período foi escolhido por permitir melhor análise da influência da serrapilheira na umidade do solo e consequentemente da infiltração e condutividade hidráulica. Isso se dá devido ao mês de abril ser um período de transição entre o período seco e o chuvoso, ou seja, o solo não estaria em condições saturadas bem como não estaria seco.

Coletou-se amostras com estrutura preservada de solo em três profundidades (0-5, 10-15 e 25-30 cm) de cada tratamento. A coleta das amostras de solo foi realizada em cilindros volumétricos de aço inoxidável com 100 cm³ utilizando amostrador para amostras indeformadas. Foi coletada uma amostra indeformada de solo em cada profundidade de cada tratamento em cada um dos blocos, perfazendo um total de 36 amostras.

As análises físicas do solo realizadas foram umidade volumétrica, densidade do solo, densidade de partícula e porosidade total seguindo recomendações do Manual de Métodos de Análise de Solo (Embrapa, 2011). Além dessas, realizou-se análise de densidade de massa seca de raízes com metodologias descritas por Cunha et al. (2010) e pelo Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015).

3.3. MEDIÇÃO DA INFILTRAÇÃO E CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SOLO

Foram realizados dois ensaios de infiltração e condutividade hidráulica em cada bloco, sendo um em cada tratamento. A infiltração foi medida com o infiltrômetro de duplo anel (Sondaterra, Brasil), a condutividade hidráulica saturada pelo infiltrômetro de dupla carga (*DualHead infiltrometer*, Decagon Device, Estados Unidos, 2016) e a condutividade hidráulica não saturada pelo infiltrômetro de minidisco (*Mini Disk infiltrometer*, Decagon Device, Estados Unidos, 2016).

No tratamento com serrapilheira, em todos os ensaios foi retirada a serrapilheira que estava sobre o solo e, somente após isso, realizado o ensaio. Essas medidas foram tomadas para que a serrapilheira não dificultasse na leitura dos dados.

3.3.2. Infiltrômetro de Duplo Anel

O infiltrômetro de duplo anel é um equipamento composto por dois anéis, um de 50 e outro de 25 cm de diâmetro e 30 cm de altura, que são instalados de forma concêntrica (Vista superior). As medidas de infiltração foram feitas no anel interno, pois o anel externo apenas tem a finalidade de impedir que a infiltração se processe no sentido horizontal do solo. Os anéis possuem uma régua graduada na parede interior para medir a variação da lâmina de água.

Para dar início ao ensaio foram inseridos, de forma concêntrica os dois anéis do infiltrômetro à uma profundidade próxima de 8 cm. Posteriormente, acrescentou-se água até uma determinada altura e a partir disso verificou-se a variação da lâmina a cada intervalo de 5 minutos. O ensaio foi finalizando quando a variação da lâmina em função do tempo estabilizou, ou seja, quando a infiltração atingiu a velocidade de infiltração básica (VIB). A taxa de infiltração foi calculada conforme a **Equação (8)**:

$$TI = \frac{dD}{dT} \quad (8)$$

Em que TI é a taxa de infiltração (mm h^{-1}); dD é a variação da carga hidráulica (mm) e dT é o intervalo de tempo entre cada medida. Nesse estudo, $dT = 0,083$ horas (5 minutos).

3.4. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA DO SOLO

3.4.2. Infiltrômetro de Dupla Carga (*DualHead*)

O infiltrômetro de dupla carga é um infiltrômetro de pressão que armazena água no topo do solo e usa pressão do ar para criar duas cargas de pressão diferentes. Ele mantém automaticamente os níveis corretos de água e mede as taxas de infiltração através de dois ciclos de pressão completos, cada ciclo é composto por dois períodos de mesma duração, um com a pressão sendo mantida em uma carga alta e o outro com a pressão mantida em uma carga baixa (**FIGURA 2**).



FIGURA 2 – Infiltrômetro de pressão dupla carga e componentes. A: Unidade de controle, B: Anel de inserção, C: prato de condução, D: parte superior do infiltrômetro que se encaixa ao anel de inserção, E: reservatório de água dobrável e F: tubos de conexão entre infiltrômetro, reservatório de água dobrável e unidade de controle.

A unidade de controle coleta todos os dados e calcula a média desses dados em duas pressões diferentes e, desta forma, determina a condutividade hidráulica saturada de campo (K_s). O cálculo da condutividade hidráulica é baseado no método de Reynolds e Elrick (1990) conhecido como método de “Duas cargas hidráulicas”.

O ensaio iniciou-se quando o reservatório foi completado por água e o equipamento programado para o tipo de solo estudado conforme recomendações do fabricante. Nesse estudo, utilizou-se as configurações sugeridas pelo fabricante para o solo arenoso seco: 25 minutos de tempo de saturação (*soak time*), 5 cm de pressão inferior (*Low Pressure Head*), 10 cm de pressão superior (*High Pressure Head*), 15 minutos de duração de cada carga de pressão (*Hold Time Pressure Head*), 3 ciclos de pressão (*Pressure Cycles*), perfazendo um tempo total de 115 minutos de duração de cada ensaio.

A equação usada pelo fabricante para este cálculo é de Nimmo et al. (2009), em que a K_s é calculada a partir da **Equação (9)**:

$$K_s = \frac{i}{F} \quad (9)$$

Em que K_s é a condutividade hidráulica saturada; i é a constante (final) na taxa de infiltração (volume dividido pela área) e F é uma função que corrige sorvidade e efeitos geométricos do infiltrômetro.

Nimmo et al. (2009), calculam F por meio da **Equação (10)**:

$$F = 1 + \frac{\lambda + D}{C_1 d + C_2 b} = 1 + \frac{\lambda + D}{\Delta} \quad (10)$$

Em que λ é o comprimento do capilar macroscópico; D é a carga hidráulica (cm); d é a profundidade de inserção do infiltrômetro (cm); b é o raio do infiltrômetro; Δ é $C_1 d + C_2 b$ em que C_1 e C_2 são constantes determinadas empiricamente, Reynolds e Elrick recomendam os valores 0,993 e 0,578, respectivamente.

É importante ressaltar que o λ parâmetro é estreitamente relacionado com o α parâmetro de Gardner (1958) e também com o conceito de frente de molhamento de Green e Ampt (1911), e os valores particulares para C_1 e C_2 incluem um fator de π . Portanto, na **Equação (10)**, Δ é o produto da equação 36 de Reynolds e Elrick (1990) e $b\pi$, que permite que as **Equações (9) e (10)**, acima, se conciliem com a equação 37 de Reynolds e Elrick (1990).

Para duas cargas hidráulicas pode-se escrever:

$$K_s = \frac{i_1 \Delta}{\Delta + \lambda + D_1} = \frac{i_2 \Delta}{\Delta + \lambda + D_2} \quad (11)$$

Reorganizando um dos termos do lado direito para resolver em termos de K_s , em seguida, substituindo isso por λ no outro termo da direita e simplificando os resultados:

$$K_s = \Delta \frac{(i_1 - i_2)}{(D_1 - D_2)} \quad (12)$$

O qual é equivalente à equação 41 de Reynolds e Elrick (1990) e remove a dependência das características do solo e de água inicial conteúdo descrito por λ .

Para o infiltrômetro *DualHead* $d = 5$ cm e $b = 7,5$ cm, de modo que $\Delta = 9,3$ cm. A condutividade hidráulica é, portanto, apenas a variação da taxa de infiltração dividida pela diferença da carga hidráulica multiplicado por 9,3 cm.

3.5. CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA NÃO SATURADA DO SOLO

3.5.2. Infiltrômetro de mini disco

É um infiltrômetro de tensão que mede a condutividade não saturada em diferentes tensões. É um equipamento relativamente pequeno e de fácil manuseio e que, além disso, demanda um volume de água muito pequeno quando comparado com outros infiltrômetros (**FIGURA 3**).

As câmaras superior e inferior devem estar cheias com água. A câmara superior é responsável por controlar a sucção, enquanto que a câmara inferior contém o volume de água que infiltra no solo a uma taxa determinada pela sucção selecionada no tubo de sucção. Na parte inferior do infiltrômetro está o disco poroso de aço inoxidável que não permite que haja fluxo sem que haja sucção (DECAGON DEVICE, 2016).

De acordo com o fabricante, como em meio insaturado os macroporos estão preenchidos com ar, o movimento da água é acomodado por poros menores. Neste sentido, a finalidade do tubo de sucção é eliminar o efeito dos macroporos. Isto é feito controlando a infiltração com uma pequena sucção, pois quando a água está sob tensão ela não entra em macroporos, porém, infiltra no solo conforme determinado pelas forças hidráulicas desse solo.

O início do ensaio se deu após ambas as câmaras serem completadas com água, e selecionada a sucção para o tipo de solo, neste caso 3 cm, recomendado pelo fabricante. Foi então, registrado o volume inicial da câmara de bolha inferior e computado, a cada 30 s a variação da lâmina d'água.

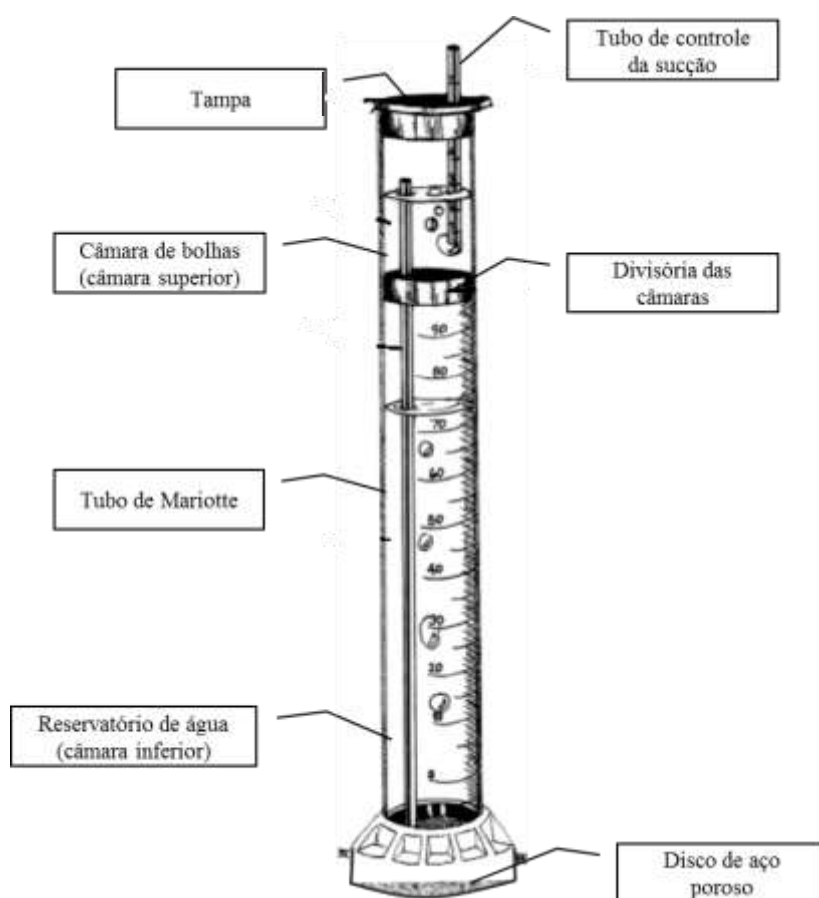


FIGURA 3 – Perfil esquemático do Infiltrômetro de mini disco e seus componentes.

Atualmente existem vários métodos para determinar a condutividade hidráulica a partir desses dados. No entanto, na planilha disponibilizada pelo fabricante é utilizado o método proposto por Zhang (1997), por ser este bastante simples e ter bom desempenho em solo não saturado. Esse método requer a medição da infiltração acumulada em função do tempo e posterior ajuste à função, **Equação (13)**:

$$I = C_1 t + C_2 \sqrt{t} \quad (13)$$

Em que C_1 e C_2 são parâmetros. C_1 está relacionado com a condutividade hidráulica e C_2 é a sortividade do solo. A condutividade hidráulica é então calculada como (**Equação (14)**):

$$K = \frac{C_1}{A} \quad (14)$$

Em que C_1 é a inclinação da curva da infiltração cumulativa em relação à raiz quadrada do tempo e A é um valor que relaciona os parâmetros de Van Genuchten para um determinado tipo de solo à taxa de sucção e ao raio do disco poroso. A é calculado por **(Equação (15))**:

$$A = \frac{11,65(n^{0,1} - 1) \exp[2,92(n - 19)\alpha h_0]}{(\alpha r_0)^{0,91}} \quad (15)$$

$$A = \frac{11,65(n^{0,1} - 1) \exp[7,5(n - 19)\alpha h_0]}{(\alpha r_0)^{0,91}} \quad (16)$$

Na qual n e α são parâmetros de Van Genuchten para as doze classes de textura, r_0 é o raio do disco e h_0 é a sucção na superfície do disco. O mini disco tem espectro de sucção de -0,5 a -6 cm e raio de 2,25 cm. Os parâmetros de van Genuchten para as 12 classes de textura foram obtidos por Carsel e Parrish (1988). Os valores de A calculados para o Infiltrômetro de mini disco são **(TABELA 2)**:

TABELA 2 - Parâmetros de Van Genuchten para 12 classes de textura do A valores para um raio de disco de 2,25 cm e valores de sucção de 0,5 a 6 cm. O tipo de solo

Textura	h_0								
	A								
			-0.5	-1	-2	-3	-4	-5	-6
Sand	0.145	2.68	2.84	2.4	1.73	1.24	0.89	0.64	0.46
Loamy Sand	0.124	2.28	2.99	2.79	2.43	2.12	1.84	1.61	1.4
Sandy Loam	0.075	1.89	3.88	3.89	3.91	3.93	3.95	3.98	4
Loam	0.036	1.56	5.46	5.72	6.27	6.87	7.53	8.25	9.05
Silt	0.016	1.37	7.92	8.18	8.71	9.29	9.9	10.55	11.24
Silt Loam	0.02	1.41	7.1	7.37	7.93	8.53	9.19	9.89	10.64
Sandy Clay Loam	0.059	1.48	3.21	3.52	4.24	5.11	6.15	7.41	8.92
Clay Loam	0.019	1.31	5.86	6.11	6.64	7.23	7.86	8.55	9.3
Silty Clay Loam	0.01	1.23	7.89	8.09	8.51	8.95	9.41	9.9	10.41
Sandy Clay	0.027	1.23	3.34	3.57	4.09	4.68	5.36	6.14	7.04
Silty Clay	0.005	1.09	6.08	6.17	6.36	6.56	6.76	6.97	7.18
Clay	0.008	1.09	4	4.1	4.3	4.51	4.74	4.98	5.22

analisado nesse estudo é o franco argilo arenoso (*Sandy Clay Loam*).

FONTE: DECAGON DEVICE, 2016

3.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados coletados foram, inicialmente, separados em categorias, cada qual, de acordo com sua natureza. Em outras palavras, classificou-se dados de serrapilheira, das análises física do solo, da infiltração e da condutividade hidráulica. Os dados de serrapilheira foram divididos em dois grupos, acumulada e produzida, classificados por mês e posteriormente, por bloco. Os dados de solo foram classificados por classes de análise, por bloco, tratamento e profundidade. Os dados de infiltração e condutividade hidráulica foram classificados por bloco e tratamento.

Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, recomendado para conjunto de dados de pequenas dimensões ($n < 30$). A categoria de dados com conjuntos que apresentaram, majoritariamente, distribuição normal foi submetida a cálculo de média e desvio padrão dos dados.

Já a categoria de dados que continham quantidades relevantes de conjunto de dados com distribuição não normal, foram submetidos a execução de *bootstrapping* de 1000 interações das reamostragens aleatórias com substituição (**FIGURA 4**).

Nesses termos, as serrapilheiras acumulada e produzida, foram analisadas mensalmente em média e desvio padrão dos blocos. Enquanto que os dados das análises física do solo, infiltração e condutividade hidráulica foram submetidos a *bootstrapping*.

As propriedades físico-hídricas do solo dos dois tratamentos foram comparadas por teste Mann-Whitney com nível de confiança de 95%.

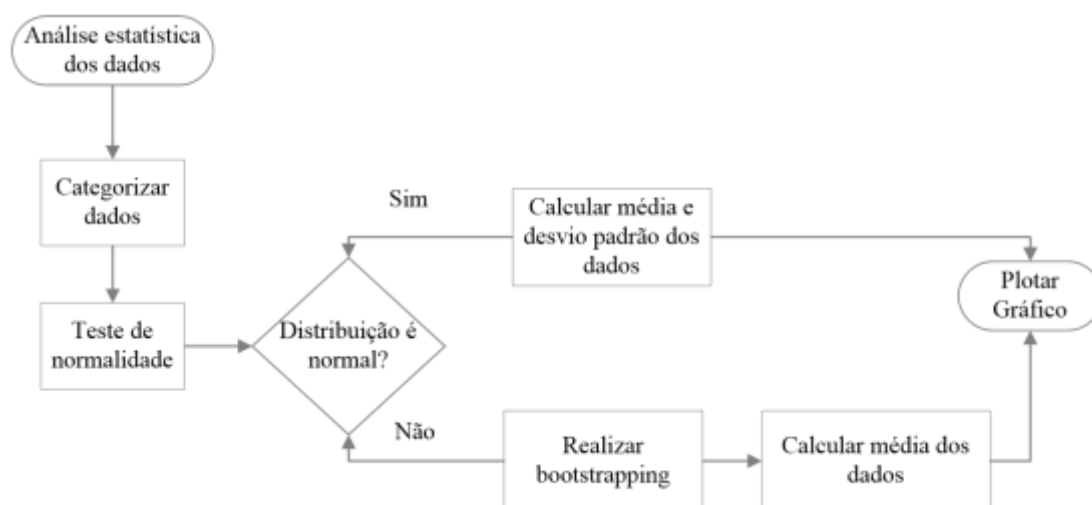


FIGURA 4 – Fluxograma das etapas da análise estatística dos dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO MICROCLIMA DA ÁREA DE ESTUDO

O clima dessa região é caracterizado por duas estações pluviais, uma seca, geralmente, entre maio e setembro e outra chuvosa entre outubro e abril (CUNHA & JUNK, 2004). Mais especificamente, em 2013, 2014 e 2015 no Acurizal, o período chuvoso, com precipitação mensal acima da média anual, 106 mm, foi compreendido entre outubro e março com máximas em fevereiro e março. As máximas precipitações acumuladas mensais foram 240,9 mm em março de 2013, 279,6 mm em fevereiro de 2014 e 216 mm em fevereiro de 2015.

Já o período seco (precipitação mensal abaixo da média anual) foi entre maio e setembro em 2013, abril e novembro em 2014 e junho e agosto em 2015 (**FIGURA 5 a**). Agosto foi o mês mais seco nos anos analisados, com ausência de precipitação em todos eles. Esses resultados corroboram com Pizzato et al. (2012) que evidenciaram o período de maio a setembro como meses mais secos em Cáceres, Mato Grosso, sendo que entre junho e agosto essa estiagem é agravada.

A média anual da umidade relativa do ar nos anos analisados foi 73%. Já média mensal da umidade relativa do ar no período chuvoso, foi, majoritariamente, superior a 70%, com máximas de 79% em janeiro e fevereiro de 2013, 82% em fevereiro de 2014 e 82% em abril de 2015. Enquanto que em agosto, mês mais seco do ano, a umidade relativa do ar caiu para 49% em 2013, 61% em 2014 e 44% em 2015 (**FIGURA 5 b**).

Quanto a temperatura média do ar, a média dos anos analisados foi 25,7 °C, sendo que valores superiores à média são comuns durante o ano todo, enquanto que valores médios próximos a 22°C ocorrem, geralmente, em julho, coincidindo com o inverno no hemisfério Sul (**FIGURA 5 c**). A região mais ao sul de Mato grosso pode ter essa diminuição na temperatura do ar em meses de inverno relacionadas a ação de sistemas frontais, denominados localmente como friagens (FISCH et al., 1998)

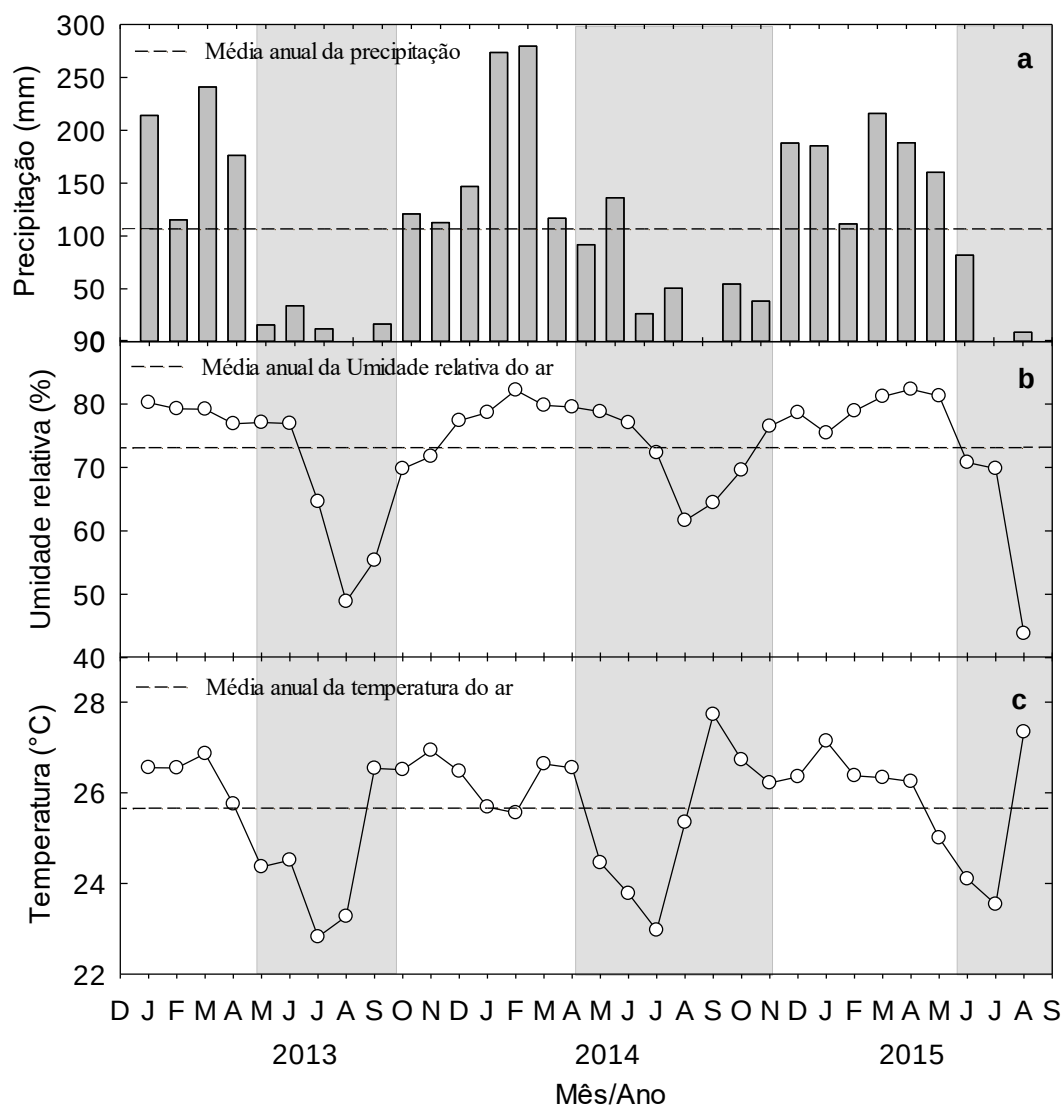


FIGURA 5. Variação sazonal da Precipitação mensal acumulada (mm) (a), média mensal da Umidade Relativa do Ar (%) (b) e média mensal da Temperatura do Ar (°C) (c) entre dezembro de 2012 e setembro de 2015 no Acurizal, Norte do Pantanal Mato-Grossense. Área sombreada refere-se ao período seco, determinado por meses sequenciais.

4.2. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DA DINÂMICA DA SERRAPILHEIRA PRODUZIDA E ACUMULADA NA ÁREA DE ESTUDO

A média da serrapilheira produzida variou sazonalmente no Acurizal. As mínimas deposições médias foram $5,8 \pm 3,8 \text{ g m}^{-2}$ e $19 \pm 11,8 \text{ g m}^{-2}$ em fevereiro de 2014 e maio de 2015, respectivamente. Enquanto que as máximas deposições médias

foram $113,5 \pm 41 \text{ g m}^{-2}$ e $91,4 \pm 17,7 \text{ g m}^{-2}$, em julho de 2014 e agosto de 2015, respectivamente (**FIGURA 6a e 6c**).

A maior produção média de serrapilheira em julho de 2014 e agosto em 2014 de 2015 está relacionada com o período de estiagem, pois a queda de folhas nesse período é resposta da vegetação ao agravamento do estresse hídrico (ALVES et al., 2006).

A média da serrapilheira acumulada teve sazonalidade bem definida em 2014, com mínima de $373,2 \pm 140,1 \text{ g m}^{-2}$ em maio e máxima de $2510,3 \pm 929,4 \text{ g m}^{-2}$ em outubro (**FIGURA 6b**). Enquanto que em 2015 a amplitude foi consideravelmente menor com média mínima de $402,6 \pm 116,9 \text{ g m}^{-2}$ e média máxima de $1284,1 \pm 329,9 \text{ g m}^{-2}$ (**FIGURA 6d**).

Notavelmente, o segundo semestre de 2014 teve maior média de serrapilheira acumulada do que o mesmo período de 2015. Isso pode ser uma resposta da vegetação ao estresse hídrico pelo excesso de água. Na **FIGURA 2** nota-se que o segundo semestre de 2014 teve maiores totais pluviométricos mensais que o segundo semestre de 2015.

Villa et al. (2016) estudando o aporte de serrapilheira e nutrientes em área de restauração florestal em Seropédica – RJ, verificaram que o aporte da serrapilheira na época chuvosa foi semelhante ao aporte da época seca, os autores atribuíram isso ao excesso de água no solo que pode ter provocado falta de oxigenação nas raízes das árvores, determinando maior queda de folhas, devido a ajustes metabólicos das árvores.

A média da serrapilheira produzida foi inferior a 20 g m^{-2} mensal no primeiro trimestre de 2016 (**FIGURA 6e**). Enquanto que a média da serrapilheira acumulada teve um aumento gradativo de $536,1 \pm 148,8$ para $643,9 \pm 231,4 \text{ g m}^{-2}$ um aumento gradativo de $536,1 \pm 148,8$ para $643,9 \pm 231,4 \text{ g m}^{-2}$ de janeiro para março de 2016, respectivamente (**FIGURA 6f**) A serrapilheira produzida e acumulada varia sazonalmente no Acurizal, isso porque o a produção e o acúmulo estão relacionados com as variáveis microclimatológicas. Geralmente, as mínimas deposições ocorrem entre janeiro e maio, período em que a precipitação pluvial é suficiente para suprir a demanda hídrica da vegetação. Já no período de estiagem, geralmente entre maio e setembro, a vegetação tende a produzir mais serrapilheira pois a queda de folhas

nessa época é resposta da vegetação ao agravamento do estresse hídrico (ALVES et al., 2006) (FIGURA 3).

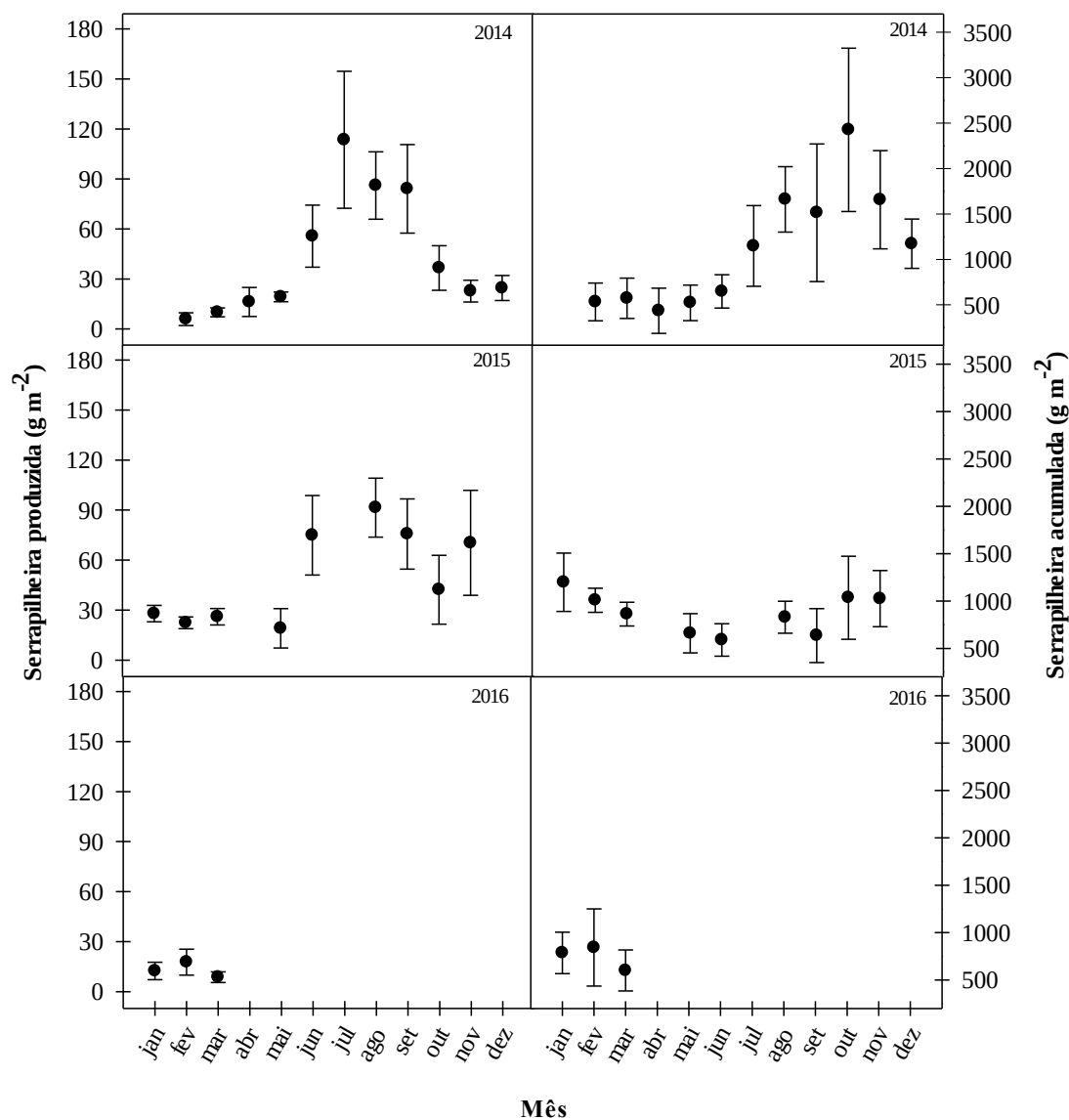


FIGURA 6 – Média mensal da Serrapilheira produzida e acumulada (g m⁻²) ($\pm$ DP) em 2014, 2015 e 2016.

4.2.1. Determinação da serrapilheira produzida e acumulada nos blocos ao longo do transecto em março de 2016

A distribuição da serrapilheira produzida e acumulada varia quantitativamente entre os blocos em função da variação da cobertura foliar sobre os

blocos. Essa variação é descrita por Dias (2015) como vários espaços vazios na cobertura vegetal observados nessa região. Portanto, a variação na densidade de vegetação no transecto influencia na variação quantitativa da produção e do acúmulo de serrapilheira (**FIGURA 7**)

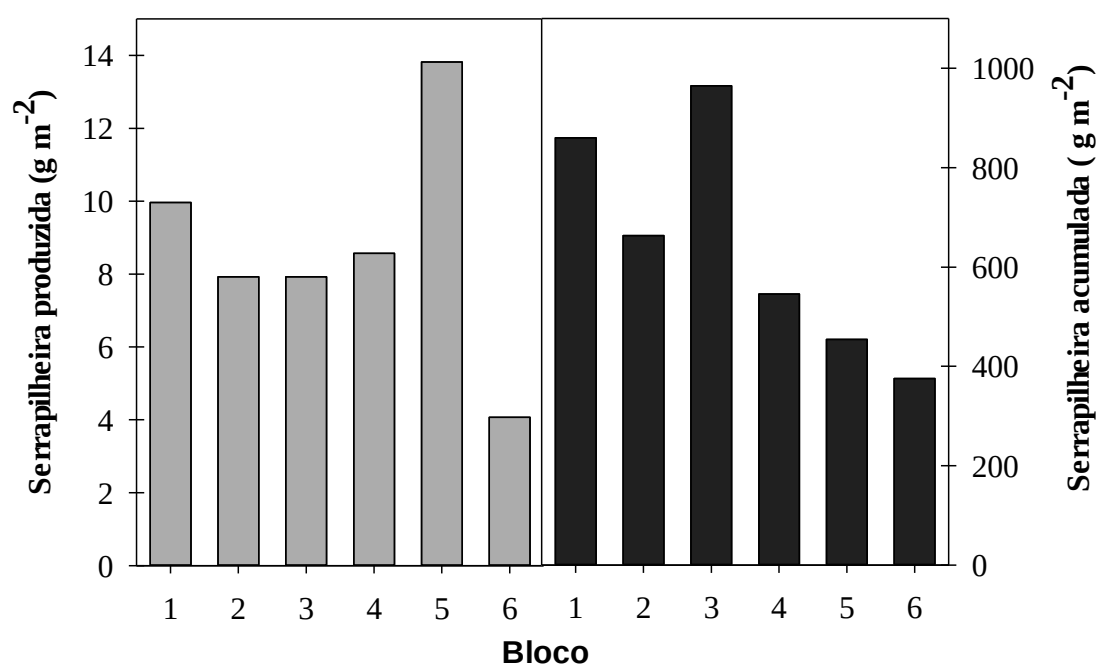


FIGURA 7 – Serrapilheira produzida (g m^{-2}) (a) e serrapilheira acumulada (g m^{-2}) (b), em março de 2016, nos blocos delimitados ao longo do transecto no Acurizal.

4.3. CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO NOS TRATAMENTOS CONTROLE E RETIRADA

Os atributos físicos do solo: umidade volumétrica (UV), porosidade total (PT), densidade do solo (DS) e densidade de partícula (DP) foram homogêneos entre repetições do mesmo tratamento nos blocos (**FIGURA 8**). Em outras palavras, não houve padrão de variação entre os blocos ao comparar as repetições do mesmo tratamento.

Excepcionalmente, o tratamento controle do bloco 6 teve maior amplitude de umidade volumétrica ($0,24 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), e densidade do solo ($0,62 \text{ kg dm}^{-3}$), entre camadas.

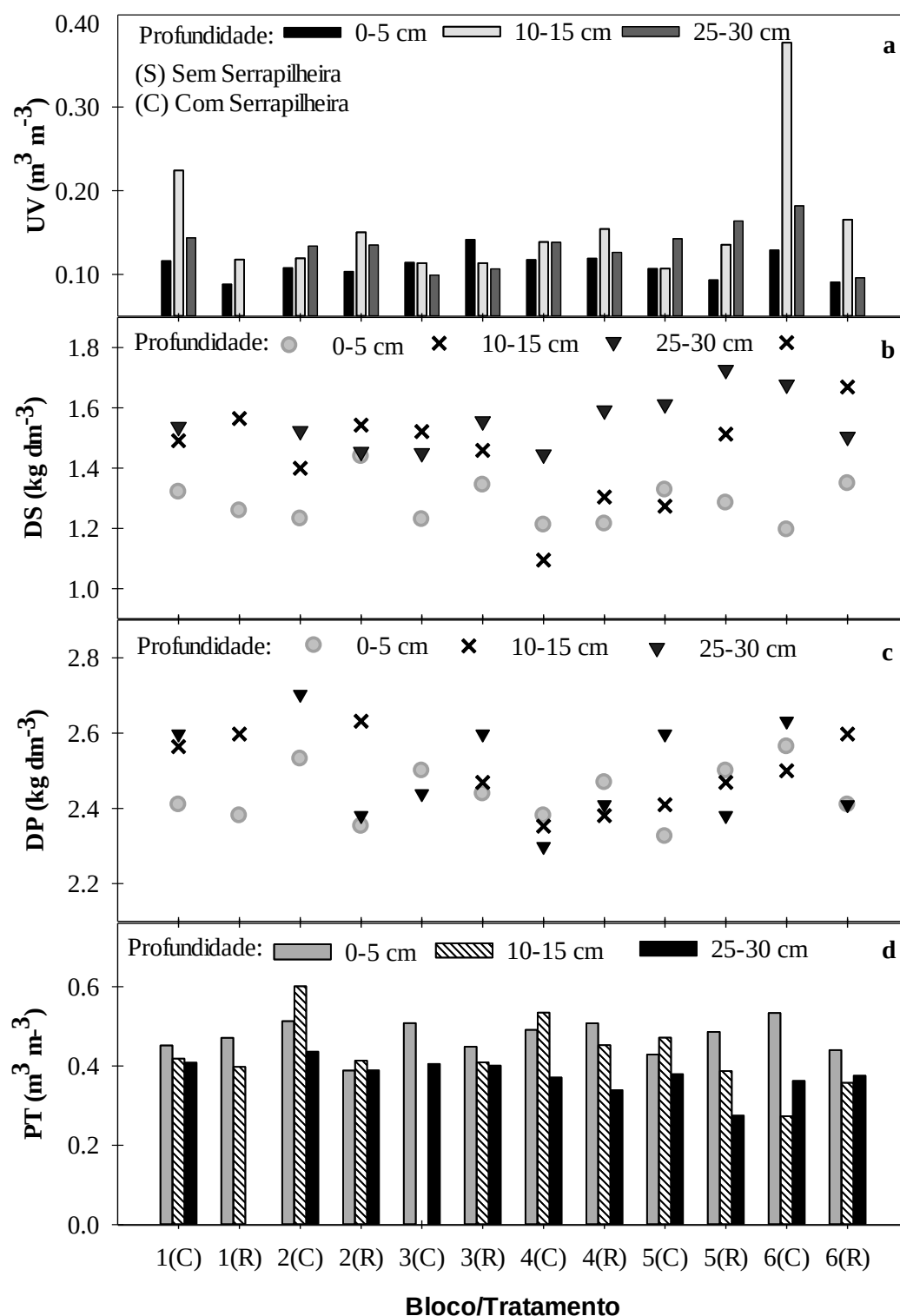


FIGURA 8 – Atributos físicos do solo nos blocos do transecto do Acurizal em dois tratamentos: controle (C) e retirada (R), em perfil com 30 cm de profundidade. Umidade volumétrica (UV, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$), densidade do solo (DS, kg dm^{-3}), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}) e porosidade total (PT, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$). O perfil do solo foi dividido em camadas de 0 – 5 cm, 10 – 15 cm e 25 – 30 cm de profundidade.

A densidade do solo foi superior no tratamento retirada nas camadas de 0-5 e 10-15 cm, quando comparada entre tratamentos. Na camada de 25-30 cm de profundidade a densidade foi semelhante em ambos tratamentos, pois a maior influência da serrapilheira é nas camadas superficiais, já que esta camada está em contato direto com o material orgânico depositado sobre o solo.

A média da densidade do solo foi $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$ (tratamento controle) e $1,32 \text{ kg dm}^{-3}$ (tratamento retirada) entre 0-5 cm de profundidade, $1,18 \text{ kg dm}^{-3}$ (tratamento controle) e $1,51 \text{ kg dm}^{-3}$ (tratamento retirada) na profundidade de 10-15 cm e, por fim, $1,54 \text{ kg dm}^{-3}$ (tratamento controle) e $1,56 \text{ kg dm}^{-3}$ (tratamento retirada) **(FIGURA 9)**

A menor densidade do solo no tratamento controle pode estar relacionada a maior quantidade de matéria orgânica depositada sobre esse tratamento. Segundo Fageria e Stone (2006), os solos com alto teor de matéria orgânica geralmente têm densidades mais baixas quando comparados à solos com menor teor orgânico. Essa baixa densidade do solo é atribuída à baixa massa da matéria orgânica, em contraste com a massa das partículas inorgânicas.

A densidade do solo variou também entre as camadas do solo com aumento significativo na maior profundidade analisada (25-30 cm). A menor densidade na superfície pode estar relacionada também com a serrapilheira, já que esta é depositada na superfície. Além disso, segundo Santana (2009), a densidade do solo tende a aumentar com a profundidade pois as pressões exercidas pelas camadas superiores sobre as subsequentes provocam o fenômeno de adensamento e, conseqüentemente, reduz a porosidade.

A densidade de partícula foi homogênea entre as camadas e os tratamentos. Essa homogeneidade da densidade de partícula é devido a densidade de partícula depender primariamente da mineralogia do solo e, portanto, é estável a alterações de manejo **(FIGURA 9)**

A porosidade total foi maior nos tratamentos controle, quando comparado com tratamento retirada de mesma profundidade **(FIGURA 9)**. E em geral, a maior porosidade ocorre na superfície, com média de $0,49 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no tratamento controle e de $0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no tratamento retirada na camada de 0-5 cm de profundidade, quando comparada entre tratamentos de mesma profundidade **(TABELA 3)**.

A porosidade total do solo é inversamente proporcional a sua densidade (REINERT & REICHERT, 2006). Portanto, o aumento da porosidade total no tratamento controle e na camada superficial está associado a diminuição da densidade do solo nesse tratamento, devido a matéria orgânica.

A umidade volumétrica também foi maior no tratamento controle, quando comparada entre tratamentos de mesma profundidade. No entanto, foi menor na superfície, quando comparada entre profundidades. A média da umidade volumétrica foi $0,073 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no tratamento controle e $0,069 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ no tratamento retirada na camada de 0-5 cm de profundidade, $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ nos tratamentos com e retirada, respectivamente, na camada 10-15 cm de profundidade e, por fim, $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, tratamento controle, e $0,09 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, tratamento retirada, na camada de 25-30 cm de profundidade (**TABELA 3**).

A menor umidade no tratamento retirada em cada profundidade analisada pode ser resultado da maior exposição desse tratamento a radiação que, por sua vez, favorece os processos evaporativos. O mesmo não acontece com igual facilidade no tratamento controle, já que ela atua como barreira física tanto para a incidência da radiação no solo quanto para perda de água do solo para a atmosfera (**FIGURA 9**).

Já a menor umidade do solo na superfície está relacionada a diversos fatores como maior exposição dessa camada, em relação as demais, aos agentes climáticos responsáveis por gerar gradiente de pressão de vapor do ar e consequentemente demandar água do solo pelo processo de evaporação (RIOS et al., 2013) e, além disso, pode ser também reflexo do movimento descendente da água para camadas mais profundas em função do potencial gravitacional (RICHARDT & TIMM, 2004).

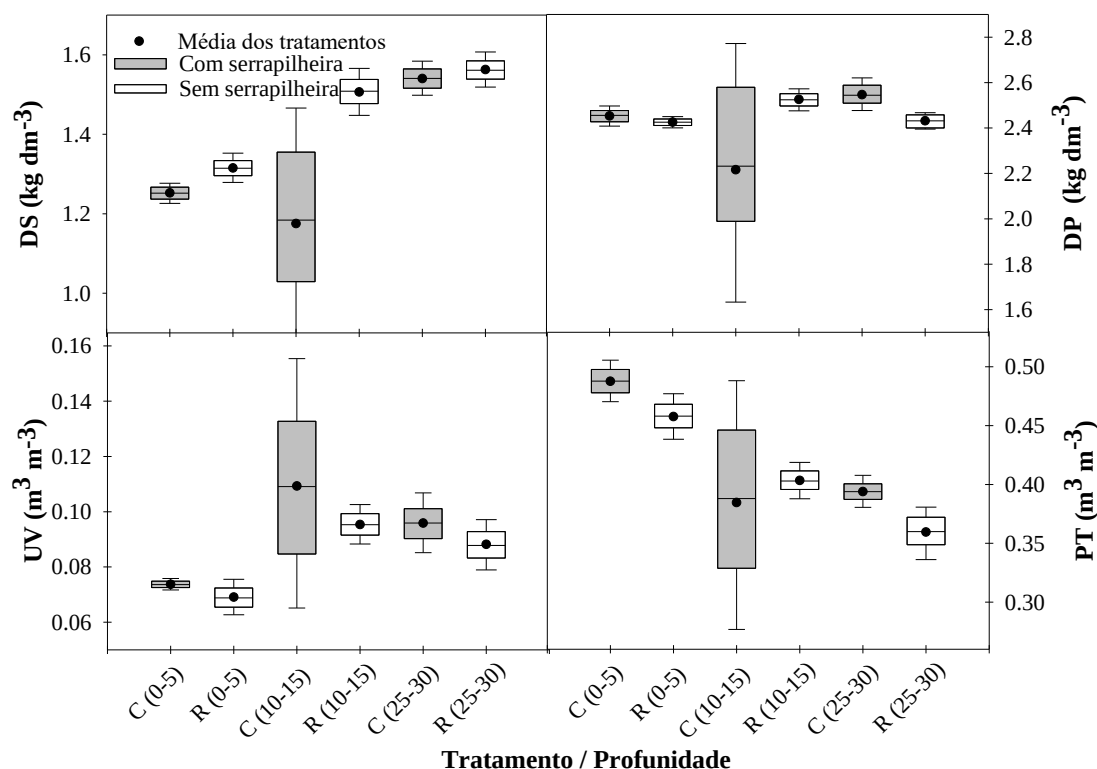


FIGURA 9 – *Boxplot*, por tratamento, dos atributos físicos do solo nos tratamentos controle, C, e retirada de serrapilheira, R, no transecto do Acurizal em três camadas distintas: 0-5 cm, 10-15 cm e 25-30 cm. Densidade do solo (DS, kg dm^{-3}), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}), umidade volumétrica (UV, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e porosidade total (PT, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$). Os pontos em preto correspondem às médias dos tratamentos controle e retirada. Cada *boxplot* foi gerado à partir dos dados de *bootstrapping* de 1000 interações das reamostragens aleatórias de 6 dados amostrais.

TABELA 3 – Média por tratamento dos atributos físicos do solo no transecto do Acurizal em três camadas distintas: 0-10 cm, 10-15 cm e 25-30 cm. Densidade do solo (DS, kg dm^{-3}) (a), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}) (b), umidade volumétrica (UV, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) e porosidade total (PT, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$).

Tratamento	UV ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	DS (kg dm^{-3})	DP (kg dm^{-3})	PT ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)
C (0-5)	0.07	1.25	2.45	0.49
R (0-5)	0.07	1.32	2.43	0.45
C (10-15)	0.11	1.18	2.22	0.38
R (10-15)	0.10	1.51	2.53	0.40
C (25-30)	0.10	1.51	2.55	0.39
R (25-30)	0.09	1.56	2.43	0.36

Em geral, a densidade da matéria seca da raiz foi maior na camada de 0 a 5, variando entre 0,001 a aproximadamente 0,01 kg dm⁻³, com predominância de raízes finas e grossas (**FIGURA 10 a**).

Excepcionalmente, no tratamento controle dos blocos 4 e 5 e no tratamento retirada do bloco 4 a densidade de matéria seca de raiz foi maior na profundidade de 10-15 cm, devido a presença de raízes muito grossas (**FIGURA 10 b**). A maior densidade de raiz, superior a 0,09, foi no tratamento controle do bloco 5 na camada de 25-30 cm de profundidade (**FIGURA 10 c**).

O número de raízes finas é maior na superfície devido a menor densidade do solo nessa camada e, conseqüentemente, menor resistência mecânica à penetração. Com o aumento da resistência mecânica devido a maior densidade do solo, há aumento do diâmetro das raízes das dicotiledôneas, provocado por modificações morfológicas da planta afim de se adaptar (MISRA et al., 1986)

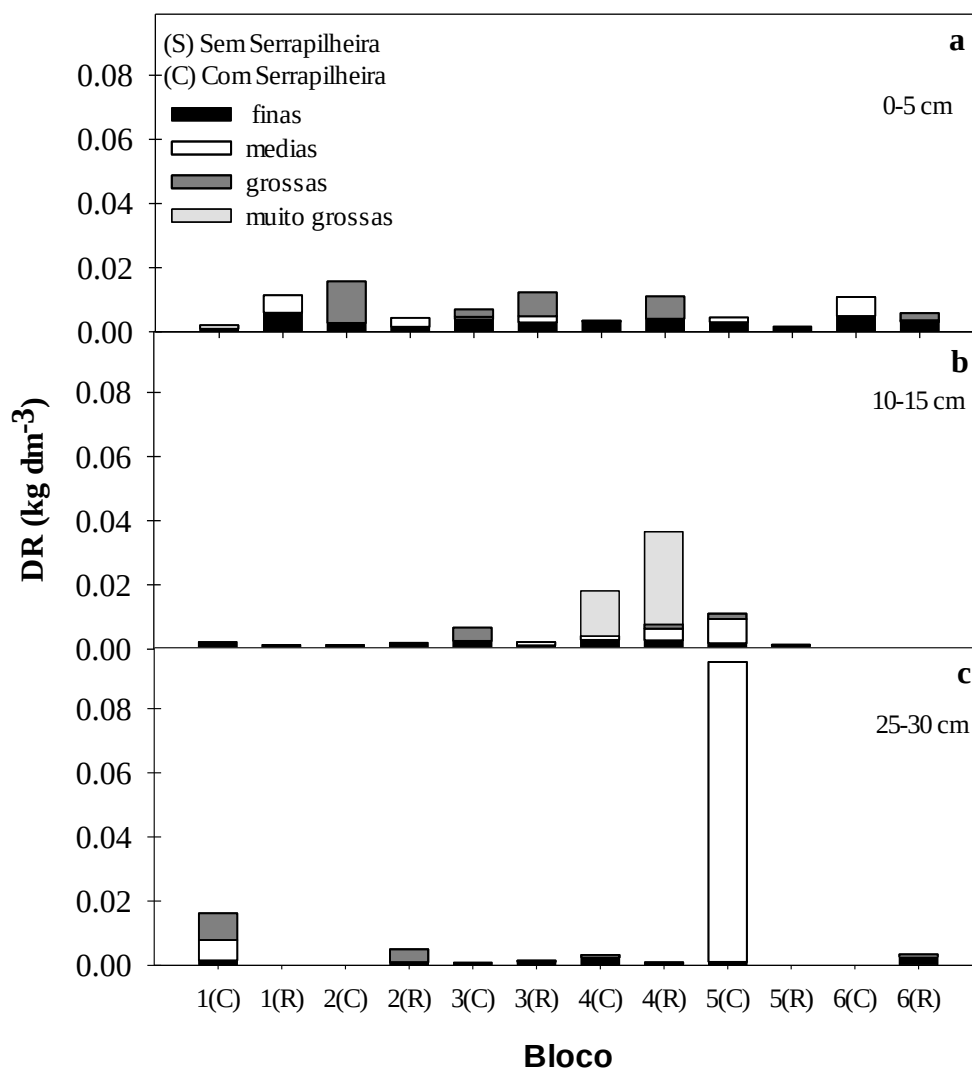


FIGURA 10 – Densidade de matéria seca de raiz (DR, kg dm^{-3}) no perfil do solo de 0 a 30 cm nos tratamentos controle (C) e retirada (R) no transecto do Acurizal. Raízes finas: diâmetro < 2mm, raízes médias: diâmetro entre 2 e 5 mm, raízes grossas: diâmetro entre 5 e 10 mm e raízes muito grossas: diâmetro > 10 mm. Cada barra corresponde a dados de uma amostra.

4.4. ANÁLISE DA TAXA DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO EM TRATAMENTO DE CONTROLE E RETIRADA DE SERRAPILHEIRA

Inicialmente a taxa de infiltração foi alta em ambos tratamentos de quase todos os blocos, geralmente entre 100 e 200 mm h^{-1} , e em seguida diminuiu durante o ensaio até alcançar um valor mínimo, inferior a 100 mm h^{-1} , e praticamente constante de pequena variação (**FIGURA 11**).

Nos blocos 1, 2 e 3 a taxa de infiltração foi sensivelmente maior no tratamento controle com máximos de 180, 144 e 576 mm h⁻¹, respectivamente enquanto que no tratamento retirada a máxima taxa foi de 132, 60 e 180 mm h⁻¹. Apesar da taxa de infiltração entre os tratamentos dos blocos 1 ao 3 se diferenciarem bastante no início do ensaio, ao final, atingem taxas constantes semelhantes.

No tratamento controle desses blocos, a taxa de infiltração estabilizou entre 16 mm h⁻¹ no bloco 1, 6 mm h⁻¹ no bloco 2 e em 27 mm h⁻¹ no bloco 3. Enquanto que no tratamento retirada desses mesmos blocos a infiltração atingiu a velocidade de infiltração básica entre 7 mm h⁻¹ no bloco 1, 1 mm h⁻¹ no bloco 2 e 30 mm h⁻¹ no bloco 3 (**FIGURA 11 a**, **FIGURA 11 b** e **FIGURA 11 c**).

Já nos blocos 4, 5 e 6 a taxa de infiltração foi maior no tratamento retirada com máximos de 444, 120 e 240 mm h⁻¹, respectivamente. A infiltração no tratamento controle nesses blocos atingiu velocidade de infiltração básica de 33 mm h⁻¹ no bloco 4, 12 mm h⁻¹ no bloco 5 e 13 mm h⁻¹ no bloco 6. Nos tratamentos retirada, a velocidade de infiltração básica foi 47 mm h⁻¹ no bloco 4, 7 mm h⁻¹ no bloco 5 e 37 mm h⁻¹ no bloco 6.

A maior diferença da infiltração entre os tratamentos do bloco 6 (**FIGURA 11 f**) pode ser atribuída a menor umidade volumétrica do tratamento retirada quando comparado com o tratamento controle (**FIGURA 8 a**). De acordo com Collischonn e Dornelles (2015) quando a água entra em contato com um solo com teor inicial de água pequeno será absorvida rapidamente, pois quanto menor a umidade maior o potencial mátrico.

Já no bloco 4 (**FIGURA 11 d**), o motivo de maior taxa de infiltração no tratamento retirada pode estar relacionado a problema de instalação dos anéis no solo, já que os atributos físicos do solo são bastante homogêneos entre os dois tratamentos nesse bloco. Segundo Pereira (2007), o infiltrômetro de duplo anel pode produzir valores de lâminas mais elevadas em alguns casos, pois durante a instalação pode haver quebra e perturbação na estrutura do solo pelo cilindro medidor.

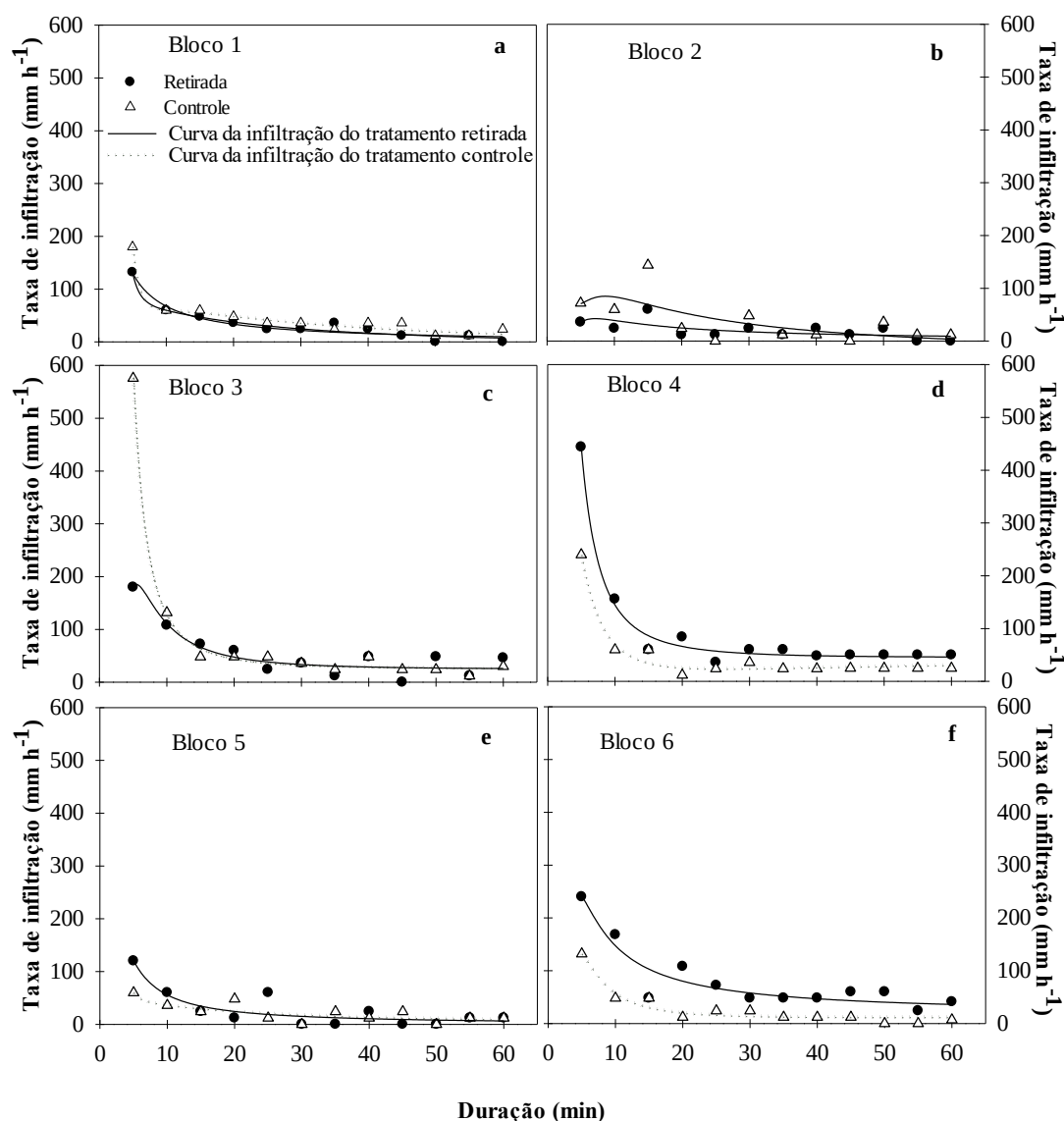


FIGURA 11 – Taxa de infiltração (mm h⁻¹) de água no solo medido com infiltrômetro de duplo anel em dois tratamentos: controle e retirada, nos blocos do transecto do Acurizal. Curva da infiltração em ambos tratamentos do bloco 1 (a), bloco 2 (b), bloco 3 (c), bloco 4 (d), bloco 5 (e) e bloco 6 (f).

A média por tratamento da taxa de infiltração foi elevada inicialmente em ambos tratamentos, sendo que no quinto minuto de ensaio a média da taxa de infiltração foi 210 mm h⁻¹ no tratamento controle e 193,3 mm h⁻¹ no tratamento retirada, ou seja, 8% menor no tratamento controle.

A elevada taxa de infiltração no início do ensaio é devido aos poros estarem preenchidos apenas com ar e ao potencial matricial mais negativo (BRANDÃO, 2003). A medida que o solo satura a taxa de infiltração diminui, visto que boa parte

dos poros já estão preenchidos com água e potencial matricial se torna menos negativo (COLLISCHONN & DORNELLES, 2015) (**FIGURA 12**).

A curva média da infiltração foi semelhante em ambos tratamentos, no entanto, sensivelmente menor no tratamento controle. A menor infiltração no tratamento controle pode ser explicado pela maior umidade antecedente neste tratamento e, conseqüentemente, potencial mátrico menos negativo, que faz com que a água infiltre mais lentamente do que em casos em que o potencial mátrico seja mais negativo. Entretanto, não houve diferenças estatisticamente significativa entre a infiltração de ambos tratamentos

De acordo com Carvalho e Silva (2006), um solo mais úmido terá, inicialmente, uma menor taxa de infiltração em função de um menor gradiente hidráulico (menor diferença no potencial matricial da água no solo), e como consequência, mais rapidamente a taxa de infiltração se tornará constante.

A velocidade de infiltração básica (VIB) não diferiu significativamente entre os tratamentos quando submetida ao teste de Mann-Whitney. Entretanto, o tratamento retirada teve variabilidade maior que o tratamento controle. A amplitude da VIB foi de 25 mm h^{-1} no tratamento controle e 40 mm h^{-1} no tratamento retirada (**FIGURA 13**).

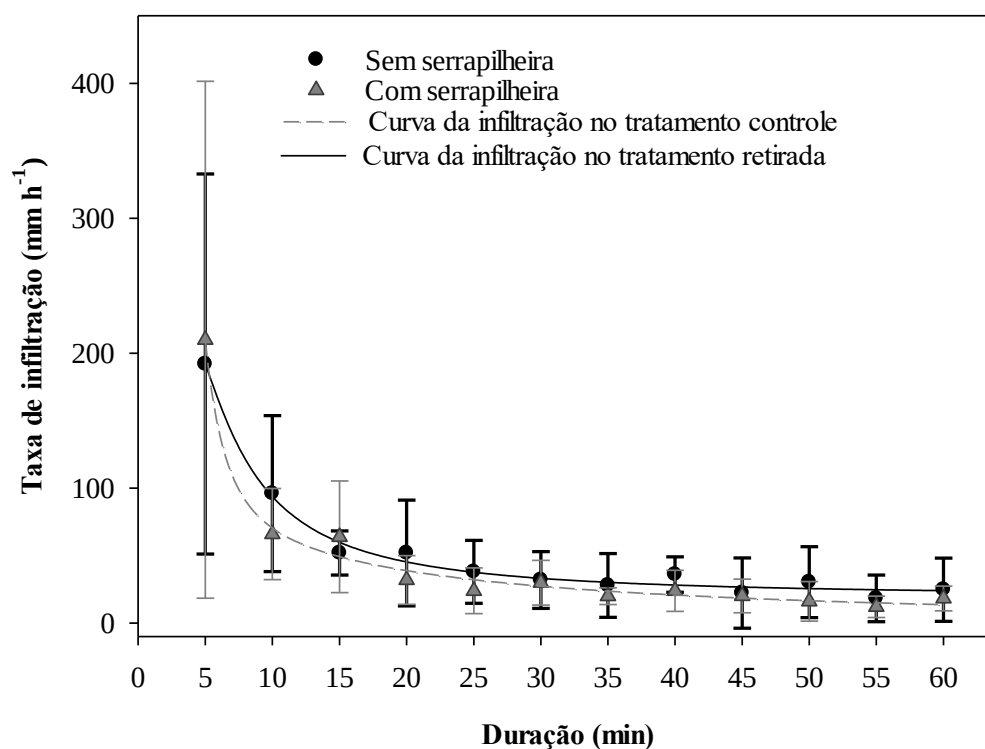


FIGURA 12 – Média ($\pm$ DP) da taxa de infiltração de água no solo (mm h^{-1}) dos dois tratamentos: controle e retirada, no transecto do Acurizal. Curva da infiltração de água no solo nos dois tratamentos. A média foi gerada à partir de 6 dados amostrais, um de cada unidade experimental. P valor = 0.174 no teste de Mann-Whitney.

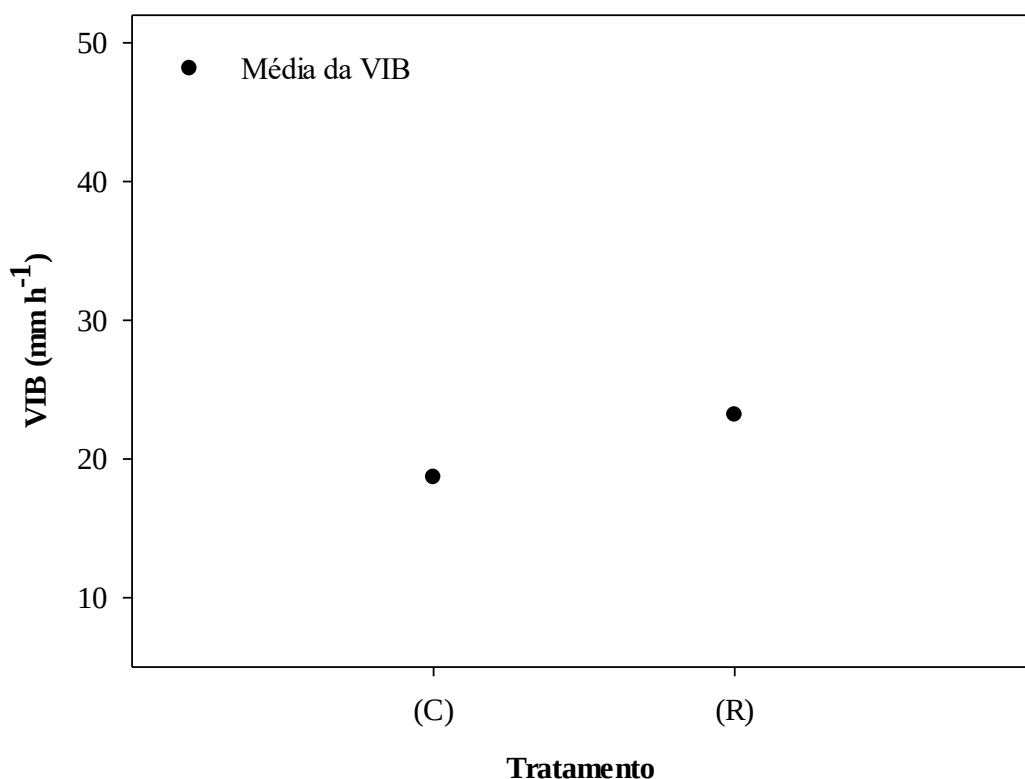


FIGURA 13 – *Boxplot* e média da velocidade de infiltração básica (VIB, mm h⁻¹) nos tratamentos controle e retirada. Cada *boxplot* foi gerado com 6 dados de VIB de cada tratamento. P valor = 0,9.

4.3. ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA SATURADA DO SOLO EM TRATAMENTO DE CONTROLE E RETIRADA DE SERRAPILHEIRA

A condutividade hidráulica saturada foi na maioria dos blocos, maior no tratamento controle, com 46,44 mm h⁻¹ no *bloco* 2, 85,32 mm h⁻¹ no *bloco* 4, 33,48 mm h⁻¹ no *bloco* 5 e 149,4 mm h⁻¹ no *bloco* 6. A exceção foi o *bloco* 3, onde a Ks foi maior no tratamento retirada, 45,72 mm h⁻¹. Por problemas com o ensaio, não foi possível medir a Ks no tratamento controle do *bloco* 1 (**TABELA 4**).

A maior condutividade hidráulica no tratamento controle pode ser resposta à maior umidade antecedente nesse tratamento, pois a maior umidade no solo resulta no aumento da área da seção transversal disponível ao fluxo (área de água) (BERNARDES, 2005).

A condutividade hidráulica é classificada como muito rápida ($K_s > 250 \text{ mm h}^{-1}$), rápida ($125 \leq K_s \leq 250 \text{ mm h}^{-1}$), moderadamente rápida ($62,5 \leq K_s < 125 \text{ mm h}^{-1}$), moderada ($20 \leq K_s < 62,5 \text{ mm h}^{-1}$), lenta ($5 \leq K_s < 20 \text{ mm h}^{-1}$), moderadamente lenta ($1,25 \leq K_s < 5 \text{ mm h}^{-1}$) e muito lenta ($K_s < 1,25 \text{ mm h}^{-1}$) (KLUTE, 1965). Portanto, pode-se classificar a K_s como moderada no tratamento controle dos blocos 2, 3 e 5 e no tratamento retirada dos blocos 2, 3 e 4, como lenta no tratamento retirada dos blocos 1, 5 e 6, moderadamente rápida no tratamento controle do bloco 4 e rápida no tratamento retirada do bloco 6.

A maior condutividade no tratamento controle do bloco 6 pode ser explicada pela combinação da maior umidade volumétrica entre 10 e 15 cm de profundidade, menor densidade do solo na camada superficial e maior porosidade total nessa mesma camada. No entanto, a umidade volumétrica na camada de 10-15 pode ser o atributo que melhor justifique essa discrepância, visto ser ele muito superior aos das demais unidades experimentais.

Essa grande variabilidade da K_s é comumente observada tanto em estimativas como em medições, como exemplo, tem-se os trabalhos de, Oliveira (2005), Bernardes (2005), Marques et al. (2008), dentre inúmeros outros. Carvalho (2002) atribui essa variabilidade à variabilidade natural das características do solo. Lier e Libard (1999) estudando a variabilidade dos parâmetros da equação que relaciona a condutividade hidráulica com a umidade do solo no método do perfil instantâneo verificaram que comparando os valores de K para um mesmo θ , essa variabilidade diminui.

Portanto, a variabilidade da K_s entre os tratamentos e os blocos, pode ter se dado em função da variabilidade dos atributos físicos do solo, mas principalmente em relação a umidade volumétrica, que foi maior em quase todos os blocos no tratamento controle, com exceção do bloco 3 (**FIGURA 8**)

TABELA 4 – Condutividade Hidráulica Saturada (K_s , mm h^{-1}) nos blocos do transecto do Acurizal em dois tratamentos: controle e retirada.

Bloc o	K_s (mm h^{-1})	
	Controle	Retirada
1	-	10.87
2	46.44	26.17
3	34.88	45.72
4	85.32	47.16
5	33.48	9.47
6	149.40	8.24

De forma geral, a média de K_s foi sensivelmente maior no tratamento controle, com $69,90 \pm 38,52 \text{ mm h}^{-1}$, enquanto que a média da K_s no tratamento retirada foi $24,61 \pm 13,70 \text{ mm h}^{-1}$, ou seja, a média da K_s diminuiu, aproximadamente, 65 % no tratamento retirada. Entretanto, não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

De acordo com Bernardes (2005) a condutividade hidráulica é altamente dependente do conteúdo de água no solo, ou seja, seu valor decresce acentuadamente com a diminuição da umidade. Portanto, a tendência de aumento da média da K_s no tratamento controle pode estar relacionada a diferença de umidade bem como dos demais atributos do solo.

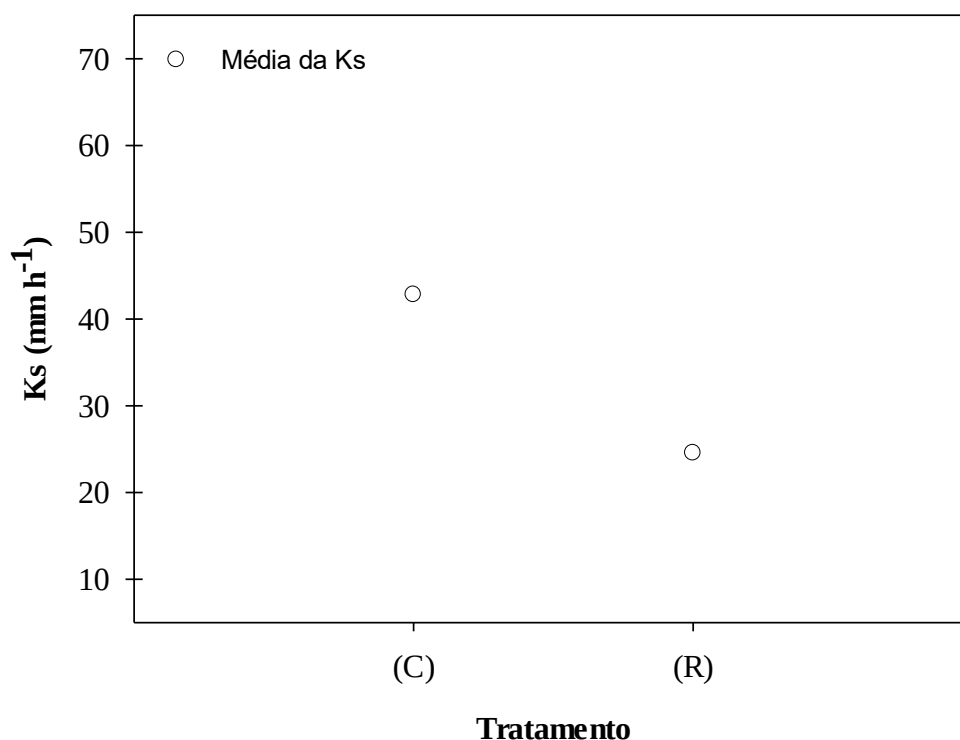


FIGURA 14 – *Boxplot* da condutividade hidráulica saturada (K_s , mm h⁻¹) no transecto do Acurizal. Os pontos brancos correspondem às médias dos tratamentos controle (C) e retirada (R) gerados à partir de bootstrapping de 1000 interações das reamostragens aleatórias 6 dados amostrais. P valor = 0,082

De fato, a K_s está correlacionada com a umidade volumétrica na camada superficial do solo (0-5 cm) em ambos tratamentos, com a porosidade total entre 10-15 cm de profundidade no tratamento retirada e inversamente correlacionada com a densidade do solo na camada de 10-15 cm de profundidade no tratamento retirada. Sendo que os maiores coeficientes de correlação, 0,87 e 0,91, estão entre a K_s e a umidade volumétrica na camada de 0-5cm de profundidade nos tratamentos retirada e controle, respectivamente (**TABELA 5**).

TABELA 5 – Coeficiente de correlação de Pearson entre a condutividade hidráulica saturada (K_s , mm h^{-1}) e os atributos físicos do solo, umidade volumétrica (UV, kg dm^{-3}), densidade do solo (DS, kg dm^{-3}), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}) e porosidade total (PT, %) em três profundidades, 0-5 cm, 10-15 cm e 25-30 cm. Os asteriscos indicam o nível de significância dos coeficientes: p-valor $\leq 0,05$ (*); (**) p-valor $\leq 0,01$; (***) p-valor $\leq 0,001$.

Prof.	UV			DS			DP			PT		
	0-5	10-15	25-30	0-5	10-15	25-30	0-5	10-15	25-30	0-5	10-15	25-30
K_s (R)	0.87*	-0.27	-0.26	-0.11	-0.82*	-0.13	0.18	-0.62	0.58	0.13	0.81*	0.3
K_s (C)	0.91*	0.93	0.81	-0.65	0.69	0.52	0.44	-0.34	0.04	0.58	-0.8	-0.63

valor $\leq 0,01$; (***) p-valor $\leq 0,001$.

4.4. ANÁLISE DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA NÃO SATURADA DO SOLO EM TRATAMENTO DE CONTROLE E RETIRADA DE SERRAPILHEIRA

A condutividade hidráulica não saturada, $K(\theta)$, foi maior no tratamento controle nos blocos 1, 2 e 3, com $20,48 \text{ mm h}^{-1}$, $12,65 \text{ mm h}^{-1}$ e $15,10 \text{ mm h}^{-1}$, respectivamente. Já nos blocos 4, 5 e 6 a $K(\theta)$ foi maior no tratamento retirada, com $23,72 \text{ mm h}^{-1}$, $28,69 \text{ mm h}^{-1}$ e $39,97 \text{ mm h}^{-1}$, respectivamente (**TABELA 6**).

A $K(\theta)$ teve grande variabilidade entre as unidades experimentais, de modo que a diferença entre a $K(\theta)$ mínima ($7,31 \text{ mm h}^{-1}$) e a $K(\theta)$ máxima ($46,67 \text{ mm h}^{-1}$) no tratamento controle é $39,36 \text{ mm h}^{-1}$, e $31,68 \text{ mm h}^{-1}$ no tratamento retirada. Essa maior variabilidade pode ocorrer em função da variação da umidade do solo.

TABELA 6 – Condutividade Hidráulica não Saturada ($K(\theta)$, mm h^{-1}) nos blocos do transecto do Acurizal em dois tratamentos: controle e retirada.

Bloc o	$K(\theta)$ (mm h^{-1})	
	Controle	Retirada
1	20.48	10.27
2	12.65	11.35
3	15.10	8.29
4	7.31	23.72
5	11.73	28.69
6	46.67	39.97

De forma geral, as médias por tratamento da condutividade hidráulica insaturada, $K(\theta)$, foram semelhante em ambos tratamentos, de forma que no

tratamento controle a média dos dados foi de $18,99 \pm 10,20 \text{ mm h}^{-1}$, enquanto que no tratamento retirada a média foi de $20,38 \pm 9,20 \text{ mm h}^{-1}$ (**FIGURA 15**). O P valor obtido no teste de Mann-Whitney foi 1, indicando que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Entretanto, apesar da grande variabilidade, a média da $K(\theta)$ foi sensivelmente superior no tratamento retirada, embora as condições de porosidade e densidade do solo fossem mais favoráveis à condução de água no tratamento controle (**FIGURA 9**).

Isso pode ocorrer devido a condutividade hidráulica não saturada variar em função do potencial matricial. Em outras palavras, a condutividade hidráulica não saturada tende a aumentar quando o potencial matricial se torna mais negativo. Portanto, a maior umidade do solo pode refletir na menor condutividade hidráulica não saturada.

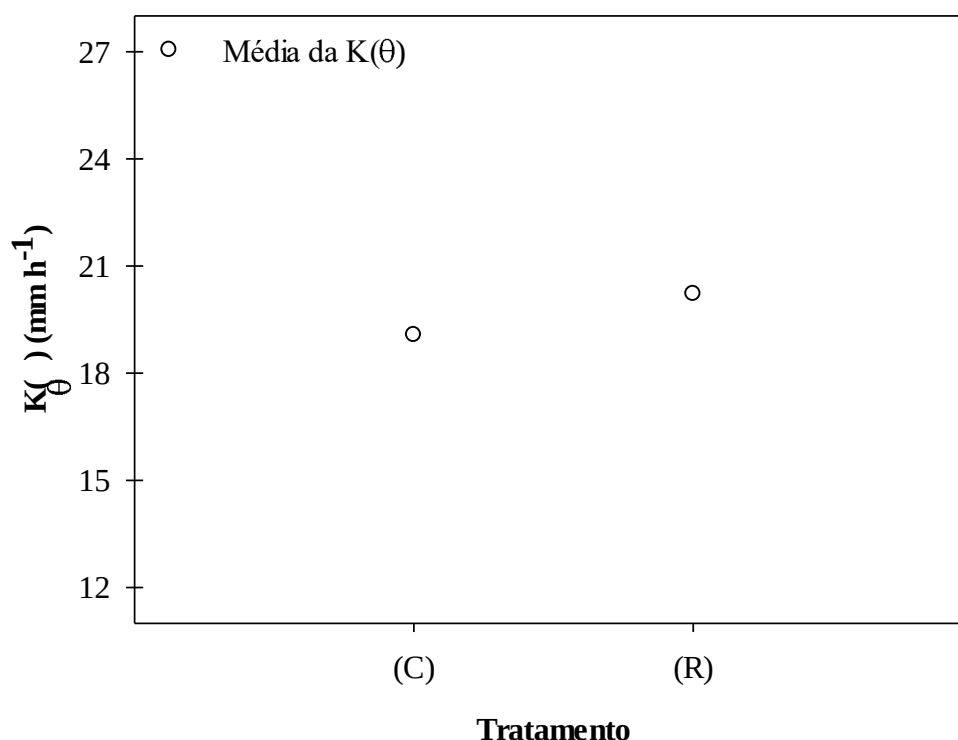


FIGURA 15 – *Boxplot* da condutividade hidráulica não saturada ($K(\theta)$, mm h^{-1}) no transecto do Acurizal. Os pontos brancos correspondem às médias dos tratamentos controle (C) e retirada (R) gerados à partir de *bootstrapping* de 1000 iterações das reamostragens aleatórias de 6 dados amostrais. P valor = 1.

Entretanto, não houve correlação significativa entre os atributos físicos do solo e a $K(\theta)$ no tratamento retirada. Porém, no tratamento controle foram constatadas correlações positivas entre $K(\theta)$ e a umidade volumétrica nas duas primeiras camadas do solo (0-5 e 10-15 cm) com coeficientes de correlação respectivos de 0,86 e 0,98, sendo que este último possui nível de significância maior. A densidade do solo teve correlação positiva com a $K(\theta)$, enquanto que a porosidade total esteve inversamente correlacionada (**TABELA 7**).

Concordemente, Marchini et al. (2015) observaram que em solos com maior quantidade de material orgânico superficial o mini infiltrômetro de disco não apresentou bom desempenho, subestimando os dados.

Portanto, a correlação positiva entre a umidade volumétrica e a $K(\theta)$ e a ausência de correlação entre os atributos do solo e a $K(\theta)$ no tratamento controle, pode sugerir a limitação desse equipamento para solos com material orgânico.

TABELA 7 – Coeficiente de correlação de Pearson entre a condutividade hidráulica não saturada ($K(\theta)$, mm h^{-1}) e os atributos físicos do solo, umidade volumétrica (UV, kg dm^{-3}), densidade do solo (DS, kg dm^{-3}), densidade de partícula (DP, kg dm^{-3}) e porosidade total (PT, %) em três profundidades, 0-5 cm, 10-15 cm e 25-30 cm. Os asteriscos indicam o nível de significância dos coeficientes: p-valor $\leq 0,05$ (*); (**) p-valor $\leq 0,01$; (***) p-valor $\leq 0,001$.

	UV			DS			DP			PT		
Prof.	0-5	10-15	25-30	0-5	10-15	25-30	0-5	10-15	25-30	0-5	10-15	25-30
$K(\theta)$ (R)	-0.47	0.74	-0.08	-0.16	0.29	0.25	0.4	-0.09	-0.43	0.25	-0.49	-0.48
$K(\theta)$ (C)	0.86*	0.98**	0.73	-0.32	0.95**	0.75	0.61	-0.15	0.42	0.48	-0.9*	-0.4

5. CONCLUSÕES

Por meio deste estudo enuncio as seguintes conclusões:

- O microclima da região tem sazonalidade bem definida;
- Houve sazonalidade na produção e acúmulo de serrapilheira;
- Há maior porosidade e umidade; e menor densidade em solo com serrapilheira conservada sob condições naturais;
- A infiltração é sensivelmente menor no tratamento retirada;
- A condutividade hidráulica saturada tem grande variabilidade, sendo maior em solo com serrapilheira em condições naturais, e é fortemente correlacionada com a umidade volumétrica;
- A condutividade hidráulica não saturada teve grande variabilidade, não sendo alterada pela presença ou ausência de serrapilheira, correlacionando-se positivamente com a umidade volumétrica e densidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. L. 2013. 109f. **Medida da condutividade hidráulica e curva de retenção de água por diferentes métodos e predição de atributos físicos do solo pela krigagem**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2013.
- ALVES, A. R.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; HOLANDA, A. C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de Caatinga, na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.194-203, 2006.
- ALVES, M. C; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S.; Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo Vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.4, p. 617-625, 2007.
- ANDRADE, A. P.; DESBESELL, A. S.; MACHADO, J. A. Infiltração de água no solo sob diferentes operações de preparo, em condições de chuva simulada. **Agropecuária Técnica**, v.8, n.1/2, 1987.
- BARBOSA, T. R. L. **Atributos físicos do solo sob espécies florestais da Mata Atlântica na região serrana fluminense**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.
- BERNARDES, R. S. **Condutividade hidráulica de três solos da região Norte Fluminense**. 2005. 69f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 2005.
- BIASSUSI, M **Simulação do movimento da água no solo utilizando modelo numérico**. 2001. 84f. Tese (Doutorado em ciência do solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2001.
- BORGES, E.; ANTONINO, A. C. D.; DALL’OLIO, A.; AUDRY, P.; CARNEIRO, C. J. G. Determinação da condutividade hidráulica e da sortividade de um solo não saturado utilizando-se permeâmetro a disco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.2083-2089, 1999.
- BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. Matéria Orgânica e seu Efeito na Física do Solo. **Tópicos em Ciência do Solo**. SBSCS, v. 7, p. 221-278, 2011.
- BRANDÃO, V. S. **Infiltração de água em solo sujeito a encrostamento**. 2003. 68f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- BRANDAO, V. S.; SILVA, D. D.; RUIZ, H. A.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MARTINEZ, M. A.; MENEZES, S. J. M. C. Resistência hidráulica da crosta

formada em solos submetidos a chuvas simuladas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p. 13-22, 2006.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FREITAS, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.613-622, 2011.

CARSEL, R. F.; PARRISH, R. S. Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. **Water Resource Res.** n.24, p.755-769, 1988.

CARVALHO, L. A. **Condutividade Hidráulica do solo no campo: As simplificações do Método do Perfil Instantâneo**. 2002. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CARVALHO, P. V. de. Estudo do fluxo de CO₂ e do estoque de Carbono do solo em área de interflúvio no Pantanal município de Poconé Mato Grosso. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

CECÍLIO, R. A.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MARTINEZ, M. A. Modelagem da infiltração de água no solo sob condições de estratificação utilizando-se a equação de Green-Ampt. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.415-422, 2003.

CHÁVEZ, A. G. T.; KIENTZ, D. G.; FERNÁNDEZ, E. E. **Manual de Infiltrometria: Infiltrómetro de tensión INDI**. Xalapa – México: INECOL – Instituto de Ecología, A.C., 2014, 85 p.

COELHO, R. D.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N. Infiltração da água no solo: parte I infiltrômetro de anéis versus infiltrômetro de aspersores. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.4, n. 2, p.137-141, 2000.

COLLISCHONN, W; DORNELLES. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. 2ª. Ed. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. 342 p.

CUNHA, C. N.; JUNK, W.J. Year-to-year changes in water level drive the of *Vochysia divergens* in Pantanal glassland. **Applied Vegetation Science**, v.7, p.103-110, 2004.

CUNHA, C. N.; REBELLATO, L.; COSTA, C. P. **Biodiversidade no Pantanal de Poconé – Vegetação e flora: experiência pantaneira no sistema de grade - Capítulo 3**. Cuiabá: Centro de Pesquisa do Pantanal, 2010. 196p.

CUNHA, F. F.; ALENCAR, C. A. B.; MARTINS, A. C. C.; OLIVEIRA, R. A. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, n.2, p. 351-357, 2010.

DECAGON DEVICES (2016). **Mini disk infiltrometer. User's Manual** – version 1.4, 16p.

DE MORAIS, F. Infiltração – uma variável geomorfológica. **Caderno de Geografia**, v.22, n.38, p.73-87, 2012.

DIAS, M. F. **Dinâmica do efluxo de co2 no solo em duas áreas de composições fitofisionômicas distintas**. 2015. 59f. Dissertação (Mestrado em ciências Ambientais) – Universidade de Cuiabá, UNIC, Cuiabá', 2015.

ELRICK, D.E.; REYNOLDS, W.D.; TAN, K.A. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well permeameter analysis. **Ground Water Monit. Ver.**, v9, p. 184-193, 1989.

ELRICK, D.E. & REYNOLDS, W.D. Infiltration from ConstantHead Well Permeameters and Infiltrometers. **Society of Soil Science America**, 1992, p.1-24. (Special Publication, 30)

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. **Qualidade do solo e meio ambiente**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. (Documento / Embrapa Arroz e Feijão, 197).

FAGUNDES, E. A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T. S.; PORTO, R. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, n.14; p.369-378, 2012.

FAJARDO, J. D. V.; FERREIRA, S. J. F.; MIRANDA, S. Á. F.; MARQUES FILHO, A. O. Características hidrológicas do solo saturado na reserve Florestal Adolpho Ducke - Amazônia Central. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.4, p.677-684, 2010.

FARIAS, H. F. L. **Velocidade de infiltração da água no solo irrigado por pivô central no município de Silvânia – GO**. 2015. 61 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Goiás, CCET, Anápolis, 2015.

FARIAS, L. N. **Variabilidade espacial de atributos físico-hídricos dos solos da região Norte Fluminense**. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal do rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

FERRAZ, F. M.; MIYASHIRO, N. J.; RIYIS, M. T.; CUNHA, R. C. A. Estudo da condutividade hidráulica obtida em ensaios de campo: infiltração em sondagens e *slug test* em poços de monitoramento. **InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.10, n.1, p.66-87, 2015.

FIORIN, T. T. **Estimativa da infiltração de água no solo a partir e pedofunções**. 2008. 97f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

GALDINO, S.; RESENDE, E. K. **Previsão de cheias e secas da EMBRAPA auxilia pantaneiros**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2000. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/ADM004.pdf>>. Acesso em 17 de outubro de 2016.

GARDNER, W.R. Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. **Soil Science**. v.85, p.228–232, 1958.

GERSCOVICH, D. M. S. **Fluxo em Solos**. Rio de Janeiro: Departamento de Estruturas e Fundações da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/fluxo.pdf>>. Acesso em 11 de outubro de 2016.

GONDIM, T. M. S.; WANDERLEY, J. A. C.; SOUZA, J. M.; FEITOSA FILHO, J. C.; SOUSA, J. F. Infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método do infiltrômetro de anel em solo arenoargiloso. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v.4, n.1, p. 64-73, 2010.

GONÇALVES, A. D. M. A.; LIBARDI, P. L. Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.5, p.1174-1184, 2013.

HILLEL, D. **Fundamentals of Soils Physics**. New York, Academic Press, 1980. 413p.

HOFMANN, G. S.; HASENACK, J. L. P. C.; OLIVEIRA, L. F. B. **O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural Sesc Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 84 p., 2010.

HURTADO, A. L. B.; CICHOTA, R.; VAN LIER, Q. J. Parametrização do método do perfil instantâneo para a determinação da condutividade hidráulica do solo em experimentos com evaporação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.2, p. 301-307, 2005.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 425 p.

KLUTE, A. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil. In: BLACK, C.A., ed. **Methods of soil analysis**. Part 1. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.210-221.

LACERDA, R. D.; GUERRA, H. O. C.; BARROS JUNIOR, G.; CAVALCANTI, M. L. F.; BARROS, A. D. Determinação da condutividade hidráulica de um solo argiloso pelo método do perfil instantâneo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.1, 2005.

LIBARD, P. L. **Água no solo**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2014. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce200/Agua_no_Solo_2014.pdf>. Acesso em: 11 de outubro de 2016.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. v. 1, 344 p.

LIER, Q. J. V.; LIBARDI, P. L. Variabilidade dos parâmetros da equação que relaciona a condutividade hidráulica com a umidade do solo no método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.23,p.1005-1014, 1999.

MACIEL NETTO, A. **Condutividade hidráulica não saturada de um solo podzólico vermelho – amarelo da zona da mata Norte de Pernambuco**. 1994. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia Nuclear) - Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1994.

MACIEL NETTO, A.; ANTONINO, A. C. D.; AUDRY, P.; CARNEIRO, C. J. G.; DALL'OLIO, A. Condutividade hidráulica não saturada de um podzólico amarelo da zona da mata Norte de Pernambuco. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.35, n.6, p.1221-1228, 2000.

MARQUES, J. D.; TEIXEIRA, W. G.; REIS, A. M.; CRUZ JÚNIO, O. F.; MARTINS, G. C. Avaliação da condutividade hidráulica do solo saturada utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência com diferentes coberturas vegetais no Baixo Amazonas. **Acta Amazônica**, v.38, n.2, p.193 – 206, 2008.

MENDES, R. F. **Estudo das propriedades Geotécnicas de solos residuais não saturados de Ubatuba (SP)**. 2008. 236f. Tese (Doutorado em engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

MENDONCA, L. A. R.; VÁSQUEZ, M. A. N.; FEITOSA, J. V.; OLIVEIRA, J. F. FRANCA, R. M.; VÁSQUEZ, E. M. F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v.14, n.1, p. 89-98, 2009 .

MENEZES, M. D.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). **Scientia Forestalis** Piracicaba, v.37, n. 82, p.175-184, 2009.

MESQUITA, M. G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.963-969, 2004.

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai, PCBAP**. Brasília, DF, 369p..1997.

MIQUELETTTO, M. **Desenvolvimento de procedimentos numéricos para análise de infiltração e estabilidade de taludes em bacias de drenagem**. 2007. 152 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2007.

MIRANDA, J. H.; LIBARDI, P. L.; LIER, Q. J.; MORAES, S. O. **Capítulo 9: movimento da água no solo**. São Paulo: – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce200/Cap9.pdf>>. Acesso em 13 de outubro de 2016.

MISRA, R.K.; DEXTER, A.R.; ALSTON, A.M. Maximum axial and radial growth pressures of plants roots. **Plant Soil**, Dodrecht, v.95, p.315-326, 1986.

MUBARAK, I.; ANGULO-JARMILLO, R.; MAILHOL, J.C.; RUELLE, P.; KHALEDIAN, M.; VAUCLIN, M. Spatial analysis of soil surface hydraulic properties: Is infiltration method dependent? **Agricultural Water Management**, v. 97, p.1517-1526, 2010.

NICOLOSO, R. S.; AMADO, T. J. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1723-1734, 2008.

NIMMO, J.R., SCHMIDT, K.M.; PERKINS, K.S.; STOCK, J.D. Rapid measurement of Field-saturated hydraulic conductivity for areal characterization. **Vadose Zone Journal**, v.8, n.1, p.142-149, 2009.

OLIVEIRA, F. A. 2005. 75f. **Impacto do pastejo na condutividade hidráulica de latossolo sob pastagem e cerrado nativo**. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

OSORIO FILHO, B.; PERAZA, J. E. S.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; PELLEGRINI, J. B.; PELLEGRINI, A.; SEQUINATTO, L.; SIQUEIRA, L. F. Efeito da matéria orgânica e da textura na estimativa do ponto de murcha permanente, com base em funções de pedotransferência. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14, 2002, Porto Alegre – RS, **Anais...** Porto Alegre, 2002.

PAVÃO, L. L.; SANCHES, L.; DIAS, V. R. M.; SALLO, F. S.; PRADO, M. J.; NOGUEIRA, J. S. Dinâmica da serrapilheira produzida e acumulada em área inundável de Acurizal e Cambarazal no Pantanal Mato-Grossense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, 2015, Natal-RN. **Anais...** Natal, 2015.

PANACHUKI, E.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHER, M. A. Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com uso de infiltrômetro de aspersão portátil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, p.129-137, 2006.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1777-1785, 2011.

PEREIRA, G.; CHÁVEZ, E. S.; SILVA, M. E. S. O estudo das unidades de paisagem do bioma Pantanal. **AmbiÁgua**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 89-103, 2012.

PEREIRA, G. M. **Análise comparativa de técnicas para a estimativa da infiltração de água no solo em irrigação por superfície**. 2007. 62f. Dissertação (mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

PERROUX, K.M.; WHITE, I. Designs for disc permeameters. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, p. 1205-1215, 1988.

PIZZATO, J. A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R. C.; MODOLO, A. J.; CREMON, C.; MOREIRA, S. P. P. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 42, n. 2, p.137-142, 2012.

RIOS, G. F. A.; SILVA, B. M.; RIBEIRO, F. C.; SILVA, W. G.; PETERS, P. H. C. R. Espacialização da umidade e densidade no perfil do solo cultivado com feijão-de-metro sob manejos da irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16; p.1047-1054, 2013.

POTT, A. Ecosistema Pantanal. In: PUIGNOU, J.P. (Ed.). **Utilizacion y manejo de pastizales**. Montevideo: IICA-PROCISUR, 1994. p.31-34. (IICAPROCISUR.Dialogo, 40).

POTT, C. A. **Determinação da velocidade de infiltração básica de água no solo por meio de infiltrômetros de aspersão, de pressão e de tensão, em três solos do estado de São Paulo**. 2001. 77f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônômico, Pós-Graduação do Instituto Agrônômico, Campinas, 2001.

POTT, C. A.; DE MARIA, I. C. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.19-27, 2003.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo, Manole, 1987. 188 p.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, Planta Atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações**. São Paulo: Manole, 2004. 478p.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades física do solo**. Santa Maria: Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, 2006. Disponível em:

<https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo__texto.pdf>. Acesso em 11 de outubro de 2016.

REYNOLDS, W.D.; ELRICK, D.E. Pondered infiltration from a single ring: I. Analysis of steady flow. *Soil Science Society of America Journal*, v. 54, p. 1233-1241, 1990.

RODRIGUES, C. A. G.; CRISPIM, S. M. A.; COMASTRI FILHO, J. A. **Queima controlada no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. Disponível em: <<http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/DOC35.pdf>>. Acesso em 17 de outubro de 2016.

ROTH, C.H.; MEYER, B.; FREDE, H.G. A portable rainfall simulator for studying factors affecting runoff, infiltration and soil loss. *Catena*, v.12, p.79-85, 1985.

SALES, L. E. O.; FERREIRA, M. M.; OLIVEIRA, M. S.; CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.11, p.2091-2095, 1999.

SANTANA, S. C. **Indicadores físicos da qualidade de solos no monitoramento de pastagens degradadas na região sul do Tocantins**. 2009. 76f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2009.

SANTOS, C. S.; SILVA, P. F.; SANTOS, D. P.; SANTOS, J. C. C.; SANTOS, M. A. Avaliação da infiltração de água no solo pelo método de infiltrômetro de anel no agreste alagoano. **Revista Verde**, v. 8, n. 2, p.161-165, 2013.

SANTOS, A. C. A.; NOGUEIRA, J. S. Análise do material particulado no Pantanal Mato-Grossense. **Revista brasileira de meteorologia**, São Paulo, v.30, n. 3, p.254-264, 2015.

SIGNOR, C. A.; FERNANDES, I. M.; PENHA, J. **Biodiversidade no Pantanal de Poconé : O Pantanal e o sistema de pesquisa - Capítulo 1**. Cuiabá: Centro de Pesquisa do Pantanal, 2010. 196p.

SILVA, A. M.; CORINGA, J. E. S.; Coringa, E. A. O. Índices de qualidade dos sedimentos e de água do rio Bento Gomes – Poconé-MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4, 2013, Salvador-BA. **Anais...** Salvador, 2013.

SILVA, C. J. LOBO, F. A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no Norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, Manaus , v.39, n.3, p.591-600, 2009.

SILVA, L. B. **Relações entre Aporte de Serrapilheira, Nutrientes e Efluxo de Dióxido de Carbono em Floresta Inundável de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato-Grossense**. 2013. 70 f. Tese (Doutorado em Física ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

SILVA, J. S.V.; ABDON, M.M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. especial, p.1703-1711, 1998.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p.544-552, 2005.

SILVA JUNIOR, J. J. **Determinação da condutividade e hidráulica do solo utilizando o problema inverso do software hydrus-1D**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

SILVA JUNIOR, J. J.; COLOMBO, A.; SILVA, E. L.; SCALCO, M, S. Determinação da condutividade hidráulica do solo utilizando o problema inverso do software hydrus-1D. **Revista Agro@mbiente On-line**, v.7, n.3, p.242-251, 2013.

SILINGOVSKI, T.M.; BEZERRA, J. F. R.; RODRIGUES, S. C. Comportamento da água no solo a partir de dados tensiométricos e sua influência no processo erosivo, Fazenda Do Glória Uberlândia – MG. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, n.6, 2006, Goiânia. **Anais...** International Association of geomorphologists, 2006.

SOUSA, R. V. B.; CELLIGOI, A. Avaliação da condutividade hidráulica do solo em área agrícola e florestada na cidade de Londrina (PR) através do Permeâmetro Guelph. **Bol. geogr.**, Maringá, v.29, n.2, p. 123-133, 2011.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v.2, n.1, p.135-152.

VALLEJO, L. R. **A influência do “Litter” na distribuição das águas pluviais**. 1982. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1982.

VASCONCELLOS, C.A.B.; AMORIM, J.C.C. Simulação numérica da infiltração da água em meios porosos não-saturados homogêneos. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, n.14, 2001, Aracaju. **Anais...** ABRH, 2001.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Variação mensal da deposição de serapilheira em povoamento de *Pinus taeda* L. em área de campo nativo em Cambará do Sul-RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v.34, n.3, p.487-494, 2010 .

VILLA, E. B.; PEREIRA, M. G.; ALONSO, J. M.; BEUTLER, S. J.; LELES, P. S. S. Aporte de Serapilheira e Nutrientes em Área de Restauração Florestal com Diferentes Espaçamentos de Plantio. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.23, n.1, p. 90-99, 2016.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

WENDLING, B.; FREITAS, I. C. V.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de Conversão

do cerrado em floresta de pinus, pastagem e Plantio direto. **Bioscience Journal**, v.28, p.256- 265, 2012.

ZHANG, R. Determination of soil sorptivity and hydraulic Infiltrrometer conductivity from the disk infiltrrometer.” **Soil Sci. Soc. Am. J.** n.6, p.1024-1030, 1997.

ZWIRTES, A. L.; SPOHR, R. B.; BARONIO, C. A.; MENEGOL, D. R.; ROHR, M. R. Avaliação dos impactos causados por diferentes sistemas de manejo nos atributos físicos do solo. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 3, 2012, Bento Gonçalves – RS. **Anais...**Bento Gonçalves: Universidade de Caxias do Sul, 2012.