

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO EM NEOSSOLO FLÚVICO E CAMBISSOLO
HAPLICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Cleuma Christir da Silva Almeida

Orientador: Prof. Dr. Victor Casimiro Piscoya

Coorientador: Prof. Dr. Genival Barros Junior

Recife, PE

Julho, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Cleuma Christir da Silva Almeida

**CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO EM NEOSSOLO FLÚVICO E CAMBISSOLO
HAPLICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Victor Casimiro Piscoya

Coorientador: Prof. Dr. Genival Barros Junior

Recife, 2017

Julho, 2017

**CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO EM NEOSSOLO FLÚVICO E CAMBISSOLO
HAPLICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Cleuma Christir da Silva Almeida

Dissertação

Submetida como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Ambiental

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Departamento de Tecnologia Rural

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Aprovada em:

Pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Victor Casimiro Piscoya

Prof. Dr. José Ramon Barros Cantalice

Prof. Dr. Moacyr Cunha Filho

Aos meus pais

Alba Marques da Silva e Luiz Carlos Oliveira de Almeida pelo incentivo,

A minha irmã

Karla Maria da Silva Almeida por sempre acreditar em mim,

Ao meu esposo

Thyêgo Nunes Alves Barreto pelo amor, compreensão, amizade, incentivo e por sempre me ajudar na concretização de cada sonho.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, autor da minha vida e de minha história. Agradeço a Ele porque sempre esteve presente na minha vida, me ajudando, me levantando, indicando sempre o melhor caminho a ser seguido, mesmo nos momentos mais difíceis e aos meus olhos, impossíveis.

Aos meus pais Alba Marques da Silva e Luiz Carlos Oliveira de Almeida pelo carinho e incentivo.

A minha irmã amada, Karla Maria da Silva Almeida, que tanto admiro pela sua garra e inteligência.

Ao meu esposo Thyêgo Nunes Alves Barreto pelo amor, paciência, incentivo e compreensão, além de ser meu amigo em todas as horas.

Ao Professor Victor Casimiro Piscoya pela confiança, compreensão e dedicação na orientação desta dissertação, grata. A CAPES pela concessão da bolsa para a realização da pesquisa.

Aos diversos Professores Marcelo Nogueira, William Souza, José Aleixo e Marco Passos do curso de Engenharia florestal.

Agradeço também aos Professores do curso de Licenciatura em Ciências Agrícolas (LA) Elizabete, Paulo de Jesus, Marcos Figueiredo, Denise Botelho e Nunes.

Grata também estou pelos ensinamentos do meu antigo orientador de PIBIC, o professor Hernande Pereira da Silva, pelo carinho e ajuda.

Ao Professor Alexandro Cardoso Tenório pela orientação durante o início da minha vida acadêmica, no antigo Programa Conexões de Saberes da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Aos meus Professores do ensino médio da escola Professora Isaura de França, em especial ao professor Edmilson, por sempre acreditar em mim, por me estimular na busca do conhecimento, e por me tornar amante dos livros.

Aos meus amigos Alexandra, Thaís, Elizabete, Tássia, Sara, Alcione, Jorcely, Phillipe, Jaqueline, Aline, Claudia, Cartiele, Gleide, Lucicleito, Valdemir, entre outros.

Aos funcionários Walquiria e Nana por terem me ajudado nos momentos que precisei durante minha Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFRPE.

Grata estou pelas pessoas que ajudaram no campo, tanto na montagem, quanto na execução do trabalho.

Agradeço aos professores da Banca pelas considerações e contribuições, as demais pessoas que contribuíram direto ou indiretamente para a conclusão deste trabalho, muito obrigada.

Eclesiastes 3

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.

Há tempo de nascer, e tempo de morrer; tempo de plantar, e tempo de arrancar o que se plantou;

Tempo de matar, e tempo de curar; tempo de derrubar, e tempo de edificar;

Tempo de chorar, e tempo de rir; tempo de prantear, e tempo de dançar;

Tempo de espalhar pedras, e tempo de ajuntar pedras; tempo de abraçar, e tempo de afastar-se de abraçar;

Tempo de buscar, e tempo de perder; tempo de guardar, e tempo de lançar fora;

Tempo de rasgar, e tempo de coser; tempo de estar calado, e tempo de falar;

Tempo de amar, e tempo de odiar; tempo de guerra, e tempo de paz.”

Seus Sonhos

*“Quando seus sonhos são maiores que
você,
Não adianta tentar escondê-los
dentro de si,
Com medo das chances do fracasso e
do insucesso,
Deixe-os crescer e sair do esconderijo
que você mesmo criou,
Deixe-os tornarem-se enormes ao
ponto de não ter mais controle sobre
eles,
Aí meu amigo (a),
Sentirás uma imensa paz,
Satisfação e alegria ao vê-lo por
inteiro”.*

Cleuma Christir

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.- Classificação dos valores de densidade de drenagem	29
Tabela 2.- Classificação da declividade de acordo com Embrapa (1979).....	29
Tabela 3.- Características físico-hídricas da bacia hidrográfica semiárida do riacho Jacu.....	30
Tabela 4.- Propriedades físicas do Neossolo Flúvico e Cambissolo Háplico	31
Tabela 5.- Estatística descritiva para os quatro tratamentos estudados.	41
Tabela 6.- Equações obtidas através dos Modelos de Horton e Kostiakov (período seco e chuvoso), coeficientes de determinação (R^2) e o erro percentual (%).	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Localização da área de estudo	25
Figura 2.- Precipitação média dos últimos sete anos para o município de Serra Talhada – PE	26
Figura 3.- Precipitação média mensal ao longo do ano de 2016.....	27
Figura 4.- Infiltrômetro de cilindros concêntricos utilizado para a determinação da infiltrabilidade da água no Neossolo Flúvico	33
Figura 5.- Infiltrômetro de cilindros concêntricos utilizado para a determinação da infiltrabilidade da água no Cambissolo Háplico	33
Figura 6.- Presença de Caatinga semi arbustiva, nas proximidades do Cambissolo.....	34
Figura 7.- Cravamento do cilindro interno na área de Cambissolo Háplico, bacia do Riacho do Jacú, Semiárido pernambucano.....	35
Figura 8.- Leitura da altura da lâmina d`água no cilindro interno, bacia do Riacho do Jacú.....	36
Figura 9.- Capacidade de infiltração (cm.h^{-1}) em função do tempo (min) para o Cambissolo Háplico e Neossolo Flúvico no período seco e chuvoso	39
Figura 10.- Infiltração acumulada (cm.h^{-1}) em função do tempo (min) para o Cambissolo Háplico e Neossolo Flúvico no período seco e chuvoso	40
Figura 11.- Modelo de predição de Horton aplicado a Capacidade de Infiltração de água nos solos estudados para o período seco e chuvoso	44
Figura 12.- Modelo de predição de Kostiaikov aplicado a Capacidade de Infiltração de água nos solos estudados para o período seco e chuvoso	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Taxa Potencial de Infiltração da água no Solo	16
2.2. Determinação da Infiltração Potencial da Água no Solo	17
2.3. Infiltrômetros de anel concêntrico.....	18
2.4. Fatores que Afetam a infiltração da Água no Solo	19
2.5. Modelos utilizados para estimar a taxa de infiltração em solos	22
3. OBJETIVOS	24
3.1. Geral	24
3.2. Específicos	24
4. METODOLOGIA.....	25
4.1. Localização do Estudo	25
4.1.1. Condições Climáticas.....	26
4.1.2. Precipitação Média do Município de Serra Talhada	26
4.2. Tipos de solos	27
4.3. Características físico-hídricas da bacia hidrográfica do Jacú.....	27
4.4. Características Físicas do Solo	30
4.5. Determinação das propriedades físicas dos solos	31
4.6. Determinação da Capacidade de infiltração com anéis concêntricos	32
4.7. Aplicação da equação de Horton e Kostiakov	37
4.8. Estatística descritiva aplicada aos dados de infiltração.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1. Capacidade de Infiltração e Infiltração acumulada.....	39
5.2. Estatística Descritiva e Teste de Normalidade	40
5.3. Modelos de predição de Horton e Kostiakov para a Taxa de infiltração.....	42

6. CONCLUSÃO.....46

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS47

Anexo

ALMEIDA, C. C. S. CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO EM NEOSSOLO FLÚVICO E CAMBISSOLO HÁPLICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.

RESUMO

Estudos relacionados a dinâmica da água no solo do semiárido torna-se importante por se tratar de áreas com grande escassez hídrica, onde a infiltração de água no solo influencia diretamente na dinâmica do solo, rendimento das culturas e otimização do uso da água. O objetivo geral da pesquisa foi avaliar a capacidade de infiltração básica do Neossolo Flúvico e do Cambissolo Háplico no semiárido Pernambucano, em períodos chuvoso e seco, através dos modelos equação de Horton e Kostiakov utilizando o método do infiltrômetro com anéis concêntricos do anel duplo. As características físicas dos solos estudados, foram classificados ambos com textura franco arenosa, com semelhanças na composição granulométrica. A capacidade de infiltração inicial foi alta com valor de $39,75 \text{ cm.h}^{-1}$ para o Cambissolo, comparada com a do Neossolo para o período seco de $23,44 \text{ cm.h}^{-1}$, assim como para o Neossolo $24,09 \text{ cm.h}^{-1}$ e Cambissolo $24,84 \text{ cm.h}^{-1}$ no período chuvoso. A capacidade de infiltração do Cambissolo Háplico se mostrou superior aos demais tratamentos, podendo estar relacionado a evolução estrutural deste solo em comparação ao Neossolo Flúvico. Tanto a equação de Kostiakov quanto a de Horton podem ser usados para estimar a taxa potencial de infiltração do solo in situ no semiárido.

Palavra-chave: Infiltração, Modelos de Horton e Kostiakov, Solos do semiárido.

ALMEIDA, C. C. S. CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO EM NEOSSOLO FLÚVICO E CAMBISSOLO HAPLICO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO.

ABSTRACT

Studies related to water dynamics, without soil to make semi-arid, are important because they are areas with great water scarcity, where a infiltration of water does not only influence directly the soil dynamics, crop yield and optimization of water use. The general objective of the research was to evaluate the basic infiltration capacity of the Fluovian Neossolo and the Hapless Cambisol without semiarid Pernambuco, in rainy and dry periods, using the Horton and Kostiakov equation models, the infiltrator method with concentric double ring rings. The physical characteristics of the studied soils were classified with both sandy loam texture, with terms in the granulometric composition. The initial infiltration capacity was high with a value of 39.75 cm.h⁻¹ for the Cambisols, compared with a Neosol for the dry period of 23.44 cm.h⁻¹, as well as for the Neosol 24.09 cm. H⁻¹ and Cambissolo 24.84 cm.h⁻¹ in the rainy season. The infiltration capacity of the Hapol Cambisol showed to be superior to the other treatments, being able to be related to a structural development of this soil in comparison to the Flossic Neosol. Both the Kostiakov and Horton equations can be used to estimate the potential rate of soil infiltration in situ without semiarid.

Key words: Infiltration, Horton and Kostiakov models, Semi-arid soils.

1. INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino apresenta uma população de cerca de 44.836.468 pessoas numa área de 982.563,3 km² (1.735 municípios), correspondente aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, além do norte de Minas Gerais. Pernambuco apresentar 88% de todo seu estado no semiárido, ocupado por 7.918.344 de pessoas, apenas 10% (86.710,4 km²) do mesmo corresponde ao semiárido total (MIN, 2017).

Os solos mais predominantes do semiárido brasileiro, são os Latossolos, Neossolos, Argissolos, Luvissolos, Planossolos, Plintossolos e Cambissolos (EMBRAPA, 2000; EMBRAPA, 2004).

As chuvas no semiárido são intermitentes, além de apresentarem-se de forma torrenciais, seguidas por longo período seco, que pode durar alguns anos (PRADO, 2003).

Além dos baixos índices de produtividade (não considerando os perímetros irrigados), a agricultura nessa região tem causado uma degradação indiscriminada, em alguns casos irreversível, contribuindo para aceleração da degradação ambiental dos cursos d'água, da vegetação e do solo.

Estudos relacionados à dinâmica da água no solo do semiárido torna-se de grande valia principalmente por se tratarem de áreas com escassez hídrica, e sobretudo porque muitas comunidades encontram-se localizadas em torno dos cursos d'água (SECO,1999). Além de ser um dos biomas bastante alterados, principalmente em função da pressão exercida pelo sistema agropastoril.

Neste sentido, estudos de infiltração de água no solo são essenciais, pois influem diretamente na dinâmica do solo, rendimento das culturas e otimização do uso da água, como exemplo, a escolha de um método adequado ao tipo de irrigação, visto que este tipo de técnica exige um conhecimento prévio da velocidade de infiltração da água no solo.

Assim, o método do infiltrômetro de anéis concêntricos é utilizado em função do seu fácil manejo e baixo custo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A infiltração é o processo de entrada descendente de água no solo (HILLEL, 1980), que chega à superfície e entra no mesmo (GREGORY et al., 2005). É um parâmetro hidrológico que separa a água em dois grandes componentes hidrológicos: escoamento superficial e recarga (SRINIVASAN e POONGOTHAI, 2013). É difícil de medir com precisão, importante para a compreensão das etapas do ciclo hidrológico, por isso torna-se importante o seu monitoramento contínuo (CECÍLIO et al., 2003; DIAMOND e SHANLEY, 2003).

2.1. Taxa Potencial de Infiltração da água no Solo

O processo de infiltração de água no solo ocorre devido a água da chuva ou irrigação possuir potencial total maior que o potencial total da água no solo, sendo que, em solo seco (menor conteúdo de água) o gradiente de potencial total é menor e ao longo do processo este potencial tende a aumentar, buscando um equilíbrio, entre as diferenças de potenciais. Portanto, a diferença de potencial explica o fato da taxa inicial de infiltração ter um valor elevado com posterior redução da taxa conforme o solo obtém sua saturação (BERNARDO, 2006).

A infiltração do solo, ou capacidade de infiltração é uma taxa (conhecida também como velocidade de infiltração) a que a água penetra no solo, passando pelas camadas do solo, através dos poros, sob a ação da gravidade, controlada por fatores do solo, ficando armazenada temporariamente, tornando-a disponível para a absorção da raiz, crescimento e desenvolvimento das plantas e dos organismos do solo (JOHNSON, 1963; PINTO et al., 1976; GREGORY et al., 2005; LIU et al., 2011).

A infiltração alcança uma determinada velocidade, no início da chuva ou irrigação, com tendência a diminuir gradativamente com o tempo, alcançando um valor mínimo e constante, passando a ser conhecida como velocidade básica de infiltração - VIB (REICHARDT, 1987).

Para a determinação da velocidade de infiltração básica seja executada in situ, de forma mais representativa e precisa possível. Contudo, dada a grande variabilidade espacial a que os solos estão submetidos, a observância dessa recomendação tem tornado aquela determinação uma tarefa das mais laboriosas e cujos resultados se acham envoltos por muitos questionamentos (SALES et al., 1999).

Em razão desses aspectos, Libardi (1995), comenta que muitos pesquisadores têm procurado calculá-la teoricamente, a partir de outras propriedades do solo de mais fácil medida.

Estudos nessa direção foram desenvolvidos por Ahuja et al. (1984) e Miyazaki (1996), utilizando respectivamente a macro porosidade e a densidade do solo. A velocidade de infiltração básica serve de referência para a escolha dos métodos e sistemas de irrigação a se adotar, sendo, portanto, uma variável relevante para a definição do manejo agrícola em sistemas irrigados.

2.2. Determinação da Infiltração Potencial da Água no Solo

Existem vários métodos para determinação da VIB e taxa de infiltração Estável no campo, a qual pode ser determinada juntamente com a condutividade hidráulica, através de diferentes métodos tais como: infiltrômetros de anéis concêntricos, aspersores ou simuladores de chuvas, entrada-saída de água no sulco, de tensão, de pressão, de mini disco, método do balde sem fundo, entre outros (TOUMA e ALBERGEL, 1992; BERNARDO, 1995; LIMA e SILANS, 1999; LIU et al., 2011; ZONTA et al., 2012; BAGARELLO et al., 2014; MESHGI e CHUI, 2014; ALAGNA et al, 2016; DUNKERLEY, 2017; OLORUNFEMI e FASINMIRIN, 2017).

Mantovani et al., (2006) destacam que em irrigação, mais importante do que a velocidade de infiltração é a velocidade de infiltração básica (VIB), ela é que vai dizer se o solo suporta a intensidade de aplicação imposta por determinado tipo de emissor, ou seja, ela deve ser levada em conta na escolha, por exemplo, dos aspersores no método de irrigação por aspersão.

Segundo Cecílio et al. (2007), a dispersão espacial é muito grande nos solos, ainda que dentro de áreas pequenas. Como resultado disto e também das variações temporais das variáveis do solo, a infiltração é um processo muito complexo na qual a taxa de infiltração da água no solo pode ser descrita apenas de forma aproximada, por modelos matemáticos tais como a equação de Horton, escrita na forma de uma função exponencial.

2.3. Infiltrômetros de anel concêntrico

A medição da infiltração de água no solo é uma indicação importante no que diz respeito a eficiência da irrigação e drenagem, otimizando a disponibilidade de água para as plantas.

Apesar dos infiltrômetros de anel único ter sido amplamente utilizados para medir as taxas de infiltração do solo (OLSON e SWARTZENDRUBER, 1960; JOHNSON, 1963), existem muitos erros de medição. Um desses erros está relacionado com o tamanho do cilindro. Tricker (1978) afirmou que anéis de 15 a 50 cm de diâmetro produzem erros de medição de 20 e 30%, respectivamente.

Infiltrômetros de um único anel superestimam as taxas de infiltração vertical (GREGORY et al., 2005; BOUWER, 1986; TRICKER, 1978). Isto deve-se ao fato do fluxo de água abaixo do cilindro ter dois componentes, um lateral e outro vertical. O fluxo lateral causa uma infiltração constante, as taxas de infiltração são muito maiores que as capacidades de infiltração ou condutividade hidráulica (YOUNGS, 1987).

Os infiltrômetros de anel são comumente utilizados para a determinação das propriedades hidráulicas do solo (TOUMA e ALBERGEL, 1992). Porém para a minimização dos erros, foi desenvolvido o método do infiltrômetro duplo, onde o erro associado ao método do anel único pode ser reduzido porque o nível da água no anel externo força a infiltração vertical da água no anel interno (ASTM, 2003).

O método do anel duplo subestima a infiltração inicial devido a rápida destruição dos agregados da superfície do solo, além da impraticabilidade de medir com precisão o alto consumo inicial (LIU et al., 2011). Este método consiste em dois

tubos de aço de paredes com diferentes diâmetros interior e exterior. O tamanho destes afeta a precisão das medições e a redução dos erros.

Lai e Ren (2007) e Bouwer (1986) indicaram que, em caso de alta variabilidade espacial dos solos, infiltrômetros com um grande anel interno são essenciais para medições confiáveis.

O método dos anéis duplos apresenta uma fonte de erro que está relacionado a fuga de água que ocorre quando se introduz o anel no solo, resultando em um mau encaixe entre a parede do anel e o solo (Bouwer, 1986).

2.4. Fatores que Afetam a infiltração da Água no Solo

Alguns fatores interferem na magnitude da taxa de infiltração, como é o caso do uso e ocupação do solo, pisoteio do gado em pastagens, o relevo, o tipo de cobertura e densidade vegetal, características físicas e estrutura do solo, bem como a precipitação local, umidade natural do solo e a condutividade hidráulica do solo, hidrofobicidade, além da ação de micro-organismos, escavações ou espaços vazios feitas por animais, insetos e até a decomposição das raízes (JOHNSON, 1963; PINTO et al., 1976; CARDURO E DORFMAN, 1988; THUROW et al., 1988; BERNARDO, 1995; BRANDÃO et al., 2006; PHILIPS, 2011; ALMEIDA et al., 2014; LIMA et al., 2015).

A infiltração pode ser influenciada pela maior porcentagem de areia do solo (MAZAHERI e MAHMOODABADI, 2012). Os solos de textura grossa (arenosa) possuem em geral, maior número de macro poros do que os com textura fina (considerados argilosos), apresentando assim maior condutividade hidráulica e taxas de infiltração, diferentemente dos solos densos onde a taxa de infiltração é menor pela redução da porosidade (BRANDÃO et al., 2006).

O número de poros e os seus formatos também podem influenciar na infiltração do solo (GONÇALVES & MORAES, 2012).

Estudos da taxa de infiltração e condutividade hidráulica desenvolvidos na China por Leung et al. (2015), relacionados ao efeito das raízes de *Cynodon dactylon* e

Schefflera heptaphylla mostraram que, apesar da taxa de infiltração e da condutividade hidráulica serem menores em solo com cobertura vegetal quando comparados a solos sem cobertura vegetal, não existe diferença significativa entre o solo coberto por grama e o coberto por árvores, isto se deve segundo os autores a função da presença das raízes das plantas através do efeito significativo na redução do volume de infiltração de água.

O impacto da gota das chuvas é um fator que parece influir negativamente na infiltração do solo, que segundo Morin e Van Winkel (1996), há a dispersão físico-química das argilas do solo como causa da formação do selamento superficial.

A intensidade das chuvas pode influenciar na taxa de infiltração, quanto maior a intensidade das chuvas, menor a velocidade dessa infiltração (LIU et al., 2011). Além das chuvas também interferem na elevação da umidade do solo e consequentemente menor infiltração (CHANDRAKANT et al., 2015).

A diferenciação do comportamento da velocidade de infiltração também pode diferir, segundo Daimond e Shanley (2003), entre as estações, onde no verão a infiltração se mostra normalmente superior.

A matéria orgânica é outro atributo do solo fundamental para a qualidade do solo, pois altera a agregação do solo, controlando a lixiviação e disponibilidade de água para as espécies vegetais (FRANZLEBBERS, 2002).

Além dos fatores ambientais e as características do solo, a redução da infiltração parece estar relacionada ao uso do solo, onde áreas com cultivos se mostram limitadoras do aumento da porosidade local (PAGLIAI et al., 2004).

Em estudo realizado no Sudeste da Nigéria, Osuji et al. (2010), verificaram que a taxa de infiltração com usos distintos do solo (terras aráveis, arbustos em pousio, terra cultivada e pomar de abacaxi) e apresentaram como resultado taxas de infiltração superiores em área de pousio, com menores valores observados em terras aráveis.

Os solos cultivados apresentam características como taxa de infiltração e salinidade no solo modificados, pois as operações mecanizadas produzem compactação do solo (VOORHES e LINDSTROM, 1984; BLACKWELL et al, 1985; ALLEGRE et al, 1986; HARTGE, 1988), aumentando a densidade do solo e o escoamento superficial,

como consequência suavizando a taxa de infiltração (CUNHA et al., 2015; HARTGE, 1988; THUROW et al., 1988; HILLEL, 1982).

De acordo com Mancuso et al. (2014), as taxas de infiltração em solos com maior densidade apresentam menores taxas de infiltração em comparação aos solos sem cobertura vegetal, favorecendo o escoamento superficial.

Semelhante resultado foi encontrado por Zonta et al. (2012), com simulador de chuva em Cambissolo Háplico Tb distrófico, onde apontaram que a taxa de infiltração foi reduzida em até 75% para condições de solo sem cobertura, quando comparado ao solo com cobertura.

Outro fator que parece limitar a infiltração do solo é o pisoteio do gado em pastagens (THUROW et al., 1988). A perturbação no solo, bem como da cobertura vegetal, estão relacionados a compactação e o selamento do solo (WARREN et al., 1986). Tal pressão de pastejo remove arbustos, ervas e controla grande quantidade de matéria orgânica na superfície do solo.

Porém para Mancuso et al. (2014), a existência de gramados, considerados áreas verdes, não ajudam na infiltração das águas no solo.

A declividade e a altura do terreno parece influenciar na redução da taxa de infiltração do solo, pois os altos valores de densidade do solo encontrados por Lima et al. (2015), estavam presentes principalmente nas primeiras profundidades, de 0 - 20 cm.

Outro ponto ligado a redução da infiltração e aceleração do escoamento superficial são as queimadas dos solos em áreas de plantio (EBEL e MOODY, 2016).

As queimadas elevam a temperatura do solo, durante e após as queimadas, alterando também as características físicas do solo, onde após a ação do fogo ocorre a redução da capacidade de absorção de água pelo solo, sendo explicada pela retirada da biomassa e pelo desenvolvimento da repelência a água causada por elementos hidromórficos voláteis presentes no material combustível, reduzindo consequentemente a infiltração (COSTA e RODRIGUES, 2015).

Tal ação está ligado ao aumento de hidrofobicidade que reduz fortemente a condutividade e dificulta severamente a infiltração da água no solo, reduzindo a quantidade de água disponível na zona de raízes das plantas (OLORUNFEMI e FASINMIRIN, 2017).

A hidrofobicidade trata-se de uma repelência do solo à água, este fenômeno está associado ao recobrimento das partículas do solo por substâncias orgânicas hidrofóbicas, oriundas de compostos orgânicos hidrofóbicos (via deposição ou decomposição) relacionados também aos metabólitos de bactérias e microrganismos, incêndios, pH elevado, tipo de argilomineral e composição granulométrica do solo, com ocorrência normalmente em clima seco e solo arenoso (VOGELMANN et al., 2015).

A compreensão de variáveis físicas do solo, como a velocidade de infiltração, pode ser importante para o entendimento das causas da variabilidade na produção das culturas. Mesmo de aparência homogênea, essas variáveis podem apresentar variabilidade no espaço e conseqüentemente na resposta hidrológica das culturas (LIMA e SILANS, 1999). Por isso, a análise estatística é de suma importância para auxiliar na tomada de decisão a respeito do valor mais representativo da área.

2.5. Modelos utilizados para estimar a taxa de infiltração em solos

Em solos das regiões áridas e semiáridas da Nigéria segundo Abdulkadir et al. (2011), o modelo de Horton é considerado como um dos modelos empíricos populares na simulação da infiltração de água no solo.

Na China Liu et al. (2011) testaram a taxa de infiltração em solo argiloso, com o uso do método do anel duplo e três equações empíricas de Kostiakov (elaborado em 1932), Horton (em 1940) e Philip (em 1969), e concluíram que o modelo de Horton foi a que se ajustou melhor.

Esta afirmação é confirmada também por Hajabbasi (2006), o qual avaliou três modelos de estimativa de infiltração (Kostiakov, Horton e Philip) em área com solo argiloso no Noroeste do Iran, onde afirmou que o modelo de Horton deu uma melhor previsão de Taxa de infiltração nessa região.

O modelo de Horton, descrito por Prevedello (1996) mostra que a redução na taxa de infiltração com o tempo é fortemente controlada por fatores que operam na

superfície do solo, tais como selamento superficial, devido ao impacto das gotas de chuva, fenômenos de expansão e contração do solo.

Esses modelos apresentam coeficientes que podem ser calculados a partir das equações teóricas, ou serem estimados por meio de regressão, a partir de dados de infiltração medidos no campo; várias outras equações com base em dados empíricos descrevem o processo de infiltração (Verde & Ampt, Kostiakov, Horton e Holtan), com uma maior base física da equação de Philip (HILLEL, 1982), podendo ser ajustados aos dados observados de infiltração.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Avaliar o processo de infiltração do Neossolo Flúvico e do Cambissolo Háplico em ambiente semiárido no período chuvoso e seco, através das equações de Horton e Kostiakov.

3.2. Específicos

- Comparar a capacidade de infiltração do Neossolo Flúvico e Cambissolo Háplico para o período seco e chuvoso.
- Verificar qual equação prediz melhor o potencial da capacidade de infiltração.

4. METODOLOGIA

4.1. Localização do Estudo

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do riacho Jacu, região do alto Sertão do Pajeú, nos domínios da Bacia Hidrográfica do rio Pajeú (Figura 1), próximo a cidade de Serra Talhada, cujo acesso se dá pela rodovia estadual PE 390 no km 20, na região da Serra da Lagartixa, limites entre os municípios de Serra Talhada e Floresta, entre as coordenadas geográficas 35°24'00" de longitude Oeste e 08°08'00" de latitude Sul, distante cerca de 515 km de Recife, encontrando-se na porção norte do Estado de Pernambuco, limitando-se geograficamente, ao norte, com o Estado da Paraíba, ao sul, com Floresta, a leste com Calumbi, Betânia e Santa Cruz da Baixa Verde e, a oeste, com São José do Belmonte e Mirandiba (CPRM, 2005).

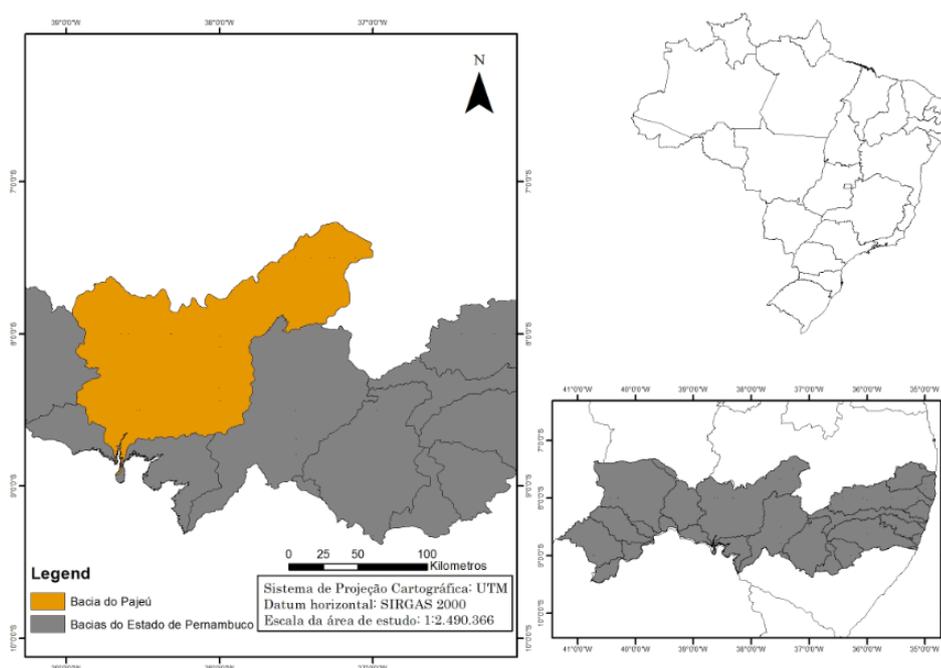


Figura 1.- Localização da área de estudo. Fonte: Autora.

4.1.1. Condições Climáticas

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen enquadra-se no tipo Bwh, denominado semiárido, quente e seco, com chuvas de verão-outono com pluviosidade média anual para o período entre 2010 e 2015 foi de 475,57 mm ano⁻¹ (APAC, 2017), o período chuvoso inicia-se no mês de dezembro e termina em abril, aproximadamente.

4.1.2. Precipitação Média do Município de Serra Talhada

Foram obtidas as médias referente a precipitação para o município de Serra Talhada, que correspondeu ao período entre os anos de 2010 e 2016, onde indicaram pouca precipitação, principalmente no ano em que foi realizado este estudo em 2016 (Figura 2).

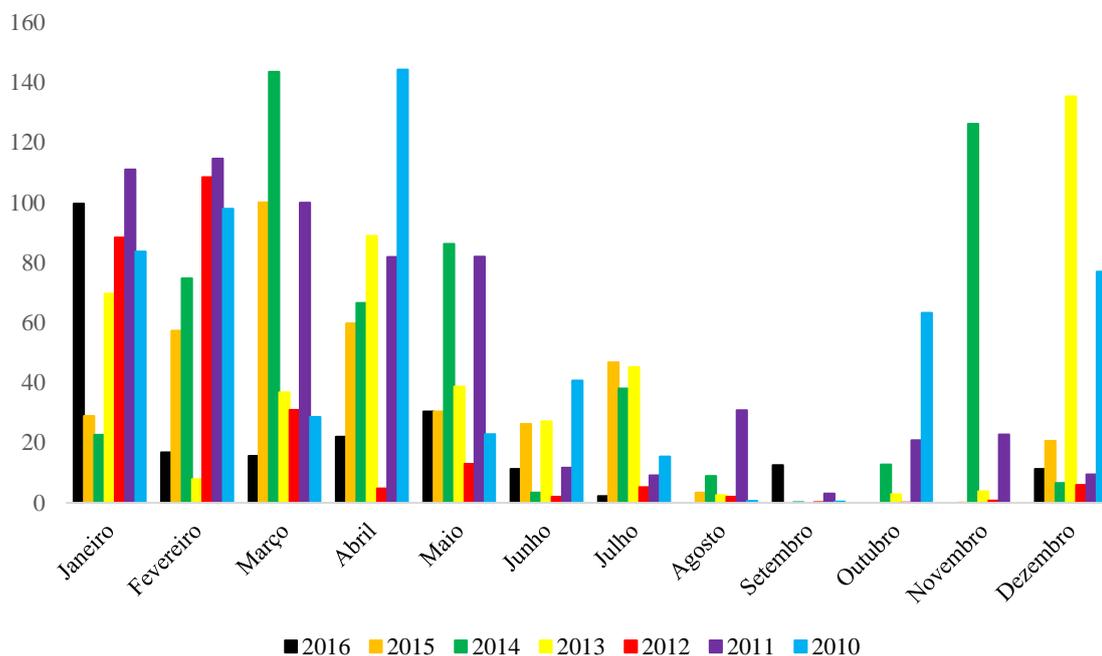


Figura 2.- Precipitação média dos últimos sete anos para o município de Serra Talhada - PE. Fonte: APAC, 2017.

Para todo o ano de 2016, a precipitação acumulada foi de apenas 237,8 mm, com uma distribuição irregular das chuvas (Figura 3). A maior precipitação foi observada no mês de janeiro (99,66 mm) com precipitações de menor intensidade ou quase nenhuma nos meses de julho, agosto, outubro e novembro (APAC, 2017).

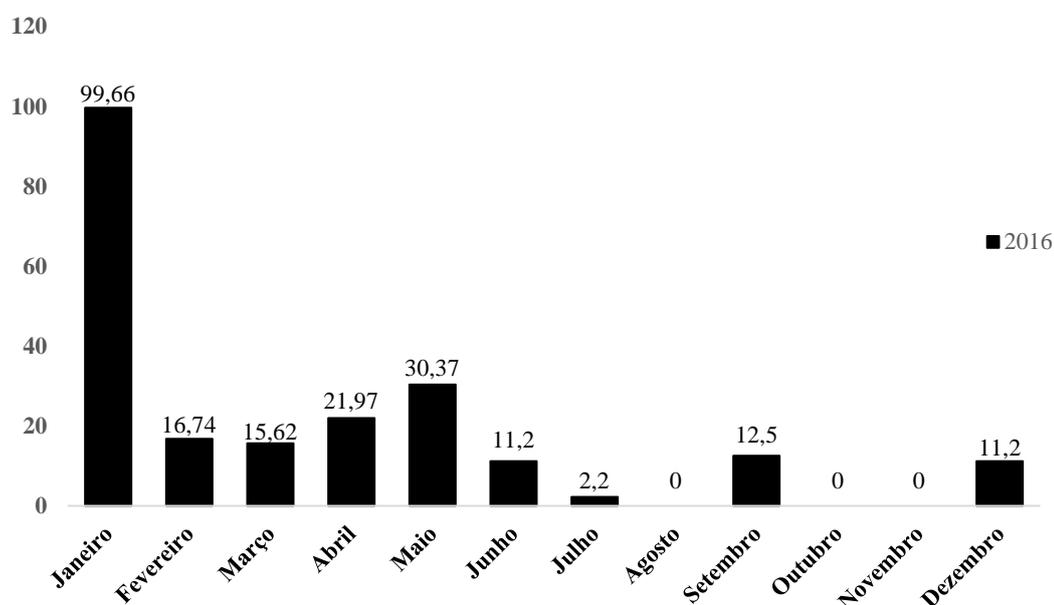


Figura 3.- Precipitação média mensal ao longo do ano de 2016. Fonte: APAC, 2017.

4.2. Classes de solos

Na bacia hidrográfica semiárida do Jacu, ocorrem Neossolo Litólico, Neossolo Flúvico, levantados por Cantalice et al. (2015) e Cambissolo Háplico descrito de acordo com a classificação da Embrapa (2006), levantado por Piscoya (2012).

4.3. Características físico-hídricas da bacia hidrográfica do Jacú

Os dois tipos de solos estudados nesta pesquisa, encontram-se inseridos na bacia hidrográfica semiárida do Jacu. A mesma possui 2,10 km² de área, cujo valor expressa toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em um plano

horizontal, de acordo com Alcantara et al. (2005) e perímetro (P) de 6,50 km (PISCOYA, 2012).

A ordem dos cursos d'água foram determinadas seguindo os critérios introduzidos por Horton (1945) e Strahler (1957) onde os canais de terceira ordem originam-se da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (SILVEIRA, 2001).

O resultado do fator de forma (F), da bacia hidrográfica do riacho Jacu, que é um parâmetro adimensional, obtido aponta um valor de 0,0497. O coeficiente de compacidade foi determinado baseado na seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

Em que Kc = coeficiente de compacidade, P = o perímetro (m) e A área de drenagem (m²), segundo (VILLELA e MATTOS, in CARDOSO, 2006) e (VILLELA e MATTOS, in TEODORO et al, 2007); Piscoya (2012), aponta um valor de 1,26. Quanto aos parâmetros derivados, a densidade de drenagem (Dd), que estima a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, alcança um valor de 1,32 km/km² de acordo com Piscoya (2012) e foi determinada utilizando-se a seguinte equação:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad (2)$$

Em que: Dd = densidade de drenagem (km/km²); Lt = comprimento total de todos os canais (km) e A área de drenagem (km²).

Sendo considerada, portanto, uma bacia com drenagem média, de acordo com Villela e Mattos (1975), que diz que esse índice pode variar de 0,5 km/km² em bacias com drenagem pobre a 3,5 km/km² ou mais, em bacias bem drenadas (Tabela 1).

Tabela 1.- Classificação dos valores de densidade de drenagem.

Valores da densidade de drenagem (km/km²)	Qualidade da densidade de drenagem
< 0,50	Baixa
0,5 a 2,00	Mediana
2,01 a 3,50	Alta
> 3,50	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994) Apud Piscoya, 2012.

As classes de declividade sugeridos pela Embrapa (1979), são separadas em seis intervalos distintos, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2.- Classificação da declividade de acordo com Embrapa (1979).

Declividade	Discriminação
0 – 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 – 20	Relevo ondulado
20- 45	Relevo fortemente ondulado
45- 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Fonte: Piscoya, 2012.

Na tabela abaixo (Tabela 3) encontram-se as características físico-hídricas da bacia hidrográfica semiárida do riacho do Jacú, de foram detalhada.

Tabela 3.- Características físico-hídricas da bacia hidrográfica semiárida do riacho Jacu.

Características	Valor
Área	2,10 km ²
Perímetro	6,50 km
Comprimento do canal principal	2,66 km
Coefficiente de compacidade (kc)	1,26
Fator de forma (kf)	0,0497
Cota máxima	638,9 m
Cota mínima	422,4 m
Declividade média da bacia	0,081 m m ⁻¹
Declividade do canal principal	0,01726 m m ⁻¹
Densidade de drenagem	1,32 km km ⁻²
Ordem da bacia	3 ^a Ordem

Fonte: Piscoya (2012).

4.4. Características Físicas do Solo

Os solos estudados Neossolo flúvico e Cambissolo háplico de acordo com as suas características físicas foram classificados ambos com textura franco arenosa, com semelhanças na composição granulométrica.

A predominância de areia grossa nas três profundidades do solo (0-10 cm; 10-20 cm; >20 cm) foram semelhantes, tanto no Cambissolo Háplico quanto no Neossolo Flúvico, porém com um ligeiro decréscimo neste último. A predominância da areia fina nas três profundidades do solo foi semelhante para ambos os dois (tabela 4).

Tabela 4.- Propriedades físicas do Neossolo Flúvico e Cambissolo Háplico.

P	Ag	Af	Silt e	Argil a	Ds	Dp	Pt	Classificação textural
	----- (%) -----				g.cm ⁻³		%	
Cambissolo Háplico								
0-10 cm	38	30	23	9	1,49	2,61	42,91	Franco arenoso
10-20 cm	38	30	21	11	1,50	2,61	42,53	Franco arenoso
>20 cm	38	30	21	11	1,50	2,61	42,53	Franco arenoso
Neossolo Flúvico								
0-10 cm	25	35	27	13	1,49	2,51	40,64	Franco arenoso
10-20 cm	25	35	29	11	1,48	2,54	41,73	Franco arenoso
>20 cm	20	40	29	11	1,49	2,55	41,57	Franco arenoso

P = Profundidade; Ag = Areia grossa; Af = Areia fina; Ds = Densidade do Solo; Dp= Densidade das partículas; Pt (%) = Porosidade Total.

A predominância de altos teores de areia, são derivados de sedimentos aluviais em função da sua localização nas partes mais baixas da bacia.

4.5. Determinação das propriedades físicas dos solos

Foi aberta uma trincheira em cada solo estudado para coleta das amostras deformadas e indeformadas tanto para o Neossolo quanto para o Cambissolo, objetivando avaliação dos atributos físicos do solo: densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e textura.

A trincheira teve dimensões de 50 cm x 50 cm x 50 cm, onde foram coletadas amostras de solo em três profundidades, 0 -10 cm, 10 – 20 cm e > 20 cm. As análises físicas foram realizadas no Laboratório de Física do Solo pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco -IPA. Foram utilizados os métodos descritos a seguir para determinação da densidade do solo (D_s), densidade da partícula (D_p), porosidade total e Análise textural, segundo metodologia da Embrapa, (1997).

A análise granulométrica dos solos foram feitos pelo método da pipeta Embrapa, (1997) e classificados pelo uso do Triângulo Textural, proposto pela USDA (United States Department of Agriculture) e adaptado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

4.6. Determinação da Capacidade de infiltração com anéis concêntricos

Para a instalação dos cilindros concêntricos, Bouwer (1986), as pedras e vegetação da área foram retiradas, em seguida cravados os mesmos de forma uniforme, com batidas nas bordas dos mesmos, iniciando primeiro com o cilindro externo, seguido do interno. Os cilindros concêntricos ou infiltrômetros utilizados são constituídos de aço, sendo o cilindro externo com 55 cm de diâmetro interno e 22 cm de altura e, o cilindro interno com 30 cm de diâmetro interno e 40 cm de altura. As avaliações da infiltração foram realizadas em duas estações: período seco (novembro) e chuvoso (fevereiro) de 2016, de forma aleatória tanto na área do Neossolo Flúvico (Figura 4), quanto no Cambissolo Háplico (figura 5).



Figura 4.- Infiltrômetro de cilindros concêntricos utilizado para a determinação da infiltrabilidade da água no Neossolo Flúvico.



Figura 5.- Infiltrômetro de cilindros concêntricos utilizado para a determinação da infiltrabilidade da água no Cambissolo Háplico.

O uso de dois cilindros é necessário para que apenas a água do anel externo tenha um movimento tanto na direção vertical como na horizontal, funcionando como bordadura, garantido que a água colocada no cilindro interno (onde serão feitas as medições) infiltre apenas na direção vertical, como ocorre com a infiltração decorrente de uma precipitação.

Na colocação dos cilindros a vegetação gramínea foi aparada rente ao solo com uma tesoura, (principalmente na área do Neossolo) para não perturbar a estrutura da camada superficial do solo que não deve sofrer qualquer tipo de revolvimento ou perturbação. A área em que tinha o Cambissolo, havia a presença de caatinga semi arbustiva, conforme a Figura 6.



Figura 6.- Presença de caatinga semi arbustiva nas proximidades do Cambissolo.

No primeiro momento, o cilindro de maior diâmetro foi cravado até aproximadamente 10 cm de sua altura, servindo para direcionar a infiltração da água verticalmente e horizontal no solo e utilizado um nível de bolha para garantir que o cilindro não ficasse inclinando-se enquanto o mesmo era cravado no solo.

Em seguida, foi cravado o cilindro interno (Figura 7), seguindo o mesmo procedimento. Depois colocou-se uma régua no cilindro interno e água no cilindro externo acima da linha interna. Posteriormente, foi adicionada água no cilindro interno e disparado o cronômetro nesse instante, dando início ao teste, devendo ser lida e registrada a altura inicial da lâmina de água.



Figura 7.- Cravamento do cilindro interno na área de Cambissolo Háplico, Bacia do Riacho do jacú, Semiárido pernambucano.

A altura da lâmina foi mantida aproximadamente constante (entre 15 e 17 cm) pela reposição da água infiltrada durante o teste, como indica (BOUWER, 1986).

Em tempos previamente estabelecidos, registrados num quadro de anotações (Anexo 1), foi realizada a leitura da altura da lâmina de água no cilindro interno (Figura 8), na marca de referência existente no suporte da régua. Procurou-se evitar que a movimentação da régua, para o correto registro da variação da altura da lâmina de água no interior do cilindro interno. O teste encerrou-se quando foram obtidos três leituras consecutivas com os mesmos valores.



Figura 8.- Leitura da altura da lâmina d'água no cilindro interno, bacia do Riacho do Jacú.

4.7. Aplicação da equação de Horton e Kostiakov

Os dados coletados em campo foram ajustados a uma equação matemática que buscou expressar a variação da infiltração da água no solo ao longo do tempo.

Para tal, utilizou-se a equação empírica de Horton, descrita por Verma (1982), tendo em vista que ela assume que a infiltração inicia com uma taxa f_0 e decresce exponencialmente com o tempo t . Depois de um tempo variável, quando a umidade do solo atinge um grau elevado (próximo da saturação), e a taxa de infiltração converge para um valor constante f_c .

$$f_p = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (6)$$

Onde: f_p : potencial de infiltração no tempo t (cm.h⁻¹); t : tempo transcorrido desde o início do processo de infiltração; f_0 : taxa de infiltração inicial (tempo $t = 0$); f_c : taxa de infiltração final (alcançada quando a umidade do solo está próxima da saturação); k : taxa de decaimento constante da taxa de infiltração, depende das propriedades hidráulicas do solo.

A segunda equação utilizada foi o modelo de Kostiakov, mais simples que a de Horton, pois refere-se a uma equação potencial ajustada para se estimar a infiltração ou a taxa de infiltração em função do tempo. Tal equação possui limitações podendo não ser aplicada a outros tipos de solo e condições de umidade inicial diferentes das condições em que os parâmetros foram determinados, tendo então de ser validada para cada situação.

$$I = Kt^\alpha \quad (7)$$

Onde: I = infiltração (cm.h⁻¹); k = constante que depende do solo; α = constantes dependente do solo e de suas condições iniciais; t = tempo de infiltração (h). Os parâmetros da equação da infiltração foram definidos pelo método da regressão linear.

Os cálculos das equações foram realizados em programa estatístico utilizando a Análise de regressão pelo método dos mínimos quadrados.

4.8. Estatística descritiva aplicada aos dados de infiltração

Os dados da infiltração obtidos em campo para os dois tipos de solo tanto em período seco quanto no período chuvoso, foram submetidos à estatística descritiva e teste de normalidade (Shapiro wilk).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Capacidade de Infiltração e Infiltração acumulada

Pode-se observar que a Capacidade de infiltração inicial ($39,75 \text{ cm.h}^{-1}$) para o Cambissolo foi alta comparada com o do Neossolo no período seco ($23,44 \text{ cm.h}^{-1}$) assim como do Neossolo ($24,09 \text{ cm.h}^{-1}$) e Cambissolo ($24,84 \text{ cm.h}^{-1}$) no período chuvoso (Figura 9).

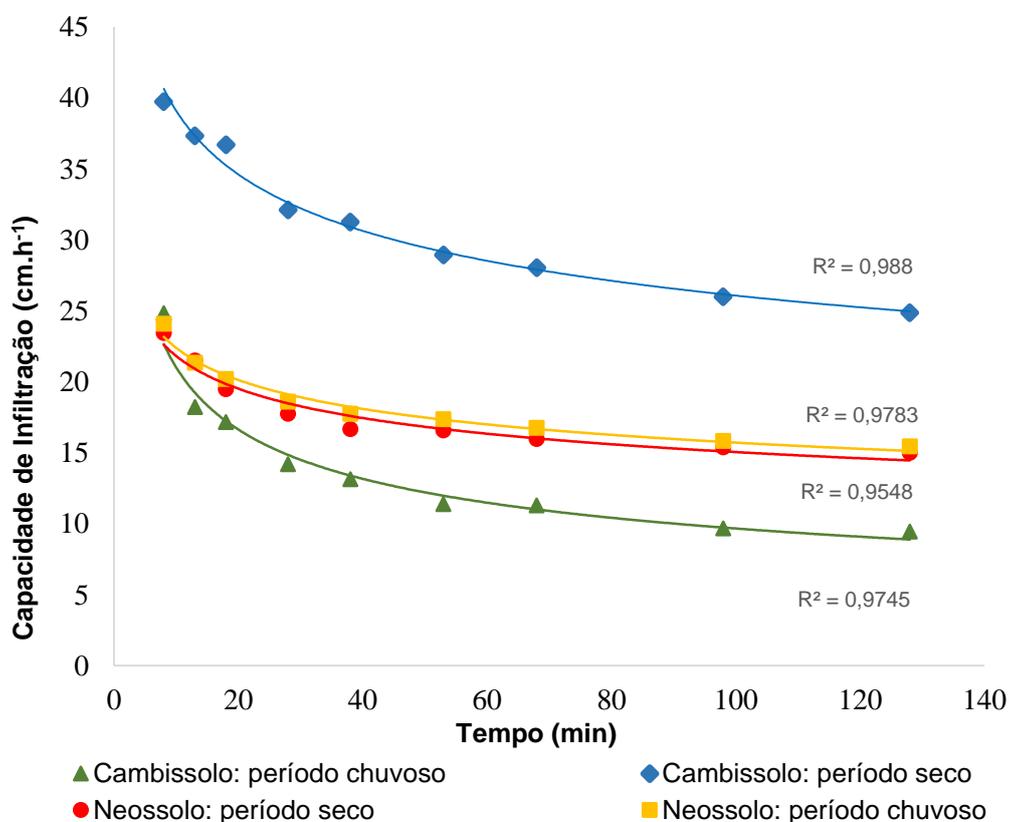


Figura 9.- Capacidade de Infiltração (cm/h) em função do Tempo (min) para o Cambissolo Háplico e Neossolo Flúvico no período seco e chuvoso.

A infiltração acumulada mostrou uma superioridade também para o Cambissolo Háplico alcançando um valor final de 53,09 cm.h⁻¹, com relação ao Neossolo Flúvico 32,03 cm.h⁻¹ no período seco assim como para o Neossolo (33,00 cm.h⁻¹) e Cambissolo (20,20 cm.h⁻¹) no período chuvoso (Figura 10).

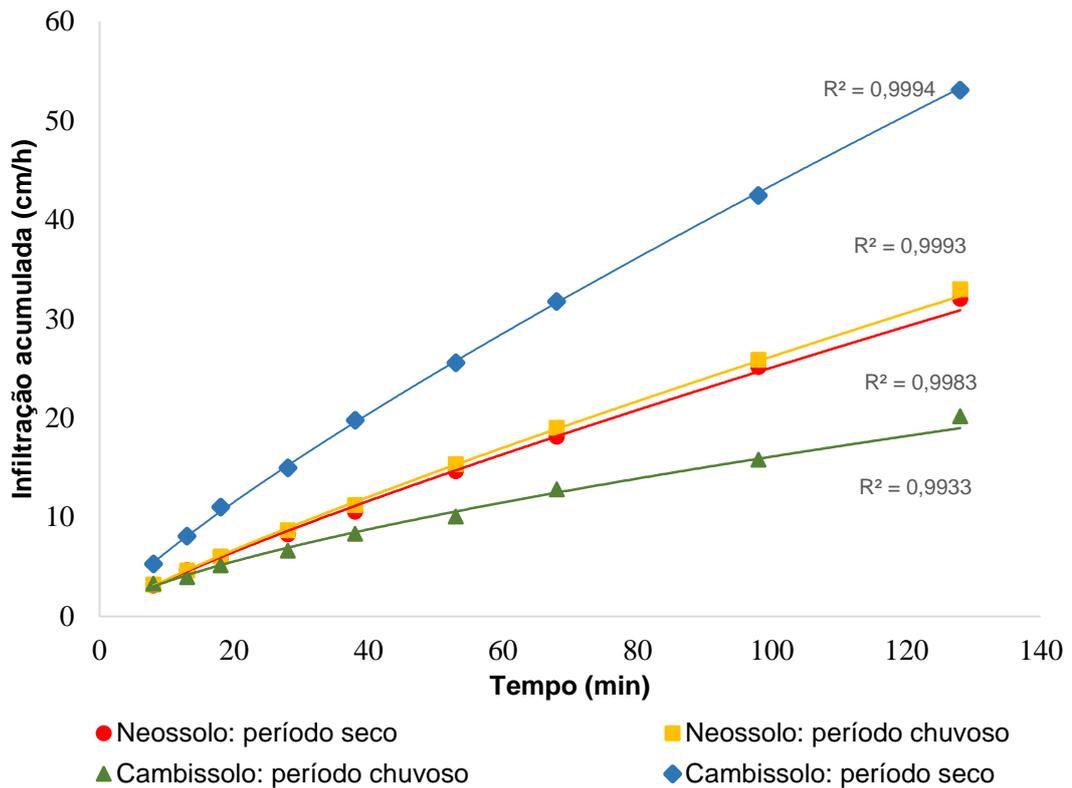


Figura 10.- Infiltração acumulada (cm/h) em função do Tempo (min) para o Cambissolo Háplico e Neossolo Flúvico no período seco e chuvoso.

5.2. Estatística Descritiva e Teste de Normalidade

De posse dos resultados da estatística descritiva, nota-se que os tratamentos apresentaram distribuição normal ao nível de 5% de probabilidade.

A média da Capacidade de infiltração superior foi para o tratamento dois (Cambissolo háplico para o período seco), e o inferior ficou para o tratamento quatro (Neossolo flúvico para o período seco), onde também alcançaram os maiores coeficientes de variação 16,64% e 16,18%, desvio padrão de 5,27 e 2,91 (Tabela 5).

Tabela 5.- Estatística Descritiva para os quatro tratamentos estudados.

Tratamentos	Média	M	S ²	S	CV%	SW
						Sig.
T 1	20,51	19,74	7,50	2,74	13,36	0,416
T 2	31,67	31,26	27,73	5,27	16,64	0,587
T 3	18,24	17,57	7,03	2,65	14,53	0,490
T 4	17,98	16,68	8,47	2,91	16,18	0,186

T1 = Cambissolo Háplico no período chuvoso; T2 = Cambissolo Háplico no período seco; T3 = Neossolo Flúvico no período chuvoso; T4 = Neossolo Flúvico no período seco; M = Mediana; S² = Variância; S = Desvio Padrão; CV = Coeficiente de Variação; SW = Teste de Shapiro-Wilk; Sig.= P-valor \geq 0,05 Significância.

Para Oliveira et al. (1992), os Cambissolos são variados dos mais diversos materiais de origem e encontrados sob diversas condições climáticas, apresentando textura que varia de franco-arenosa até argilosa, com pouca variação ao longo do perfil, com exceção aos derivados de sedimentos aluviiais, além de ter bom potencial agrícola.

Ainda segundo os mesmos autores os Neossolos podem ser encontrados principalmente em ambientes restritos como as margens de cursos d`água, lagoas e planícies costeiras, conhecidos como solos Aluviais, ou seja, pouco evoluídos, formado por depósitos aluviais recentes, encontrando-se normalmente próximos dos Cambissolos de origem fluvial e os solos Hidromóficos: Glei Húmico e Glei Pouco Húmico, distinguindo-se do Cambissolo por não apresentar o horizonte B incipiente.

Apesar dos solos abordados no presente estudo serem solos jovens, o Cambissolo é mais desenvolvido e um pouco mais profundo que o Neossolo (Resende et al., 2007; Bonna, 2011).

Possivelmente estas condições favorecem a sua maior capacidade de infiltração neste ambiente de semiárido no período seco, no entanto, essa superioridade não se manteve similar no período chuvoso, podendo estar relacionado a água já retida na matriz do solo, devido a maior porcentagem de argila nas camadas mais profundas deste solo aliado a uma prévia umidade do solo, favorecendo a umidade do mesmo e, conseqüentemente, uma menor taxa de infiltração para este período.

Diferentemente do Cambissolo, o mesmo comportamento não ocorre no Neossolo Flúvico, pois o mesmo é bastante arenoso e não consegue reter umidade, apresentando portanto, o mesmo comportamento quanto a capacidade de infiltração, independentemente do período em que se encontra, devido ao expressivo espaço poroso e, conseqüentemente, sem retenção umidade.

5.3. Modelos de predição de Horton e Kostiakov para as taxas de infiltração

Ambos os modelos Kostiakov e Horton se mostraram eficazes na explicação da Capacidade de infiltração para o Cambissolo Háplico e Neossolo Flúvico. De acordo com a tabela 6 a equação do modelo de Kostiakov para o período chuvoso se mostrou com um maior coeficiente de determinação explicando melhor o processo da Capacidade de infiltração tanto para o Neossolo Flúvico com o coefeciente de determinação de r^2 0,98, ou seja, explicando 98% da variancia experimental, quanto para o Cambissolo Háplico r^2 0,97 com um erro do modelo correspondente a 2,5% e 6,4% respectivamente, comparado com o modelo de Horton.

Tabela 6.- Equações obtidas através dos modelos de Horton e Kostiakov (período seco e chuvoso), coeficientes de determinação (R^2) e o erro percentual (%).

Parâmetros de Infiltração						
Tratamento	Modelo	VI	Vf	Y	R²	Sxy (%)
Período Chuvoso (cm.h⁻¹)						
CH	Horton	25,40	17,44	$Y=37,706e^{-0,029x}$	0,87	13,4
	Kostiakov	25,41	17,43	$Y=50,077x^{-0,365}$	0,97	6,4
NF	Horton	23,34	15,29	$Y=24,235e^{-0,032x}$	0,92	4,8
	Kostiakov	21,84	15,30	$Y=32,514x^{-0,159}$	0,98	2,5
Período Seco (cm.h⁻¹)						
CH	Horton	40,70	24,95	$Y=49,124e^{-0,050x}$	0,99	5,5
	Kostiakov	39,91	25,19	$Y=58,140x^{-0,173}$	0,98	2,2
NF	Horton	23,44	15,01	$Y=26,231e^{-0,047x}$	0,98	3
	Kostiakov	22,19	15,03	$Y=32,552x^{-0,169}$	0,96	3,5

Trat = Tratamento; CH = Cambissolo Háplico; NF = Neossolo Flúvico; VI = velocidade de infiltração média; Vf = velocidade de infiltração final; Sxy = Erro percentual do modelo.

A tabela 6, mostra ainda que a equação do modelo de Horton para o período seco apresentou um maior coeficiente de determinação explicando melhor o processo da taxa de infiltração tanto para o Cambissolo Háplico (r^2 0,99) quanto como para o Neossolo Flúvico (r^2 0,98) com um erro do modelo correspondente a 5,5% e 3,0% respectivamente, comparado com o modelo de Kostiakov.

Porém, apesar da superioridade do modelo de Horton para o período seco em ambos os solos, o modelo de Kostiakov também conseguiu descrever bem comportamento da taxa de infiltração para este período, tanto para o Cambissolo Háplico (r^2 0,98), quanto para o Neossolo Flúvico (r^2 0,96), com erros que não alcançam 4%.

Nas figuras 11 e 12, podem ser vistos as representações das taxas de infiltração tanto para o Cambissolo Háplico quanto para o no período chuvoso, representando os modelos de Horton e Kostiakov.

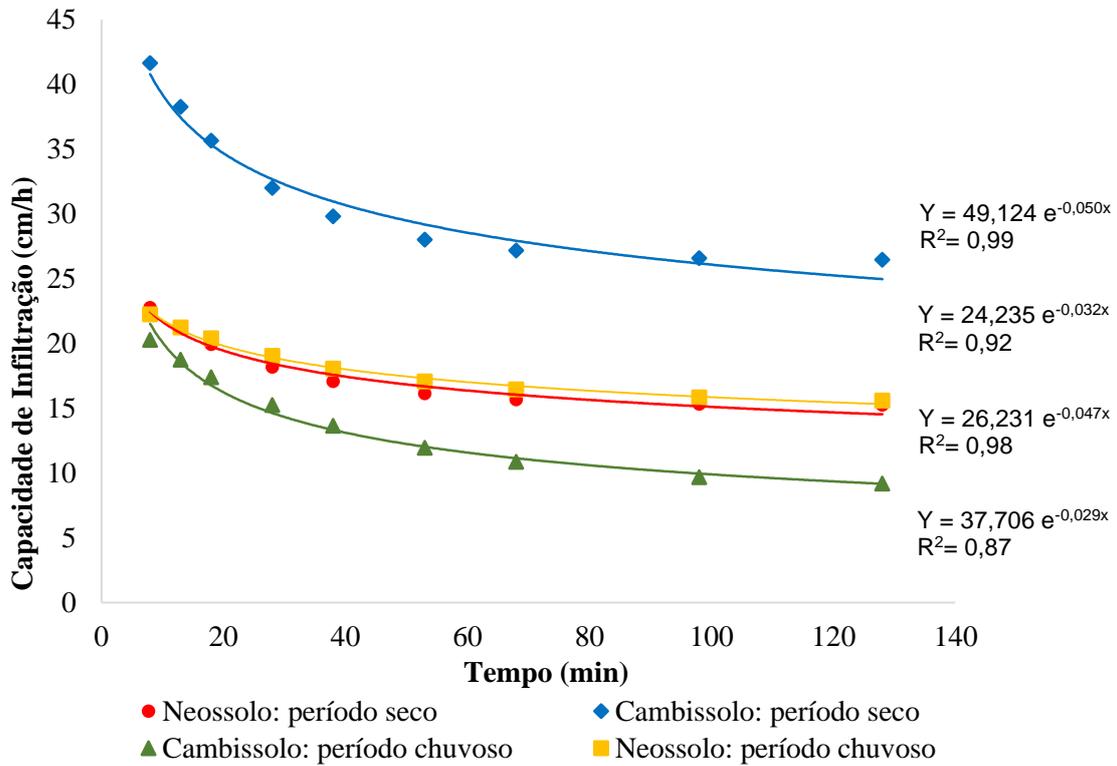


Figura 11.- Modelo de predição de Horton aplicado a capacidade de infiltração de água no Cambissolo Háplico e Neossolo Flúvico para o período seco e chuvoso.

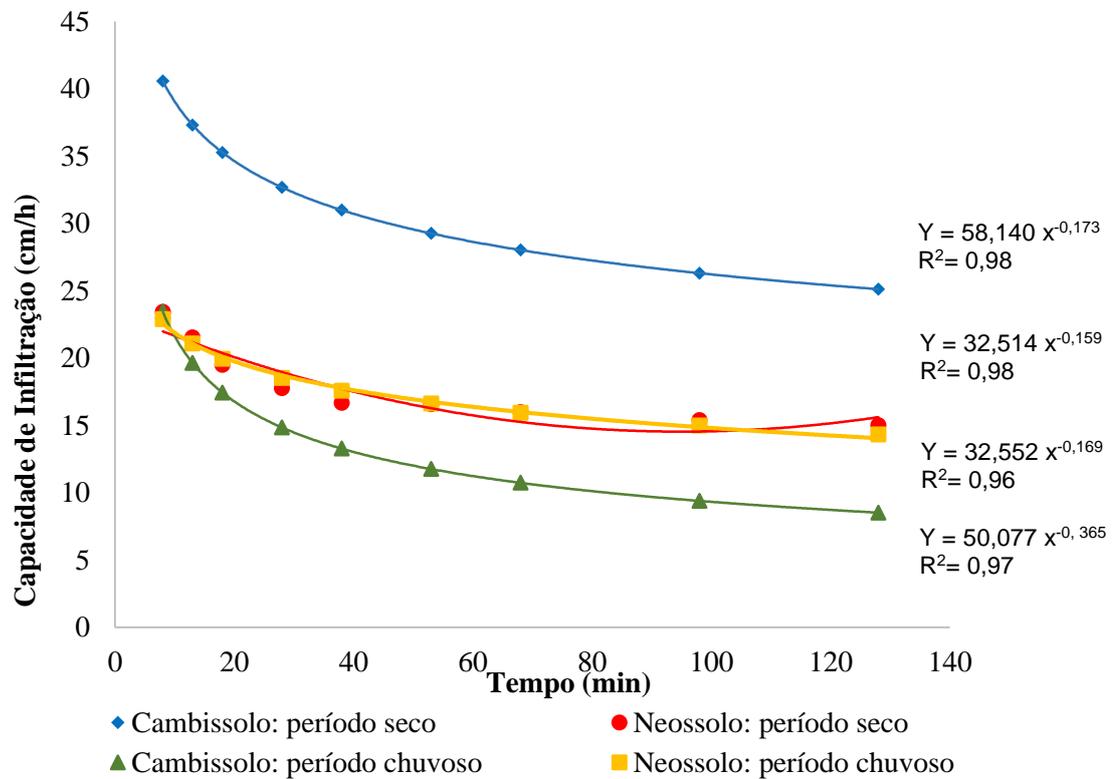


Figura 12.- Modelo de predição de Kostiakov aplicado a Capacidade de infiltração de água no Cambissolo Háplico e Neossolo Flúvico para o período seco e chuvoso.

Em estudos com tratamentos distintos, porém mesmo método do anel duplo, Silva et al. (2017) e Cunha et al. (2015) obtiveram uma melhor estimativa da Capacidade de infiltração, com a utilização dos modelos de Kostiakov.

Em contrapartida Paixão et al. (2009), apontaram a equação de Horton com um melhor desempenho em detrimento as equações de Kostiakov e Kostiakov-Lewis, onde os resultados das equações foram praticamente similares.

Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida et al. (2014), onde a equação de Horton apresentou os maiores valores para os sítios com plantios florestais com eucalipto e com pastagem.

6. CONCLUSÃO

1. A Capacidade de infiltração do Cambissolo Háplico se mostrou superior aos demais tratamentos, podendo estar relacionado as características físicas e uso do solo, bem como a precipitação local.

2. Tanto a equação de Kostiakov como a de Horton podem ser usados para estimar a taxa final de infiltração do solo in situ no semiárido. Porém a equação de Kostiakov apresentou os melhores coeficiente de determinação e menores erros. Sugere-se que no futuro os modelos de infiltração sejam desenvolvidos sob diferentes condições, propriedades e parâmetros hidráulicos para serem avaliados com maiores detalhes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULKADIR, A.; WUDDIVIRA, M. N.; ABDU, N. AND MUDIARE, O.J. Use of Horton Infiltration Model in Estimating Infiltration Characteristics of an Alfisol in the Northern Guinea Savanna of Nigeria. *Journal of Agricultural Science and Technology A1*, p.925-931, 2011.

AHUJA, L.R.; NANEY, J.W.; GREEN, R.E.; NIELSEN, D.R. Macroporosity to characterize spatial variability of hydraulic conductivity and effects of land management. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.48, p.699-702, 1984.

ALAGNA, V.; BAGARELLO, V.; DI PRIMA, S.; IOVINO, M. Determining hydraulic properties of a loam soil by alternative infiltrometer techniques. **Hydrol. Process.** v. 30, p. 263–275, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10607>.

ALLEGRE, J.C., D.K. CASSEL, AND D.E. BRANDY. Effects of land clearing on subsequent management on soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v.50, p. 1379-1384. 1986.

ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; RODY, Y. P.; SILVA, W. C. M.; LEITE, F. P. Modeling of water infiltration in soil cultivated with Eucalyptus and pasture. **Rev. Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 148 – 153, 2014.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima. Monitoramento pluviométrico. Disponível em: < <http://www.apac.pe.gov.br> > Acessado em: 20 de jan., 2017.

ASTM. Standard test method for infiltration rate of soils in field using double-ring infiltrometer. Annual Book of ASTM Standards 04.08. Amer. Soc. Testing Materials, West Conshohocken, PA. 2003.

BAGARELLO, V.; BAIAMONTE, G.; CASTELLINI, M. DI PRIMA, S.; LOVINO, M. A comparison between the single ring pressure infiltrometer and simplified falling head techniques. **Hydrol. Process.**, v.28, p.4843–4853, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9980>

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8.ed. Viçosa: Ed. UFV, p. 611, 2006.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6 ed. Viçosa: UFV – imprensa Universitária, p. 657, 1995.

BLACKWELL, P.J., M.A. WARD, R.N. LEFEVRE, AND D.J. COWAN. Compaction of a swelling clay soil by agricultural traffic: effects upon conditions for growth of winter cereals and evidence for some recovery of structure. **J. Soil Sci.**, v.36, p.633-650. 1985.

BONNA, J. L. **Mapeamento pedológico e de suscetibilidade erosiva no alto córrego prata (Ouro Preto-MG)**. Mestrado em geografia, universidade federal de minas gerais, 133p. 2011.

BOUWER, H. Intake Rate: Cylinder infiltrometer. in: Methods of Soil Analysis. A. Klute, ed. ASA Monograph 9. ASA. Madison, WI., p.825–843, 1986.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. Infiltração da água no solo. Ed: UFV, 3ª ed. Atual e ampl. p.120, 2006.

CANTALICE, J. R. B.; MELO, R. O.; SILVA, Y. J. A. B.; CUNHA FILHO, M.; ARAÚJO, A. M.; VIEIRA, L. P.; BEZERRA, S. A.; BARROS JÚNIOR, S. A.; SINGH, V. P. Hydraulic roughness due to submerged, emergent and flexible natural vegetation in a semiarid alluvial channel. **Journal of Arid Environments**, 114, 2015, p.1-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.10.012>.

CARDURO, F.A.; DORFMAN, R. Manual de ensaios de laboratório e campo para irrigação e drenagem. Brasília: PRONI/MA, p. 216, 1988.

CARVALHO, R. P.; DANIEL, O.; DAVIDE, A. C.; SOUZA, F. R. Atributos físicos e químicos de um neossolo quartzarênico Sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 28, n. 1, p. 148–159, 2015.

CASTELLANO, M. J.; VALONE, T. J. Livestock, soil compactation and water infiltration rate: evaluating a potencial desertification recovery mechanism. **J. of Arid Environments**, v. 27, n. 1, p. 97-108, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.03009>.

CECÍLIO, R. A. et al. Substituição dos parâmetros do modelo de Green-Ampt-MeinLarson para estimativa da infiltração em alguns solos do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1141-1151, 2007.

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. **Rev. Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, p.415-422, 2003.

CHANDRAKANT, L.; JEJURKAR; RAJURKAR, M. P. An investigational approach for the modelling of infiltration process in a clay soil. **J. of civil engineering**, v. 19, n. 6, p. 1916-1921, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12205-014-0149-3>.

CHARTIER, M. P.; ROSTAGNO, C. M.; PAZOS, G. E. Effects of soil degradation on infiltration rates in grazed semiarid rangelands of northeastern Patagonia, Argentina. **J. of Arid Environments**, v. 75, n. 7, p. 656-661, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.02.007>.

CHEN, L.; YAUN, Z.; SHAO, H.; WANG, D.; MU, X. Effects of thinning intensities on soil infiltration and water storage capacity in a Chinese pine-oak mixed forest. **The Scientific World J.**, n. 1, p. 268157 - 268157, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/268157>.

CHOWDARY, V. M.; DAMODHARA RAO, M.; JAISWAL, C. S. Study of infiltration process under different experimental conditions. **Science Direct**, v. 83, n. 1-2, p.69-78, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2005.09.001>.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Serra Talhada, estado de Pernambuco. Recife: CPRM/PRODEEM, p.12, 2005.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Efeito do fogo sobre vegetais e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. **Revista do Departamento de Geografia**, v.30, p. 149 – 165, 2015.

CUNHA, J. L. X. L.; COELHO, M. E. H.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA, C. A.; SILVA JÚNIOR, A. B.; CARVALHO, I. D. E. Water infiltration rate in Yellow Latosol under

different soil management systems. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.11, p.1021–1027, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n11p1021-1027>.

DIAMOND, J.; SHANLEY, T. Infiltration Rate Assessment of Some Major Soils. **Irish Geography**, v.36, n.1, p. 32-46, 2003.

DUNKERLEY, D. An approach to analysing plot scale infiltration and runoff responses to rainfall of fluctuating intensity. **Hydrol. Process**. v.31, p.191–206, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10990>.

EBEL, B. A.; MOODY, J. A. Synthesis of soil-hydraulic properties and infiltration timescales in wildfire-affected soils. **Hydrol. Process**. v.31, p.324–340, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10998>.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro, p.306, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cartilhas: Solos do Nordeste. p.8, 2004. Disponível: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114582/1/FOLDER-SOLOS-DO-NE-versao-final.pdf> > Acessado em: 20 de fev., 2017.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do Estado de Pernambuco. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Boletim de pesquisa n.11, p.382, 2000.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, p. 212, 1997.

FISCHER, C.; ROSCHER, C.; JENSEN, B.; EISENHAUER, N.; BAADE, J.; ATTINGER, S.; SCHEU, S.; WEISSER, W. W.; SCHUMACHER, J.; HILDEBRANDT, A. How do Earthworms, Soil Texture and Plant Composition Affect Infiltration along an Experimental Plant Diversity Gradient in Grassland? **Plos one**, v.9, n.6, p.1-12, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098987>.

FRANZLEBBERS, A. J. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. **Soil & Tillage Research**, v.66, p. 197–205, 2002.

GAGELER, R.; BONNER, M.; KIRCHHOF, G.; AMOS, M.; ROBINSON, N.; SCHMIDT, S.; SHOO, L. P. Early Response of Soil Properties and Function to Riparian Rainforest Restoration. **Plos one**, v.9, n.8, p.1-8, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104198>.

GONÇALVES, F. C.; MORAES, M. H. Porosidade e infiltração de água do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Irriga**, v.17, n.3, p.337-345. 2012.

GREGORY, J.H., DUKES, M.D., MILLER, G.L.; JONES, P.H. Analysis of double-ring infiltration techniques and development of a simple automatic water delivery system. **Applied Turfgrass Science**. v.2, n.1, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/ATS-2005-0531-01-MG>.

HAJABBASI M.A., 2006. Evaluation of Kostiakov, Horton and Philip's infiltration equations as affected by tillage and rotation systems in a clay-loam soil of Northwest Iran. 18thWorld Congress of Soil Science, Pennsylvania, USA, 13 July.

HARTGE, H. K. The problem of compaction on agricultural lands. *Applied Geography and Development*, v.32, p. 44-50, 1988.

HILLEL, D. Introduction to soil physics. San Diego: Academic Press, INC, p., 392, 1982.

HILLEL, D. Fundamentals of soil physics. Academic Press Inc., New York, USA. p.,413, 1980.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais técnicos da vegetação brasileira. 2ª ed. revisa e ampliada, n.1, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm> >
Acessado em: 6 de abr., 2017.

JOHNSON, A. I. A field method for measurement of infiltration. General ground-water techniques: geological survey water-supply paper. **United states government printing office**, p.31, 1963.

LAI, J. and REN, L. Assessing the size dependency of measured hydraulic conductivity using double ring infiltrometers and numerical simulation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v.71, p.1667–1675, 2007.

LEUNG, A. K.; GARG, A.; COO, JO, L.; NG, C. W. Effects of the roots of cynodon dactylon and schefflera heptaphylla on water infiltration rate and soil hydraulic conductivity. **Hydrol. Process**, v. 29, n. 15, p. 3342-3345, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.10452>.

LIBARDI, P. L. Dinâmica da Água no Solo. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, p.335, 2005.

LIMA, C. A. G.; SILANS, A. P. Variabilidade espacial da infiltração de água no solo. **Pesq. Agropec. bras.**, v.34, n.12, p.2311-2320, 1999.

LIU, H.; LEI, T.W.; ZHAO, J.; YUAN, C. P.; FAN, Y. T.; QU, L. Q. Effects of rain fall intensity and antecedente soil water content on soil infiltrability under rainfall conditions using the run off-on-out method. **J. of Hydrology**, v. 396, n. 1-2, p. 24-32, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.10.028>.

LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; KUSTZ, C.; FAYAD, J. A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias. Lages**, v.9, n.1, p. 09-19, 2010.

MANCUSO, M. A.; FLORES, B. A.; ROSA, G. M.; SCHROEDER, J. K.; PRETTO, P. R. P. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **Rev. Monografias Ambientais – REMOA**, v. 14, n.1, Edição Especial, p. 2890 – 2998, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2236130810932>.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. 3 ed. Viçosa: UFV, p.355, 2009.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa: UFV, p. 318, 2006.

MAZAHERI, M. R.; MAHMOODABADI, M. Study on infiltration rate based on primary particle size distribution data in arid and semiarid region soils. **J. Geosci**, v. 5, n. 5, p.1039-1046, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-011-0497-y>.

MESHIGI, A.; CHUI, T. F. M. Analysing tension infiltrometer data from sloped surface using two-dimensional approximation. **Hydrol. Process.** 28, 744–752 (2014). DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.9621>.

MIN – Ministério de Integração Nacional. Nova delimitação do semiárido brasileiro. Cartilha, p.35. Disponível em: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915> Acessado em: abr. 2017.

MORIN, J.; VAN WINKEL, J. The effect of raindrop impact and sheet erosion on infiltration rate and crust formation. *Soil Science Society of America Journal*, v.60, p.1223-1227, 1996.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. FUNEP, Jaboticabal, p. 201, 1992.

OLORUNFEMI, I. E.; FASINMIRIN, J. T. Land use management effects on soil hydrophobicity and hydraulic properties in Ekiti State, forest vegetative zone of Nigeria. **Catena** v.155 p.170–182, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2017.03.012>.

OLSON, T.C. and SWARTZENDRUBER, D. Model study of the double ring infiltrometer in layered systems. **Int. Congr. Soil Sci. Trans.** 7th (Madison, Wis.) v.1, p. 441–447, 1960.

OSUJI, G. E.; OKON, M. A.; CHUKWUMA, M.C.; NWARIE, I. Infiltration Characteristics of Soil under Selected Land Use Practices in Owerri, Southeastern Nigeria. **World J. of Agricultural Sciences.**, v.6, n.3, p.322 – 326, 2010.

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. **Soil & Tillage Research**, v.79, p.131–143, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2004.07.002>.

PAIXÃO, F. J. R.; ANDRADE, A. R. S.; AZEVEDO, C. A. V.; COSTA, T. L.; GUERRA, H. O. C. Ajuste da curva de infiltração por meio de diferentes equações empíricas. **Pesq. Aplicada & Agrotecnologia**. v.2, n.1, p. 107-112, 2009.

PHILIPS, C.E. A review of methods for characterization of site infiltration with design recommendations. **J. of the Nevada Water Resources Association**. v.6, n.1, p.29-46, 2011.

PINTO, N. L. S. HOLRZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. Hidrologia básica. São Paulo: Edgard Blücher, p.278, 1976.

PISCOYA, V. C. Manejo em bacia hidrográfica do riacho Jacu: produção de sedimentos, dimensionamento de faixa de vegetação ciliar e salinidade da água em barragem subterrânea. **Tese de Doutorado (Ciência do Solo)**, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, p. 140, 2012.

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. Ecologia e conservação da Caatinga. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, p. 804, 2003.

PREVEDELLO, C.L. Física do solo com problemas resolvidos. Ed. SAEAFS. Curitiba, PR, p.446, 1996.

PRUSKI, F. F.; VENDRAME, V.; OLIVEIRA, E. F. de; BALBINO, L. C.; FERREIRA, P. A.; WERLANG, L.; CARVALHO, L.T. Infiltração de água num latossolo roxo. **Pesq. agropec. bras.**, v.32, n.1, 1997.

REICHARDT, K. Água em sistemas agrícolas. São Paulo: Manole. p.188, 1987.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; CABEDA, M.S.V. Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul. **Rer. Bra. de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, n.3, p.289-298, 1992.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. Pedologia: base para distinção de ambientes. 5.ed. Lavras, MG: Editora UFLA, 2007. 322p.

SALES, L.E. O.; FERREIRA, M.M.; DE OLIVEIRA, M.S.; CURI, N. Estimativa da Velocidade de Infiltração Básica do Solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.34, n.11, p.2091-2095, 1999.

SECO, D. N. Nordeste sertanejo: a região semi-árida mais povoada do mundo. **Estudos avançados**, v.13, n.35, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141999000200003>.

SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; CABRAL FILHO, F. R.; MORAIS, W. A.; CUNHA, E. S.; ROQUE, R. C.; ALVES, D. K. M.; TEIXEIRA, M. B. Método para estimativa da infiltração de água em um latossolo sob plantio direto e convencional. **Global Science and Technology**, v. 10, n.1, p. 169-176, 2017.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Rev. Bra. de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.18-23, 2003.

SRINIVASAN, K.; POONGOTHAI, S. Assessment of Infiltration rate of a Tank Irrigation Watershed of Wellington reservoir, Tamilnadu, Índia. **American J. of Engineering Research**. v.2, n.7, p. 41-48, 2013.

STÜRMER, S. L. K.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; PEDRON, F. A.; MENEZES, F. P. Relação da granulometria do solo e morfologia do saprolito com a infiltração de água em Neossolos Regolíticos do rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural, Santa Maria**. v. 39, p. 2057-2064, 2009.

THUROW, T.L., W.H. BLACKBURN, AND C.A. TAYLOR JR. Infiltration and interrill erosion response to selected livestock grazing strategies, Edwards Plateau, Texas. **J. of Range Manag.** v.4, n. 4, p. 296-302. 1988.

TOUMA, J.; ALBERGEL, J. Determining soil hydrologic properties from rain simulator or double ring infiltrometer experiments: a comparison. **J. of Hydrology**, 135: 73–86, 1992.

TRICKER, A.S. The infiltration cylinder: Some comments on its use. **J. Hydrol.**, Amsterdam, v.36, p. 383–391. 1978.

VERMA, S. C. Modified Horton`s Infiltration Equation. **J. Hydrol.**, v.58, p.383-388, 1982.

VOGELMANN, E. S.; EPREVEDELLO, J.; REICHERT, J. M. Origem dos compostos hidrofóbicos e seus efeitos em florestas de *Pinus Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 1067-1079, 2015.

VOORHES, W.B. AND M.J. LINDSTROM. Long-term effects of tillage on soil tilth independent on wheel traffic compaction. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 48, p.152-156. 1984.

WANG, L.; ZHONG, C.; GAO, P.; XI, W.; ZHANG, S. Soil infiltration characteristics in agroforestry systems and their relationships with the temporal distribution of rainfall o the loess plateau in China. **J. Plos one**, v. 10, n. 4, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0124767>.

WARREN, S.D., W.H. BLACKBURN, and C.A. TAYLOR. Effects of season and stage of rotation cycle on hydrological condition of rangeland under intensive rotation grazing. **J. of Range Manag.**, v.39, n.6, p. 486-491. 1986.

WU, G.; LIU, Y.; YANG, Z.; CUI, Z.; DENG, L.; CHANG, L.; SHI, Z. Root channels to indicate the increase in soil matrix water infiltration capacity of arid reclaimed mine soil. **J. of Hydrology**, v.546, p.133-139, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.12.047>.

YOUNGS, E.G. Estimating hydraulic conductivity values from ring infiltrometer measurements. **J. Soil Sci.**, v.38, p.623–632. 1987.

ZONTA, J. H.; MARTINEZ, M. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; SANTOS, M. R. Efeito da aplicação sucessiva de precipitação pluviais com diferentes perfis na taxa de infiltração de água no solo. *Rev. Brasileira de Ciências do Solo*, v. 36, n. 2, p. 377-388, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000200007>.

ANEXO

Leitura da régua, em campo, com tempos pré-estabelecidos.

Tempo acumulado (min)	Leitura da régua	LA (cm)	IA (cm)	VI (cm.h ⁻¹)
0				
8				
13				
18				
28				
38				
53				
68				
198				
228				

Min = Minutos; LA = Lamina de água; IA = Infiltração acumulada; VI = Capacidade de Infiltração.