

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS

CURSO DE AGRONOMIA

**HIDROFOBICIDADE E SUA INTERAÇÃO COM AS
PROPRIEDADES HÍDRICAS DO SOLO**

MÁRLON DA SILVA RIBAS

Garanhuns - Pernambuco
Agosto / 2018

MÁRLON DA SILVA RIBAS

**HIDROFOBICIDADE E SUA INTERAÇÃO COM AS
PROPRIEDADES HÍDRICAS DO SOLO**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns, como parte das exigências da Disciplina Estágio Supervisionado Obrigatório.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Metri Corrêa

Garanhuns - Pernambuco
Agosto / 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

R482h Ribas, Márton da Silva

Hidrofobicidade e sua interação com as propriedades
hídricas do solo / Márton da Silva Ribas. - 2018.

42 f.

Orientador: Marcelo Metri Corrêa.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Engenharia de Alimentos, Garanhuns, BR - PE,
2018.

Inclui referências

1.Repelência 2.Latossolo amarelo 3. Infiltração
I. Corrêa, Marcelo Metri, orient.
II.Título

CDD 631.4

MÁRLON DA SILVA RIBAS

**HIDROFOBICIDADE E SUA INTERAÇÃO COM AS
PROPRIEDADES HÍDRICAS DO SOLO**

APROVADA em 06 de agosto de 2018

Dr. MARCELO METRI CORRÊA (ORIENTADOR)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAG)

Dr. ALEXANDRE TAVARES DA ROCHA
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAG)

Dr. JOSÉ ROMUALDO DE SOUSA LIMA
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/UAG)

“Dedico este trabalho aos meus pais Magdiel Ribas e Mácia Ribas, a minha irmã Milena Ribas e a minha namorada Lydia Vitória.”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me concedeu sabedoria e discernimento para que eu pudesse chegar até aqui, guiando e iluminando meus passos.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, em especial a Unidade Acadêmica de Garanhuns- UAG por toda estrutura e suporte para realização desse trabalho, assim como por todo aprendizado proporcionado ao longo desses 5 anos.

Aos meus pais Magdiel Ribas e Mácia Ribas, por todo o amor, compreensão, cuidado, incentivo nos momentos difíceis, amor incondicional e por sempre se fazerem presentes na minha vida.

A minha irmã Milena Ribas, pelo companheirismo e preocupação, jamais deixando de me apoiar, principalmente diante dos momentos de dificuldade.

A minha namorada Lydia Vitória por todo incentivo, apoio, compreensão, conversas, amor e também pelas importantes correções realizadas neste trabalho, a sua família, de modo especial a Josefa Firmino e Iraci Firmino pelo incentivo e atenção.

Aos meus familiares, de modo especial, a minha avó Maria Ester da Silva, meus primos Rogério Braga, Rosangela Braga e Rinaldo Braga, ao meu tio Givaldo Braga, por toda força, compreensão, apoio e conselhos, meu muito obrigado. A Taciana Sousa e Tácio Felipe por terem me recebido e acolhido no início dessa caminhada.

A minha tia/madrinha Marlene (in memoriam), que infelizmente não pode estar presente neste momento tão importante da minha vida, mas que não poderia deixar de dedicar, pois se hoje estou aqui, devo muitas coisas a ela. Obrigado por tudo! Saudades eternas!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Metri Corrêa, por todo apoio, força, incentivo, confiança, oportunidade, paciência e amizade e, pelos ensinamentos proporcionados ao longo desses três anos de convívio, os quais me fizeram crescer profissionalmente e pessoalmente. Sou muito grato por toda a orientação.

Aos professores. Dr. José Romualdo de Sousa Lima e Dr. Alexandre Tavares Rocha por todos os conselhos, ensinamentos, pelo tempo despendido para auxílio nas atividades laboratoriais e de campo, auxiliando no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos/irmãos de laboratório Sidney Barbosa, Francis Henrique, Gabriel Henrique, Arnaldo Joaquim, David “Dragão Baiano” Lukas, Adriano “Barbosa” Moura, os quais me proporcionaram grandes momentos de aprendizado, boas conversas e

excelentes conversas improdutivas, por toda ajuda e por me proporcionar um ótimo ambiente de trabalho.

Aos melhores PAVI da UAG e futuros pedólogos Analice “Doida de Pedra” Nunes e Tarciso “meio Metri” Félix, por toda ajuda, disponibilidade, amizade, companheirismo e toda a alegria.

Aos amigos de graduação, que me apoiaram e sempre estiveram ao meu lado durante esta longa jornada, em especial a Josefa Mauriciane, Tamires Fernanda, Maria Maiane e Rita de Cássia, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e me ajudando.

Aos técnicos Luan da Costa, Martone Souza, Wilkilane Silva e Camila Barros pela ajuda, paciência, apoio e por estarem sempre à disposição.

Agradeço a todas as pessoas que passaram por minha vida, as quais contribuíram de forma direta ou indireta para minha formação.

“Apenas um raio de sol é suficiente para afastar várias sombras.”
São Francisco de Assis

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Hidrofobicidade	16
2.2 Compostos hidrofóbicos	17
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1 Descrição da área de coleta.....	22
4.2 Coletas das amostras	23
4.3 Análise físico-hídrica.....	24
4.3.1 Teste de infiltração	24
4.3.2 Sortividade e Índice de Repelência	25
4.3.3 Teste do tempo de penetração da gota de água (TPGA)	26
4.4 Carbono orgânico total da área	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.1 Sortividade e Índice de Repelência (IR)	29
5.2 Curva de infiltração	32
5.3 Tempo de Penetração da Gota de Água (TPGA).....	34
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classes de repelência a água e intervalos utilizados, Bisdom et al. (1993).....	27
Tabela 2. Sortividade do solo à água e ao etanol obtido em condição de laboratório e determinação do índice de repelência.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais agentes (negrito), processos e substâncias relacionadas com a origem e ocorrência da hidrofobicidade no solo (VOGELMANN, E.S.; PREVEDELLO, J.; REICHERT, J.M).....	18
Figura 2: Dados referentes às temperaturas máxima e mínima e os valores da precipitação no município de Brejão-PE, durante a coleta e nos meses que antecederam.....	23
Figura 3. Localização do Município de Brejão-PE, e das áreas de mata nativa e pastagem, onde foram realizadas as coletas e realizadas as análises de campo.....	24
Figura 4: Teste de infiltração realizado com anel simples de 15 cm na camada de 0-10 cm, na área de mata nativa.....	25
Figura 5: Teste do tempo de penetração da gota de água realizado na área de mata nativa, no município de Brejão-PE.....	27
Figura 6. Valores encontrados referentes ao teor de carbono orgânico total, nas diferentes áreas de uso.....	28
Figura 7: Densidade de fluxo em área de mata nativa, nas profundidades de 0-10 cm, com água (A) e álcool (B) e 10-20 cm, com água (B) e álcool (D).	33
Figura 8: Densidade de fluxo em área de pastagem, na profundidade de 0-10 cm (E) e 10-20 cm (F), ambas utilizando água.....	34
Figura 9: Teste do tempo de penetração da gota de água em camadas de 2,5 cm na área de mata nativa e pastagem, respectivamente.....	35

RESUMO

A hidrofobicidade pode ser definida como a dificuldade de molhamento do solo pela água, devido ao recobrimento das partículas do solo (areia, silte e argila) por substâncias orgânicas hidrófobas. Inicialmente, o fenômeno estava relacionado a áreas sujeitas a queimadas. No entanto, estudos recentes têm demonstrado que o fenômeno está ligado a diversos outros fatores, sendo eles: a umidade do solo, que tem sido diretamente relacionada com a manifestação do caráter hidrofóbico do solo; a vegetação, que pode ser fonte de compostos orgânicos hidrofóbicos; os microrganismos, principalmente as bactérias, que exercem um papel importante quanto à seletividade dos compostos a serem decompostos; e a própria ação antrópica. Sendo assim, a presente pesquisa relacionou a interação entre as propriedades hídricas do solo e a hidrofobicidade, buscando compreender a influência dos compostos orgânicos hidrofóbicos sob as propriedades de um Latossolo Amarelo com A húmico. As áreas estudadas estavam situadas no município de Brejão, localizado no Agreste Meridional Pernambucano, sob mesmas condições topográficas e climáticas, diferindo apenas quanto à forma de uso do solo (mata nativa e pastagem). As áreas com 20x20 m, foram subdivididas em parcelas de 2x2 m, e selecionadas 5 parcelas em cada uma das áreas. Foram realizados testes de infiltração com água e álcool, determinado o tempo de penetração da gota de água, o índice de repelência e calculado a sortividade em água e álcool. As propriedades hídricas do solo variaram de forma significativa de acordo com a área analisada e com a profundidade, apresentando redução da hidrofobicidade com o aumento da profundidade e com a mudança da forma de uso. A área de mata nativa devido ao maior incremento de matéria orgânica, principalmente na camada mais superficial, apresentou redução da infiltração e da sortividade a água devido à atuação da hidrofobicidade. De modo contrário, a área de pastagem mostrou-se livre da ocorrência do fenômeno da hidrofobicidade.

Palavras chaves: Repelência, Latossolo amarelo, Infiltração.

ABSTRACT

Hydrophobicity can be defined as the difficulty of wetting the soil by water, due to the coating of the soil particles (sand, silt and clay) by organic hydrophobic substances. Initially, the phenomenon was related to areas subject to fires. However, recent studies have shown that the phenomenon is linked to several other factors, being: soil moisture, which has been directly related to the manifestation of soil hydrophobic character; vegetation, which can be a source of hydrophobic organic compounds; microorganisms, especially bacteria, which play an important role in the selectivity of the compounds to be decomposed; and the anthropic action itself. Thus, the present research related the interaction between the soil water properties and the hydrophobicity, seeking to understand the influence of the hydrophobic organic compounds under the properties of a Yellow Latosol with humic A. The studied areas were located in the municipality of Brejão, located in Agreste Meridional Pernambucano, under the same topographic and climatic conditions, differing only in the form of land use (native forest and pasture). The areas with 20x20 m were subdivided into 2x2 m plots, and 5 plots were selected in each of the areas. Water and alcohol infiltration tests were performed, the water drop penetration time, the repellency index and the water and alcohol sorption were calculated. The water properties of the soil varied significantly according to the analyzed area and the depth, presenting a reduction of the hydrophobicity with the increase of the depth and with the change of the form of use. The native forest area due to the greater increase of organic matter, mainly in the more superficial layer, presented reduction of the infiltration and the sorptivity to the water due to the hydrophobicity performance. Conversely, the pasture area was free of the occurrence of the phenomenon of hydrophobicity.

Keywords: Repellency, Yellow Latosol, Infiltration.

1. INTRODUÇÃO

O termo hidrofobicidade é usado na ciência do solo para identificar a repelência do solo a água, redução da infiltração ou ainda a dificuldade do solo de reter água (VOGELMANN et al., 2012; HANSEL et al., 2008; GONZÁLEZ-PEÑALOZA et al., 2012).

Desse modo, a consequência de redução da infiltração de água é a redução da quantidade de água disponível no solo, que afeta a germinação das sementes, crescimento e desenvolvimento da planta. A redução da taxa de infiltração leva ao aumento do escoamento superficial, ocasionando a erosão do solo, lixiviação de nutrientes, especialmente em regiões com fortes chuvas após extensões prolongadas de seca (MADSEN et al., 2011; GONZÁLEZ-PEÑALOZA et al., 2012).

A hidrofobicidade é ainda compreendida como resultado da complexa interação entre as diferentes partículas minerais do solo e os compostos orgânicos, especialmente os lipídios. Essa interação pode ter influência de outros fatores, como a composição molecular da fração lipídica, as substâncias húmicas e o grau de associação desses compostos e as partículas.

No entanto, segundo Jaramillo (2006) o maior grau de repelência à água pode estar também presente em solos com pequeno teor de carbono orgânico, levando à conclusão de que o caráter hidrofóbico está relacionado com a qualidade e não com a quantidade dessas substâncias orgânicas.

Historicamente, o fenômeno foi documentado em várias áreas submetidas a queimadas, sendo inicialmente atribuída apenas à ação do fogo (De BANO, 2000). No entanto, estudos realizados por Mataix-Solera et al. (2007) identificaram novos fatores associados à ocorrência da hidrofobicidade, segundo o autor a umidade do solo está diretamente relacionada com a manifestação do caráter hidrofóbico do solo, afetando a intensidade e persistência desse fenômeno. Além disso, a vegetação local também pode contribuir com compostos orgânicos hidrofóbicos que recobrem as partículas do solo.

Entre esses fatores, os microrganismos, principalmente as bactérias, também exercem um papel importante, já que esses são os principais decompositores da matéria orgânica do solo e produzem e liberam uma série de exsudatos potencialmente hidrofóbicos (SCHAUMANN et al., 2007). Do mesmo modo, as hifas e micélios de alguns fungos, podem contribuir para o aumento do grau de hidrofobicidade (FEENEY et al., 2006).

É nesse contexto que a hidrofobicidade ou repelência do solo a água é um tema bem discutido em todo o mundo, sendo identificado em diversas classes de solo, reduzindo a taxa de infiltração do solo. Dessa forma, informações relacionadas à gênese dos compostos hidrofóbicos ainda são incipientes, sendo fundamentais pesquisas que visem avançar no entendimento dos efeitos desse fenômeno.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Hidrofobicidade

A hidrofobicidade tem se tornado um assunto de preocupação global, com efeitos substanciais na produção vegetal e no uso e manejo da terra (MÜLLER & DEURER, 2011; VOGELMANN et al., 2013). Frente a isso, ela pode ser entendida como a dificuldade de molhamento do solo pela água, geralmente devido ao recobrimento das partículas do solo por substâncias orgânicas hidrofóbicas (VOGELMANN et al., 2012). É válido ressaltar que esse fenômeno apresenta uma elevada variabilidade temporal e espacial (MADSEN et al., 2011), dificultando a determinação precisa das áreas afetadas, havendo registros em áreas cultivadas, pastagens e florestas (DOERR et al., 2006).

O fenômeno já foi registrado na Europa (DOERR et al., 2007), América do Sul (VOGELMANN et al., 2010), Ásia (KOBAYASHI; SHIMIZU, 2007) e Oceania (DEURER et al. 2011). No Brasil há registros de solos hidrofóbicos nos estados do Pará, Maranhão (JOHNSON et al., 2005), Espírito Santo, Rio de Janeiro (PÉREZ et al., 1998), Paraná (HANSEL et al., 2008) e Rio Grande do Sul (VOGELMANN et al., 2010). Em Pernambuco, foi observada a presença da hidrofobicidade em solos arenosos e argilosos do Agreste Meridional (MOURA, 2018; BEZERRA, 2016).

Prova disso são os relatos de solos hidrofóbicos em diversas condições edafoclimáticas, entretanto ocorrem, preferencialmente, em climas secos e em solos arenosos. Por outro lado, existem também registros em locais de climas tropicais úmidos (PÉREZ et al., 1998; JARAMILLO, 2004) e em climas úmidos do norte da Europa (DOERR et al., 2000). Há ainda registros do fenômeno em uma grande variedade de solos, desde solos minerais até orgânicos, incipientes a muito intemperizados, fortemente ácidos e alcalinos, férteis a pouco férteis, o que nos remete a concluir que a hidrofobicidade pode ocorrer em qualquer tipo de solo (DOERR et al., 2000; JARAMILLO, 2004).

O fenômeno não se manifesta de maneira permanente, pois ocorre com máxima intensidade nas épocas mais secas e pode, em seguida, diminuir ou até mesmo desaparecer nas épocas úmidas (JARAMILLO, 2004), apresentando alta variabilidade temporal e espacial. A repelência do solo se apresenta estreitamente ligada a sortividade, que por ser um parâmetro hidrológico pode ser reduzida a depender da quantidade de compostos orgânicos no meio, afetando diretamente a infiltração de água

no solo (DOERR et al., 2000; JORDÁN et al., 2013; VOGELMANN et al., 2013; MULLER et al., 2014).

Existem vários métodos para identificar a ocorrência e severidade da repelência da água do solo, sendo o teste de penetração de gotículas de água (TPGA) um dos mais utilizados. O TPGA é um parâmetro em função do tempo e com base no ângulo de contato da água-solo e pode determinar se o solo é hidrofóbico (DEKKER e JUNGERIUS, 1990; DEKKER e RITSEMA, 1994).

2.2 Compostos hidrofóbicos

A origem dos compostos hidrofóbicos pode ser atribuída a diversos fatores (Figura 1), entretanto, atribui-se esse fenômeno da não interação solo-água, ao acúmulo e recobrimento das partículas minerais (areia, silte e argila) por compostos orgânicos hidrofóbicos derivados da atividade metabólica e decomposição de resíduos de plantas e microrganismos (BUCZKO et al., 2005, VOGELMANN et al., 2013b). Sendo assim, a hidrofobicidade está diretamente associada com o elevado conteúdo de matéria orgânica do solo, resultado da intensa produção, decomposição e ciclagem do material vegetal, condição comumente encontrada em ambientes florestais, onde se localiza a maioria dos registros (MADSEN et al., 2011). Entre as principais substâncias sintetizadas pelas plantas, destacam-se ceras, lipídeos e resinas que é resultado da lenta decomposição e são bastante estáveis, dessa forma, acumulam-se na camada superficial do solo, desde que não ocorra revolvimento constante, contribuindo assim para a elevação da hidrofobicidade (SCOTT et al., 2000; BUCZKO et al., 2005; ELLERBROCK et al., 2005).

A camada superficial de solos florestais, comumente chamada de serrapilheira, é formada por tecidos de plantas e animais não decompostos e por produtos parcialmente decompostos, essenciais para o crescimento de fungos e bactérias, que, ao mesmo tempo, podem produzir e liberar exsudatos ou produtos de sua decomposição com características hidrofóbicas (RILLIG, 2005; MATAIX-SOLERA et al., 2007). Nas camadas mais inferiores existem raízes de plantas capazes de produzir exsudatos radiculares hidrofóbicos, tornando a região próxima a essas raízes hidrófoba, com o objetivo de aumentar a disponibilidade de nutrientes ou como forma de defesa contra a dessecação (HALLET et al., 2003; RILLIG, 2005).

Existem também relatos da produção de exsudatos hidrófobos por raízes de plantas, hifas de fungos (RILLIG et al., 2010) e bactérias (ROPER, 2004; BAYER e SCHAUMANN, 2007). Fungos e bactérias são os principais agentes decompositores

dos resíduos vegetais acumulados na superfície dos solos, que apresentam seu crescimento potencializado em condições de elevada disponibilidade de material orgânico (FEENEY et al., 2006; MADSEN et al., 2008; LARSEN et al., 2009). Os fungos e bactérias do solo decompõem a matéria orgânica, sendo os compostos hidrofílicos mais facilmente degradados, resultando na acumulação de compostos hidrofóbicos ao longo do tempo (LOZANO et al., 2014).

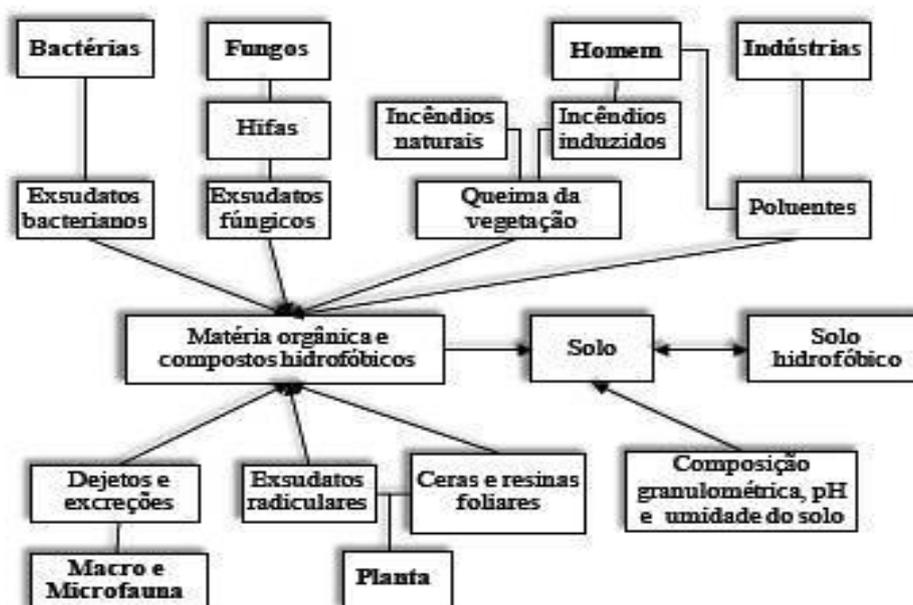


Figura 1: Principais agentes (negrito), processos e substâncias relacionadas com a origem e ocorrência da hidrofobicidade no solo (VOGELMANN, E.S.; PREVEDELLO, J.; REICHERT, J.M).

Outro fator importante na geração do caráter hidrofóbico é o aquecimento do solo provocado por queimadas e incêndios florestais (MADSEN et al., 2011). O calor incidente sobre as substâncias orgânicas ocasionam sua solubilização e favorecem seu acúmulo na superfície do solo, o processo de solubilização transforma as substâncias orgânicas em outros produtos, principalmente lipídeos, os quais passam a recobrir as partículas do solo, provocando um selamento da camada superficial (FOX et al., 2007). As substâncias hidrofóbicas formadas durante as queimadas podem se tornar fortemente cimentadas, resultando na formação de camadas repelentes à água com elevada persistência temporal e, assim, elevando o escoamento superficial e reduzindo a taxa de infiltração da água no solo (MADSEN et al, 2008; LARSEN et al, 2009).

Segundo Vogelmann et al. (2012) o aquecimento causado pela queima da vegetação pode afetar a estrutura de substâncias, como gorduras e óleos, que são

normalmente associados com a presença de hidrofobicidade e são componentes da vegetação ou da matéria orgânica do solo. Com o aquecimento, ocorre uma redução da viscosidade promovida pela queima da vegetação (ABRAMOVIC; KLOFUTAR, 1998), o que facilita a sua distribuição sobre as partículas minerais, resultando em um aumento na hidrofobicidade do solo, que diminui ao longo do tempo à medida que os compostos hidrofóbicos vão sendo decompostos ou lixiviados através do perfil de solo (VOGELMANN et al., 2012).

Segundo Pérez et al. (1998) e Gerke et al. (2001) ações antrópicas, como o derramamento de poluentes, principalmente derivados do petróleo podem favorecer o surgimento da hidrofobicidade. Além disso, poluição e o acúmulo de resíduos sob a superfície do solo, podem favorecer de forma indireta a manifestação da repelência do solo à água.

Além desses, outros fatores podem levar ao surgimento da hidrofobicidade são eles: o conteúdo de matéria orgânica, a textura do solo, o teor de umidade do solo e as diferentes condições climáticas (OLORUNFEMI et al., 2014; CESARANO et al., 2016; OLORUNFEMI et al., 2017; MAIMON et al., 2017; GAO et al., 2018).

A determinação da sortividade é realizada no estágio inicial da infiltração, quando a capilaridade apresenta efeito dominante. Este parâmetro foi descrito pela primeira vez por Philip (1957), sendo utilizado com o objetivo de descrever a capacidade de um solo homogêneo em absorver água na ausência dos efeitos gravitacionais.

De acordo com Vogelmann et al. (2017), o etanol apresenta uma baixa viscosidade e tensão superficial, com capacidade de penetrar com facilidade no espaço poroso, apresentando uma maior facilidade de molhamento da superfície do solo em relação a outros líquidos. Por ser uma substância apolar, sua infiltração não é afetada pela ocorrência da hidrofobicidade, pois não sofre influência dos compostos hidrofóbicos. Portanto, a sortividade do solo ao etanol reflete a capacidade máxima de molhamento e está diretamente relacionada com a taxa máxima de infiltração suportada pelo espaço poroso do solo.

Segundo Vogelmann (2011), diferentemente do etanol, a água apresenta elevada tensão superficial e viscosidade, além de uma estrutura molecular polar, o que se reflete em uma dinâmica diferente do etanol, por tanto seu movimento é influenciado pela

presença e distribuição dos compostos hidrofóbicos presentes no solo, que pode restringir ou até mesmo inibir a infiltração de água.

Com efeito, o etanol apresenta características específicas que o diferem da água, portanto, os valores encontrados para sua sortividade informam apenas a capacidade de molhamento do solo a esse líquido, demonstrando o comportamento do mesmo ao se infiltrar nos poros do solo.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Identificar e avaliar as possíveis relações da hidrofobicidade com os atributos hídricos de um Latossolo Amarelo com A húmico, sob diferentes formas de uso.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as diferenças existentes entre os testes de infiltração e a sortividade ao se utilizar líquidos com características de estrutura, tensão superficial e viscosidade distintas (água e etanol).
- Observar as relações existentes entre a hidrofobicidade, o uso do solo e a profundidade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área de coleta

A área estudada pertence ao município de Brejão, Agreste de Pernambuco (S 08°59'24,6" W 36°33'30,9"), localizado no Planalto de Garanhuns, unidade geoambiental do Planalto da Borborema. O clima da região é do tipo Cs'a, segundo a classificação de Köppen, clima mesotérmico com verão seco e quente. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro, podendo estender-se até outubro. A precipitação e temperatura médias anuais são de 1.404 mm e 22,3° C, respectivamente, sendo a temperatura média no mês mais frio de 16,8° C (LAMEPE/ITEP, 2010). A vegetação local é do tipo floresta subperenifólia, sob relevo local plano (EMBRAPA, 2013).

A área apresenta solos muito intemperizados, enquadrados como Latossolo Amarelo com horizonte superficial A húmico. Segundo a Embrapa (2013), o horizonte A húmico é definido pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, como sendo um horizonte mineral superficial com croma igual ou inferior a 4 (úmido) e saturação por bases inferior a 65% apresentando espessura e conteúdo de carbono orgânico dentro de limites definidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SiBCS).

A área de pastagem inicialmente era cultivada com café sombreado por cajueiro, por volta de 1983 foi substituída por pastagem que permanece até hoje, havendo a adubação com esterco de forma esporádica. Enquanto que a área de mata nativa, se encontrava sob vegetação primária de florestas subperenifólia, vegetação que possui predominância de árvores verdes, folhas largas e densas.

As amostras foram coletadas no período seco do ano de 2017 (Figura 2), mais especificamente entre os meses de Jan/2017 a Fev/2018.

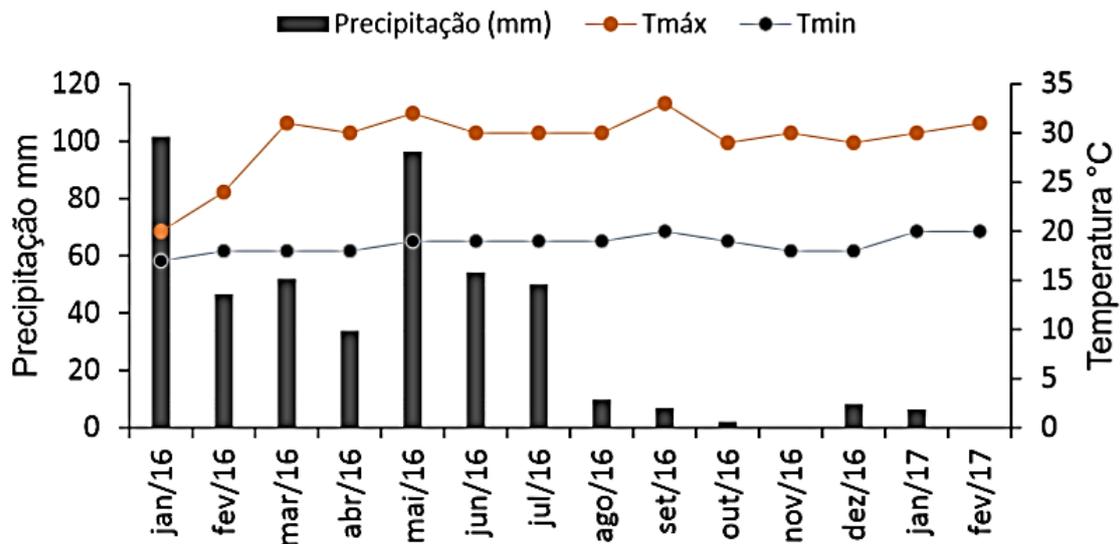


Figura 2: Dados referentes às temperaturas máxima e mínima e os valores da precipitação no município de Brejão-PE, durante a coleta e nos meses que antecederam.

4.2 Coletas das amostras

Para seleção dos pontos de coleta levou-se em consideração o tipo de uso, dando prioridade para áreas que se encontrassem sob as mesmas condições topográficas e climáticas. As áreas selecionadas encontravam-se sob uso de mata (vegetação nativa) e pastagem (30 anos) (Figura 3). Em ambas foram delimitadas uma parcela de 20x20 m, subdividida em subparcelas de 2x2 m. Em seguida, foram sorteadas 5 subparcelas, onde foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, e realizados ensaios de infiltração nas profundidades de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. As amostras deformadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com malha de 2 mm para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA).

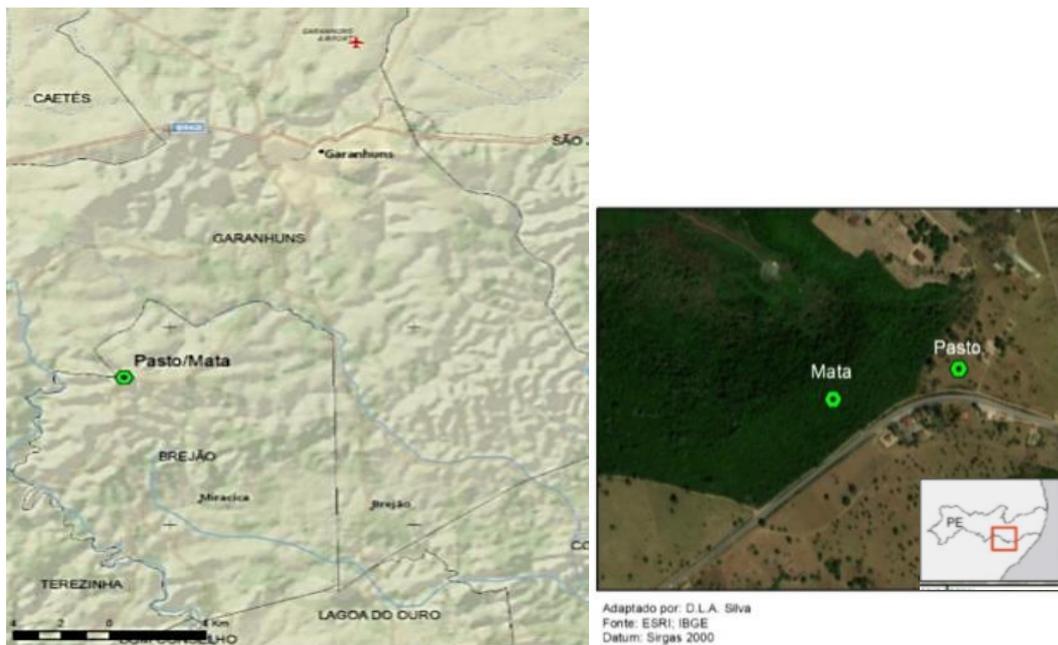


Figura 3. Localização do Município de Brejão-PE, e das áreas de mata nativa e pastagem, onde foram realizadas as coletas e realizadas as análises de campo.

4.3 Análise físico-hídrica

4.3.1 Teste de infiltração

A curva de infiltração foi obtida em campo com o auxílio de um infiltrômetro de anel simples de 15 cm de diâmetro (Figura 4). Os ensaios consistiram em anotar o tempo que volumes constantes de água (100 ml) adicionados continuamente no anel, levavam para serem infiltrados, encerrando-se ao atingir fluxo com regime constante (SOUZA et al., 2008).



Figura 4: Teste de infiltração realizado com anel simples de 15 cm na camada de 0-10 cm, na área de mata nativa.

4.3.2 Sortividade e Índice de Repelência

No laboratório, a sortividade foi determinada utilizando-se um microinfiltrômetro de tensão (WHITE e SULLY, 1987), constituído de um tubo em que uma das extremidades está conectada a um reservatório com o líquido e na outra possui uma pequena esponja, a qual faz contato com o agregado. No teste, foram utilizados dois líquidos diferentes, água destilada e etanol (95%), os quais possuem diferentes densidades, viscosidades e ângulos de contato com o solo. Os testes foram conduzidos em amostras indeformadas coletadas em anel com dimensões de 5x5 cm (diâmetro x altura) e as leituras do volume do líquido infiltrado foram realizadas até atingir o fluxo constante ou a frente de molhamento chegar a borda do anel.

A sortividade (S) foi obtida pela equação,

$$S = \sqrt{\frac{Qf}{4br}} \quad \text{Eq. 1}$$

em que: Q corresponde à medida do fluxo de líquido ($\text{mm}^3 \text{s}^{-1}$); b é dependente do parâmetro da função de difusão da água no solo sendo tomado o valor de 0,55, de acordo White e Sully (1987), r é o raio ponta do infiltrômetro (0,5 mm); f é a porosidade total ($\text{mm}^3 \text{mm}^{-3}$).

O índice de repelência (IR) foi avaliado e sugerido por Tillman et al. (1989), o qual relaciona a sortividade da água ($S_{\text{água}}$) e do etanol (S_{etanol}). A relação dessas sortividades é dada pela equação 2:

$$S_{\text{água}} = \left[\frac{(\mu_e/\gamma_e)^{1/2}}{(\mu_a/\gamma_a)^{1/2}} \right] \quad \text{Eq. 2}$$

em que: μ_e é a viscosidade do etanol (95%) a 20°C (0,0012 N s m⁻²); γ_e é a tensão superficial do etanol (95%) a 20° C (0,023 N m⁻¹); μ_a é a viscosidade da água a 20 °C (0,0010 N s m⁻²); γ_a é a tensão superficial da água a 20°C (0,073 N m⁻¹). Usando esses valores, a equação 2 é simplificada à equação 3.

$$S_{\text{água}} = 1,95 S_{\text{etanol}} \quad \text{Eq. 3}$$

Assim, o índice R é simplificado para a equação 4 (TILLMAN et al., 1989).

$$R = 1,95 \frac{S_{\text{etanol}}}{S_{\text{água}}} \quad \text{Eq. 4}$$

4.3.3 Teste do tempo de penetração da gota de água (TPGA)

Foi utilizado o método do tempo de penetração da gota de água para a avaliação da hidrofobicidade na condição de campo, segundo procedimentos descritos por Letey (1969). Para tanto, foi calculado a média do tempo de penetração de três gotas (Figura 5). E para determinar o grau de repelência foram utilizados dados da Tabela 1.



Figura 5: Teste do tempo de penetração da gota de água realizado na área de mata nativa, no município de Brejão-PE.

Tabela 1. Classes de repelência a água e intervalos utilizados Bisdorn et al. (1993).

Classificação de repelência de água do solo	Intervalo de TPGA (s)
Molhável	≤ 5
Pouco Hidrofóbico	6 – 60
Muito Hidrofóbico	61 – 600
Severamente Hidrofóbico	601 – 3600
Extremamente Hidrofóbico	> 3600

4.4 Carbono orgânico total da área

O teor de Carbono Orgânico Total (COT) nas diferentes formas de uso é apresentado na Figura 6 (Moura, 2018). Sua determinação foi realizada por meio de oxidação utilizando solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$ 0,0667 mol.L⁻¹) em meio de ácido sulfúrico concentrado, com aquecimento em bloco digestor conforme método de Mendonça (2005) adaptado de (YEOMANS & BREMNER, 1988).

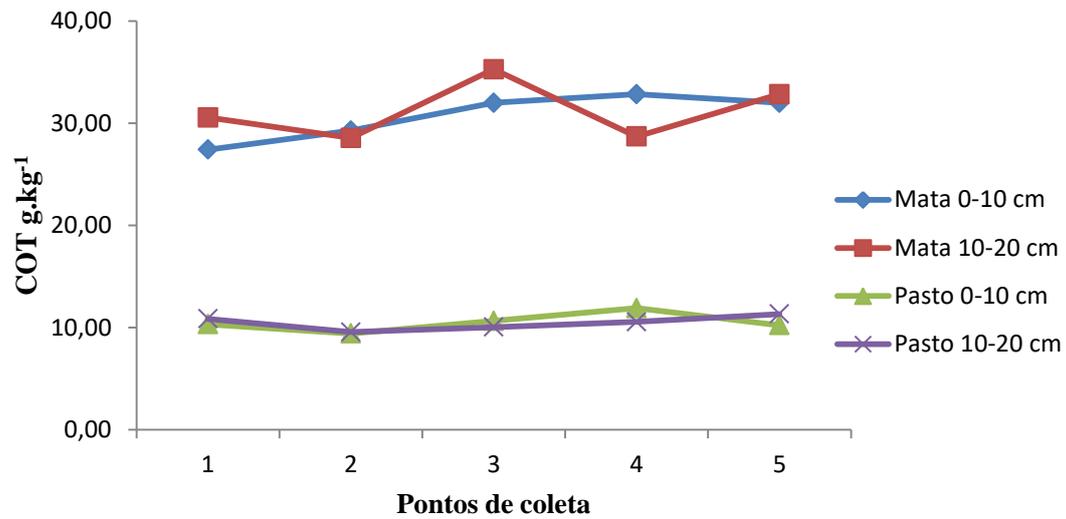


Figura 6. Valores encontrados referentes ao teor de carbono orgânico total, obtidos nas áreas de mata nativa e pastagem, em seus respectivas profundidades.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Sortividade e Índice de Repelência (IR)

Ao se comparar a sortividade em água e em etanol é possível notar as diferenças com relação à atuação do fenômeno da hidrofobicidade no processo de infiltração (Vogelmann, 2011).

Tal situação é perceptível devido aos resultados descritos na Tabela 2, os quais revelam que devido à presença e a ação de substâncias hidrofóbicas a sortividade da água foi reduzida, afetando a sua infiltração no solo.

De outra parte, diferentemente da área de mata, o pastagem apresentou a maior sortividade em água em ambas as profundidades, com valores que variaram de 2,09 a 4,72 $\text{mm s}^{-1/2}$. Tal fato acaba explicitando que essa camada, certamente, não irá apresentar problemas com relação ao fenômeno da hidrofobicidade e, conseqüentemente, não irá oferecer dificuldade para infiltração da água através dos poros do solo. Em contrapartida aos resultados anteriores, a área de mata nativa apresentou reduzida sortividade à água, principalmente na camada de 0-10 cm na área de mata nativa, com valores que variaram de 0,27 a 1,63 $\text{mm s}^{-1/2}$, fato que se deve a atuação dos compostos hidrofóbicos, que conferem ao solo dificuldade para a infiltração da água. Portanto, essa área irá apresentar um elevado índice de repelência, principalmente na camada mais superficial, onde houve maior dificuldade ao molhamento pela água.

Os valores encontrados na camada de 0 – 10 cm apresentaram os menores valores com relação à sortividade em água e valores superiores em etanol. Sendo assim, é possível notar a atuação do fenômeno da repelência na área de mata nativa na sua camada superficial.

Outrossim, vale ressaltar que dentre as diferentes formas de uso do solo e profundidade, o índice de hidrofobicidade encontrado esteve abaixo do limite crítico de 1,95 descrito por Tillman et al. (1989) nas profundidades avaliadas na área de pastagem. Então, as diferentes camadas analisadas dessa área, não tiveram alteração na infiltração da água em decorrência da hidrofobicidade, apresentando valores de repelência entre 0,17 e 1,06.

Tabela 2. Sortividade do solo à água e ao etanol obtido em condição de laboratório e determinação do índice de repelência.

Sortividade ao etanol (mm s ^{-1/2})	Sortividade à água (mm s ^{-1/2})	Índice de Repelência (IR)
MATA NATIVA – 0-10 CM		
0,45	0,29	3,03
0,99	0,29	6,80
1,19	1,63	1,43
0,41	0,67	1,18
0,40	0,27	2,84
PASTAGEM – 0-10 CM		
0,48	4,41	0,21
0,47	3,82	0,24
0,40	3,89	0,20
0,38	4,24	0,17
0,39	4,53	0,17
MATA NATIVA – 10-20 CM		
0,46	2,33	0,39
0,48	2,73	0,34
0,53	0,34	3,06
0,42	0,71	1,16
0,44	0,35	2,47
PASTAGEM – 10-20 CM		
0,68	3,76	0,35
1,57	2,91	1,06
0,40	2,28	0,34
0,71	2,09	0,66
1,13	4,72	0,47

De outro lado, os valores encontrados na área de mata nativa apresentaram valores acima do parâmetro crítico de 1,95 para hidrofobicidade, de modo mais expressivo na camada mais superficial, tendo como valor máximo de repelência 6,80. Entretanto, verificou-se redução significativa do IR nas camadas de 10 -20 cm, sendo justificado por Woche et al. (2005) e Badía-Villas et al. (2014), que atribuíram a diminuição do grau de repelência à água à redução do teor de carbono orgânico total no perfil do solo.

Tais dados corroboram o com trabalho realizado por Dekker et al. (1998), De Jonge et al. (1999), Gryze et al. (2006), Mataix-Solera et al. (2007) e Rodrigues-Allerez et al. (2007), que encontraram relações positivas entre a repelência à água e o teor de

matéria orgânica, que é mais expressivo na área de mata nativa do que na pastagem, que se encontra em estado de degradação.

A maior sortividade na condição de solo seco ocorre porque a infiltração da água é influenciada principalmente pelo potencial matricial do solo (PHILIP, 1957). A umidade do solo é responsável por determinar diretamente o gradiente hidráulico, onde solos secos apresentam, além do efeito do potencial gravitacional, o efeito do menor potencial matricial, o que provoca o maior gradiente hidráulico e, conseqüentemente, maior fluxo de água na amostra de solo (VOGELMANN, 2011).

Por tudo isso, é imprescindível afirmar que segundo Doerr e Thomas (2003), a hidrofobicidade geralmente é mais extrema quando os solos estão secos e diminui quando ocorre o umedecimento do solo, ainda de acordo com os autores, em algumas areias de dunas holandesas, a hidrofobicidade fica ausente para umidade do solo superior a 2%.

Fatores podem explicar os resultados obtidos nas diferentes formas de uso do solo, segundo Ellerbrock et al. (2005) a vegetação é uma das principais fontes diretas de compostos orgânicos hidrofóbicos (ceras, lipídeos e resinas), sendo esses compostos bastante estáveis, com decomposição lenta e, havendo portanto o acúmulo na camada superficial do solo, desde que o solo não haja constantemente revolvimento do solo (SCOTT et al., 2000; BUCZKO et al., 2005; ELLERBROCK et al., 2005). Fato este que é visível na área de mata nativa, onde há a presença de restos vegetais que se depositam na superfície do solo, ocasionando uma rica camada de material orgânico, na área de pastagem, de acordo com PINHEIRO et al. (2004), a presença de gramíneas contribui para aumentos significativos da fração da matéria orgânica do solo, no entanto, a área encontra-se em avançado estado de degradação, não havendo portanto grande incremento de matéria orgânica nestas condições, fato que fica evidente na Figura 6.

Inicialmente, a área de pastagem se encontrava sob condições de mata nativa, no entanto as alterações da vegetação e do manejo ocasionadas na mudança da ocupação do solo, certamente, ocasionaram mudanças no que se referem aos demais atributos físicos que apresentam influência direta sobre o fenômeno, sendo eles a porosidade, a densidade, a estrutura, e como já citado acima o aporte de matéria orgânica.

5.2 Curva de infiltração

De acordo com Fonseca (2011), o processo de infiltração é inicialmente rápido e tende a estabilizar com o tempo, assumindo uma tendência exponencial. Ainda segundo o autor, a umidade, a estrutura, a textura e o potencial mátrico são fatores que influenciam a taxa de infiltração de água no solo. Sendo assim, toda e qualquer forma de manejo, além da atuação de compostos orgânicos que altere essas propriedades físico-hídricas do solo tem como efeito principal a redução da infiltração e armazenamento de água (BUCZKO et al., 2005).

A densidade de fluxo (q) das áreas de mata nativa e pastagem são apresentadas nas Figuras 7 e 8, respectivamente. De modo geral, as curvas apresentadas demonstram que há comportamento distinto da infiltração de água entre as camadas, como também entre os sistemas de uso. Para a mata (Figura 7) foi possível observar que as curvas de infiltração utilizando água, na profundidade de 0-10 cm não apresentou tendência exponencial (Figura 7A). Tal tendência foi observada ao se realizar o teste com álcool (Figura 7C e 7D). Esse comportamento diferenciado entre a infiltração da água e do álcool sugere presença de fenômenos de repelência a líquidos polares, denominado de hidrofobicidade, segundo Vogelmann (2011) isso se deve as características do etanol (baixa tensão superficial e viscosidade, além de estrutura molecular apolar) que garante que ele não sofra influência dos compostos hidrofóbicos.

A presença da hidrofobicidade, aparentemente, foi menos expressiva na camada de 10 – 20 cm, tendo em vista que a infiltração assumiu regime constante em relação ao tempo, o que demonstra que não há atuação dos compostos hidrofóbicos, de modo contrário a encontrada na profundidade de 0 – 10 cm, levando a se concluir que há um decréscimo desse processo na mata à medida que se aumenta a profundidade. Tal fato é justificado por Olorunfemi e Fasinmirin (2017), que explica que essa ocorrência é atribuída à atividade de microrganismos capazes de produzir compostos hidrofóbicos, conferindo a camada superficial da floresta maior repelência e menor condutividade hidráulica.

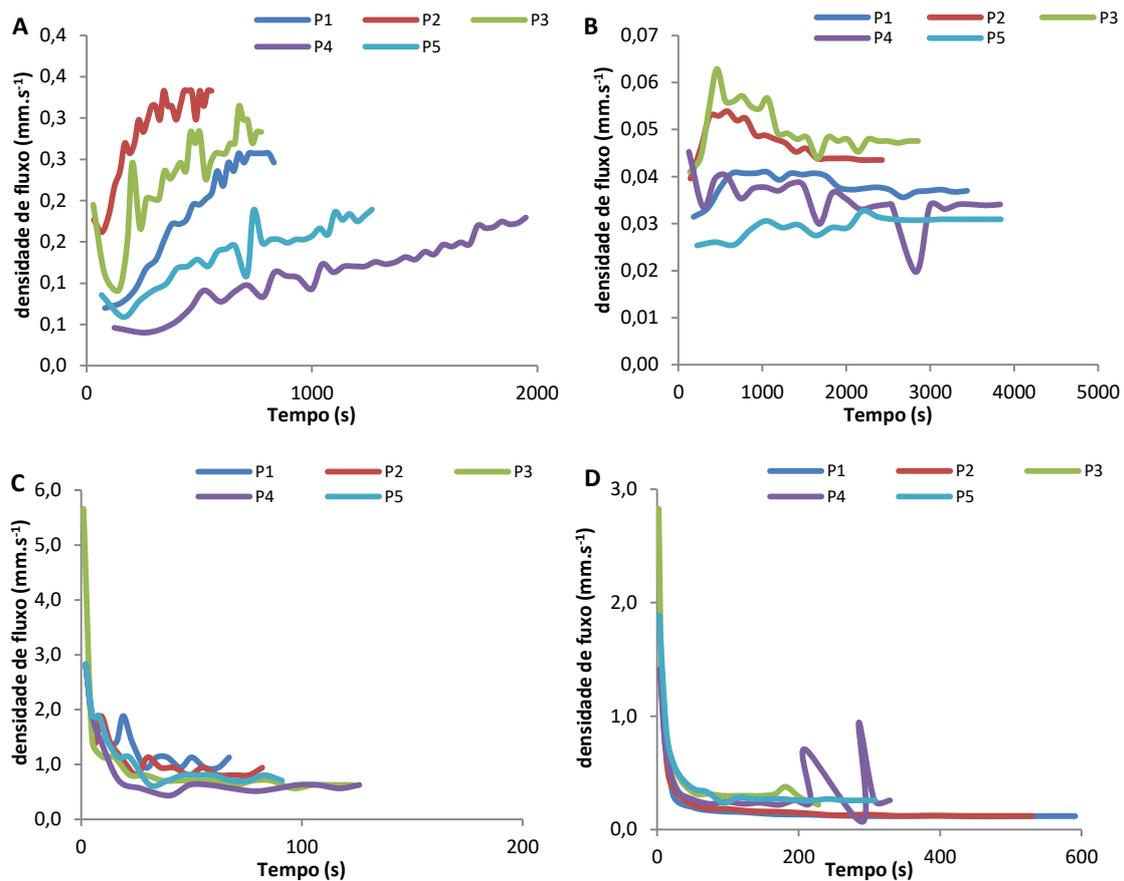


Figura 7: Densidade de fluxo em área de mata nativa, nas profundidades de 0-10 cm, com água (A) e álcool (B) e 10-20 cm, com água (C) e álcool (D).

Conforme Vogelmann et al. (2010) e Vogelmann et al. (2013), a repelência a água tende a diminuir em profundidade devido a redução do teor da matéria orgânica, justificando assim os dados obtidos pelas curvas de infiltração na área de pastagem (Figura 8). No entanto, os valores na área de mata nativa apresentaram diferenças em relação à tendência de infiltração, tal ocorrência possivelmente está associada ao aporte de matéria orgânica no perfil do solo (Figura 6).

Ao se analisar a infiltração na área de pastagem apresentada na figura 8, é notória a presença de diferenças no comportamento da curva, no que diz respeito a tendência de infiltração ao se comparar com a encontrada na área de mata nativa, demonstrando assim não haver a presença da hidrofobicidade atuando no processo de infiltração da água no solo.

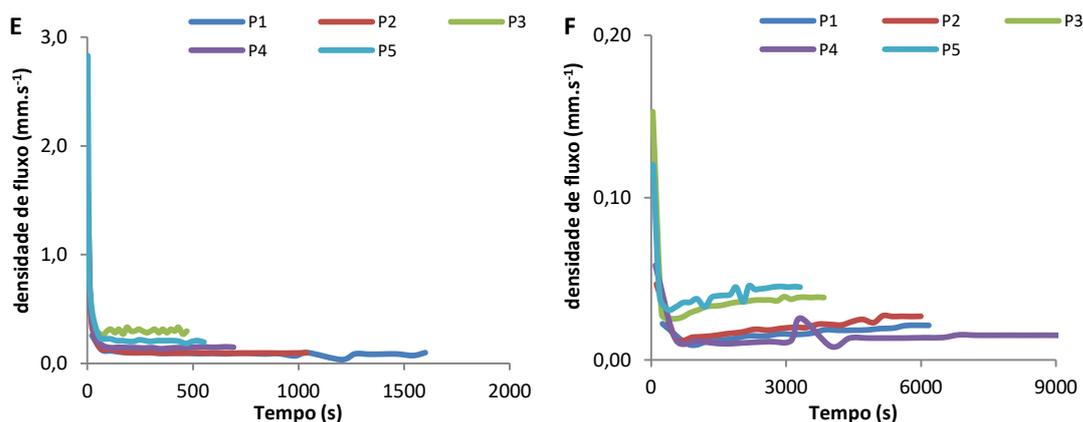


Figura 8: Densidade de fluxo em área de pastagem, na profundidade de 0-10 cm (E) e 10-20 cm (F), ambas utilizando água.

Os valores médios obtidos para lâmina acumulada no final do teste para mata nativa foi de 86,14 mm (0-10 cm) e 66,21 mm (10-20 cm), já para o pastagem obteve-se 67,34 mm (0-10 cm) e 65,08 mm (10-20 cm). Apesar da presença da hidrofobicidade, a lâmina acumulada nas áreas de mata nativa apresentou maiores do que na área de pastagem, estando de acordo com Bono et al. (2012), que encontrou valores elevados para a lâmina acumulada em áreas de matas nativas e relacionou que os menores valores encontrados nas áreas de pastagens e áreas cultivadas, ocorre devido ao intenso pisoteio animal e o tráfego de máquinas.

5.3 Tempo de Penetração da Gota de Água (TPGA)

O TPGA foi determinado em camadas a cada 2,5 cm até atingir 20 cm de profundidade, totalizando 8 camadas por parcela. Como pode ser observado na Figura 9, os dados do TPGA na área de mata indicam grau severo de repelência à água de acordo com Bisdorf et al. (1993), cujos limites estão descritos na Tabela 1. Segundo Moura (2018), tal comportamento é influenciado pelo teor e qualidade dos compostos orgânicos presentes até a profundidade de 20 cm, onde o acúmulo desses compostos está relacionado com o tipo de vegetação e a comunidade microbiana presente no local, tendo em vista que a mata é de floresta subperenifólia, vegetação constituída por árvores verdes, grande número de folhas largas e densas, conferindo ao solo uma cobertura por camada de húmus.

Sendo assim, a figura 9 apresenta os resultados obtidos nas áreas de mata nativa e pastagem, demonstrando que houve redução no tempo necessário para a infiltração das gotas de água nas diferentes profundidades na área de mata nativa. Já os valores

encontrados na área de pastagem apresentam variabilidade mínima com relação à profundidade.

Na área de mata nativa, os valores do TPGA apresentaram grande variabilidade nas diferentes profundidades, sendo a profundidade de 5 cm a que necessitou de maior tempo para a infiltração das gotas de água no solo. Os valores apresentaram decréscimo até atingir 12,5 cm, voltando a ter um leve aumento em 15 cm e reduzindo até atingir 20 cm de profundidade.

É perceptível que o grau de severidade está presente até a profundidade de 15 cm, e essa correlação entre profundidade e grau de repelência está, certamente, sendo influenciado pelo teor da matéria orgânica presente na camada mais superficial do solo (Figura 6). Tal fato é justificado por trabalho publicado por Moura (2018), onde a situação anteriormente descrita indica uma possível atuação das substâncias orgânicas, que inicialmente tendem a se concentrar na superfície do solo em razão da proximidade do seu material originário.

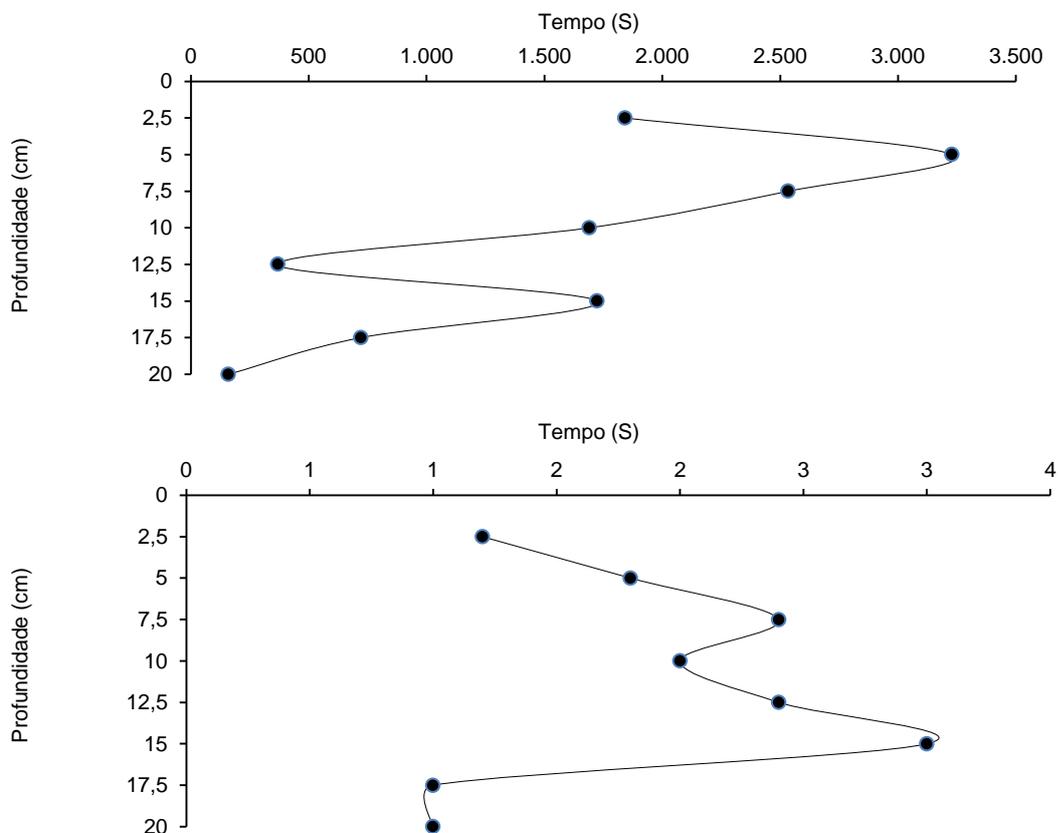


Figura 9: Teste do tempo de penetração da gota de água em camadas de 2,5 cm na área de mata nativa e pastagem, respectivamente.

Sob mesma condição, a área de pastagem obteve valores inferiores a 5s, sendo classificado no grau de molhável (tabela 1). Tal fato ocorre pela redução no teor do carbono orgânico presente na área que se encontra em estado de degradação (Figura 6), promovido pela mudança na forma de uso e manejo utilizado na área, exercendo influência nos baixos valores encontrados.

Em trabalho com floresta nativa, plantações e terras cultivadas, Olorunfemi et al. (2017), encontraram resultados semelhantes, onde os autores observaram que mudanças ocorridas na forma de uso do solo alteram os teores de carbono orgânico, influenciando assim nas taxas de infiltração em cada sistema de uso, tornando a floresta nativa mais severamente repelente.

Em consonância com Vogelmann et al. (2010) e Vogelmann et al. (2013), que afirma que o fenômeno tende a reduzir em profundidade, sendo também verificado neste trabalho através da análise descrita acima na área de pastagem, com exceção da mata nativa e pode estar associado ao grande aporte de matéria orgânica no perfil do solo (Figura 6), Müller et al. (2014), levanta a hipótese de que compostos que causam a hidrofobicidade são parcialmente e periodicamente lixiviados no perfil do solo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ocorreu à presença da hidrofobicidade apenas no solo sob mata nativa.

A hidrofobicidade se mostrou mais expressiva na área com maior teor de carbono orgânico, sob mata nativa e nas profundidades mais superficiais do solo.

A presença de compostos orgânicos hidrofóbicos afeta as propriedades hídricas do solo, reduzindo principalmente a infiltração de água.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVIC, H.; KLOFUTAR, C. The temperature dependence of dynamic viscosity for some vegetable oils. **Acta Chimica Slovenica**, Ljubljana, v. 45, n. 1, p. 69-77, 1998.
- BADÍA-VILLAS, D. et al. Changes in water repellency, aggregation and organic matter of a mollic horizon burned in laboratory: Soil depth affected by fire. **Geoderma**, Amsterdam, v. 213, n. 1, p. 400-407, 2014.
- BAYER, J. V.; SCHAUMANN, G. E. Development of soil water repellency in the course of isothermal drying and upon pH changes in two urban soils. **Hydrological Processes**, Bristol, v. 21, n. 17, p. 2266–2275, 2007.
- BEZERRA, C. B. MOURA, A. S. **Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2016. 64p. Dissertação de Mestrado
- BISDOM, E.; DEKKER, L. W.; SCHOUTE, J.: Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure, **Geoderma**, v. 56, 105–118, 1993.
- BONO, J. A. M. et al. Infiltração de água no solo em um Latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36 p. 1845-1853, 2012.
- BUCZKO, U.; BENS, O.; HÜTTL, R. F. Variability of soil water repellency in sandy forest soils with different stand structure under Scots pine (*Pinussylvestris*) and beech (*Fagus sylvatica*). **Geoderma**, Amsterdam, v. 126, n. 3-4, p. 317-336, 2005.
- DE BANO L. F. Water repellency in soils: a historical overview. **Journal of Hydrology** 231-232: 4–32, 2000.
- DE JONGE, L. W.; JACOBSEN, O. H.; MOLDRUP, P. Soil water repellency: effects of water content, temperature and particle size. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, n. 3, p. 437-442, 1999.
- DEKKER, L.W.; JUNGRIUS, P. .Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands. **Catena Supplement**, 18, pp. 173-183, 1990.
- DEKKER, L.W.; RITSEMA, C.J. How water moves in a water repellent sandy soil: 1. Potential and actual water repellency. **Water Resources Research**, 30 (9), p. 2507-2517, 1994
- DEURER, M. et al. Is soil water repellency a function of soil order and proneness to drought? A survey of soils under pasture in the North Island of New Zealand. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 62, n. 6, p.765-779, 2011.
- DOERR, S. H. et al. Occurrence, prediction and hydrological effects of water repellency amongst major soil and land use types in a humid temperate climate. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 57, n. 5, p. 741-754, 2006.
- DOERR, S. H. et al. Water repellence of soils: new insights and emerging research needs. **Hydrological Processes**, Bristol, v. 21, n. 17, p. 2223-2228, 2007.

DOERR, S.H.; SHAKESBY, R.A.; WALSH, R.P.D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. **Earth-Science Reviews** 51. p. 33–65, 2000.

DOERR; S. H.; THOMAS, A. D. Soil moisture: a controlling factor in water repellency? In: RITSEMA, C. J.; DEKKER, L. W. (Org.). Soil water repellency: occurrence, consequences and amelioration. **Amsterdam: Elsevier Science**, p. 137-149, 2003.

ELLERBROCK, R. H. et al. Composition of organic matter fractions for explaining wettability of three forest soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 69, n. 1, p. 57–66, 2005.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 353p, 2013.

FEENEY, D. S. et al. Impact of fungal and bacterial biocides on microbial induced water repellency in arable soil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 135, n. 1, p. 72-80, 2006.

FONSECA, A. C. G. da, **Comparação de três métodos de determinação dos parâmetros da infiltração transiente (K_s e S) a partir do infiltrômetro a anel simples**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2011. 56p. Dissertação de Mestrado.

FOX, D. M.; DARBOUX, F.; CARREGA, P. Effects of fire-induced water repellency on soil aggregate stability, splash erosion, and saturated hydraulic conductivity for different size fractions. **Hydrological Processes**, Bristol, v. 21, n. 17, p. 2377-2384, 2007.

GAO, Y. et al. Water repellency as conditioned by physical and chemical parameters in grassland soil. **Catena**. 160. p. 310–320, 2018

GERKE, H. H et al. Spatial variability of potential water repellency in a lignitic mine soil afforested with *Pinus nigra*. **Geoderma**, Amsterdam, v. 102, n. 3-4, p. 255-274. 2001.

GONZÁLEZ-PENALOZA, F.A. et al. Do conservative agriculture practices increase soil water repellency? A case study in citrus-cropped soils. **Soil and Tillage Research**, (124), p. 233-239, 2012

GRYZE, S. de et al. Water repellence and soil aggregate dynamics in a loamy grassland soil as affected by texture. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 57, n. 2, p. 235–246, 2006.

HALLETT, P. D.; GORDON, D. C.; BENGOUGH, A. G. Plant influence on rhizosphere hydraulic properties: direct measurements using a miniaturized infiltrometer. **New Phytologist**, Lancaster, v. 157, n. 3, p. 597-603, 2003.

HANSEL, F. A.; AOKI, C. T.; MAIA, C. M. B. F.; CUNHA Jr, A.; DEDECEK, R. A. Comparison of two alkaline treatments in the extraction of organic compounds associated with water repellency in soil under *Pinus taeda*. **Geoderma**, p.167– 172, 2008.

JARAMILLO, J. D. F. **Repelencia al agua en suelos: con énfasis en Andisoles de Antioquia**. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, p.197, 2004.

JARAMILLO, J. D. F. Repelencia al água ensuelos: una síntesis. **Revista Acadêmica Colombiana de Ciência**, Medellín, v. 30, n. 115, p. 215-232, 2006

JOHNSON, M. S. et al. Spatial and temporal variability of soil water repellency of Amazonian pastures. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 43, n. 1, p. 319 - 326, 2005.

JORDÁN, A. et al. Soil water repellency: Origin, assessment and geomorphological consequences. **Catena** 108, p. 1–5, 2013.

KOBAYASHI, M.; SHIMIZU, T. Soil water repellency in a Japanese cypress plantation restricts increases in soil water storage during rainfall events. **Hydrological Processes**, Bristol, v. 21, n. 17, p. 2356–2364, 2007.

LAMEPE/ITEP. **Informações climáticas do Estado de Pernambuco**. Disponível em: <http://www.itep.br/LAMEPE.asp> Acesso em: 23 jan. 2010.

LARSEN, I. J. et al. Causes of post-fire runoff and erosion: the roles of soil water repellency, surface cover, and soil sealing. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 73, n. 4, p. 1393-1407, 2009.

LETEY, J. **Measurement of contact angle, water drop penetration time, and critical surface tensions**. Proceedings of a Symposium on Water Repellant Soils, Riverside, p. 43-47, 1969.

LOZANO, E. et al. Relationships between soil water repellency and microbial community composition under different plant species in a Mediterranean semiarid forest. **Journal of Hydrology Hydromech.** V. 62, n. 2, p. 101–107, 2014.

MADSEN, M. D.; CHANDLER, D. G.; BELNAP, J. Spatial gradients in ecohydrologic properties within a pinyon–juniper ecosystem. **Ecohydrology**, Malden, v. 1, n. 4, p. 349–360, 2008.

MADSEN, M.D. et al. Soil water repellency within a burned pinon–juniper woodland: spatial distribution, severity, and ecohydrologic implications. **Soil Science Society of America**, p. 1543–1553, 2011.

MAIMON, A.; GROSS, A.; G. ARYE. Greywater-induced soil hydrophobicity. **Chemosphere** 184.p. 1012-1019, 2017.

MATAIX-SOLERA, J. et al. Water repellency under different plant species in a calcareous forest soil in a semiarid Mediterranean environment. **Hydrological Processes**, Bristol, v. 21, n. 17, p. 2300-2309, 2007.

MENDONÇA, E. S; MATOS, E. da S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa: UFV, p. 86-92, 2005.

MOURA, A. S. **Hidrofobicidade e atributos físico-hídricos e químicos de solos arenosos e argilosos com diferentes históricos de manejo**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, p.56 Dissertação de Mestrado, 2018.

MÜLLER, k. et a. Temporal dynamics of soil water repellency and its impact on pasture productivity. **Agricultural Water Management** 143. p. 82–92, 2014

MÜLLER, K.; DEURER, M. Review of the remediation strategies for soil water repellency. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Zurich, v. 144, n. 1, p. 208-221, 2011.

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** 155. p. 170–182. 2017.

OLORUNFEMI, I.E., OGUNRINDE, T.A., FASINMIRIN, J.T. Soil hydrophobicity: an overview. **Journal of Scientific Research and Reports**, Sci. Domain 3 (8), p. 1003–1037, 2014.

PÉREZ, D. V.; SIMÃO, S. M.; SALATINO, A. Identificação e caracterização da repelência à água em alguns solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 173-179, 1998.

PHILIP, J. R. The theory of infiltration. Sortivity and algebraic infiltration equations. **Soil Science**, v. 84, n. 3, p. 257-264, 1957.

PINHEIRO, E.F.M et al. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.28, p.731-737, 2004.

RILLIG, M. C. A connection between fungal hydrophobins and soil water repellency. **Pedobiologia**, Jena, v. 49, n. 5, p. 395-399, 2005.

RILLIG, M. C. et al. Mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi increases soil water repellency and is sufficient to maintain water-stable soil aggregates. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 42, n. 7, p. 1189-1191, 2010.

ROPER, M. M. The isolation and characterization of bacteria with the potential to degrade waxes that cause water repellency in sandy soils. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 42, n. 4, p. 427-434, 2004.

SCHAUMANN, G. E. et al. Influence of biofilms on the water repellency of urban soil samples. **Hydrological Processes**, Bristol, v. 21, n. 17, p. 2276-2284, 2007.

SCOTT, D. F. Soil wettability in forested catchments in South Africa: as measured by different methods and as affected by vegetation cover and soil characteristics. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 231, n. 1, p. 87-104, 2000.

SOUZA, E.S.; ANTONINO, A.C.D.; ÂNGULO-JARAMILLO, R.; NETTO, A.M. Caracterização hidrodinâmica de solos: aplicação do método Beerkan. **Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v.12, n.02. 2008.

TILLMAN, R.W. et al. Water-repellency and its measurement by using intrinsic sorptivity. **Australian Journal of Soil Research**, 27, p. 637-644, 1989.

VOGELMANN, E. S. et al. Can occurrence of soil hydrophobicity promote the increase of aggregates stability? **Catena**, Amsterdam, v. 110, n. 11, p. 24-31, 2013.

VOGELMANN, E. S. et al. Soil hydro-physical changes in natural grassland of southern Brazil subjected to burning management. **Soil Research**, Collingwood, v. 50, n. 6, p. 465-472, 2012.

VOGELMANN, E. S. et al. Water repellency in soils of humid subtropical climate of Rio Grande do Sul, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 110, n. 1, p. 126-133, 2010.

VOGELMANN, E. S. Ocorrência de hidrofobicidade em solos do Rio Grande do Sul. 2011. 124 f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

VOGELMANN, E.S. et al. Hydro-physical processes and soil properties correlated with origin of soil hydrophobicity. **Ciências Rurais**, 43, p.1582–1589, 2013.

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

WHITE, I.; SULLY, M. J. Macroscopic and microscopic capillary length and time scales from field infiltration. **Water Resources Research**, Washington, v. 23, n. 8, p. 1514-1522, 1987.

WOCHE, S. K. et al. Contact angle of soils as affected by depth texture and land management. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 56, n. 3, p. 239-251, 2005.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Soil Science and Plant Analysis**, V. 19. p. 1467-1476, 1988.