



UFRPE

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

Neura Mendes da Silva

**Manejo de Solo com Poliacrilamida em Tabuleiro costeiro
de Pernambuco**

Orientador: Dr. Brivaldo Almeida Gomes

Co-orientador: Dr. André Maciel Netto,

Dr. Wagner Luís da Silva Souza.

Recife, PE

Maio, 2019

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

Neura Mendes da Silva

Dinâmica da poliacrilamida em solo com caráter coeso

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, Área de Concentração: Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente.

Orientador: Dr. Brivaldo Almeida Gomes

Co-orientador: Dr. André Maciel Netto,

Dr. Wagner Luís da Silva Souza

Recife, PE

Maio, 2018

NEURA MENDES DA SILVA

Dinâmica da poliacrilamida em solo com caráter coeso

Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada em 30/05/2019

BANCA EXAMINADORA

Dr. Brivaldo Almeida Gomes
(Orientador)

Dr. Douglas Monteiro Calvalcante

Prof. Dr. Fernando Cartaxo Rolim Neto

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586m Silva, Neura Mendes da
Manejo do solo coeso com poliacrilamida em Tabuleiro costeiro
de Pernambuco / Neura Mendes da Silva. – 2019.
47 f. : il.

Orientador: Brivaldo Almeida Gomes.
Coorientador: André Maciel Netto; Wagner Luís da Silva Souza.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Ambiental, Recife, BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Tabuleiro Costeiro 2. Condicionante do solo 3. Física do solo
4. Itapetinga I. Gomes, Brivaldo Almeida, orient. II. Maciel Netto,
André, coorient. III. Souza, Wagner Luís da Silva,
coorient. IV. Título

CDD 628

”A ciência é muito mais do que um corpo de conhecimento. É uma maneira de pensar. E isso é fundamental para o nosso sucesso. **A ciência nos convida a aceitar os fatos, mesmo quando eles não estão de acordo com nossos preconceitos.** Ela nos aconselha a levar hipóteses alternativas em nossas cabeças e ver quais são as que melhor correspondem aos fatos. Impõe-nos um equilíbrio perfeito entre a abertura sem obstáculos a novas ideias, por mais heréticas que sejam, e o mais rigoroso escrutínio cético de tudo estabelecendo novas ideias e sabedoria. ”

Carl Sagan.

A minha Família

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

Todas as fases de nossas vidas são repletas de abdições, aprendizagem e acima de tudo agradecimento.

Aos que estão do meu lado desde sempre, minha família, aos meus pais pelo apoio incondicional, contribuindo substancialmente para que eu possa galgar degraus maiores na minha vida. Aos meus irmãos que sempre estiveram ao meu lado mesmo distante geograficamente, emanando energias positivas e muito amor. Ao meu companheiro Matheus pelo auxílio nas mais diversas esferas da minha vida, por suportar as tpm's conjugada com as preocupações, por aguçar meu melhor lado.

Aos que entram na minha vida recentemente, mas até parece que estiveram sempre ao meu lado.

Aos amigos de turma do PPEAMB, Zabele, Carol, Adalberto e em especial Ana Verna e Igor por ultrapassarem o limite de amizade chegando ao da irmandade.

Aos amigos que a pesquisa me apresentou, Aglair fonte de inspiração constante, aos "filhos de Brivaldo" por dividirem as preocupações e por todo auxílio, em especial a Marlon Talmo, Jardeson e Ana Paula. O técnico do laboratório de Física de Solo e amigo Eudes, pelas conversas e auxílio na pesquisa.

Ao meu orientador professor Brivaldo, por me apresentar de forma tão magnífica o estudo do solo, pela orientação, paciência e acima de tudo não desistir que eu me tornasse uma pesquisadora melhor. Aos meus co-orientadores Wagner e André Maciel, pela participação efetiva nesse trabalho. Quando se é prestando com conhecimento o presente se torna eterno. MUITO OBRIGADA.

A todos da Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFRPE, em especial à Walquiria, pelo exemplo de ética, profissionalismo e amizade, muito obrigada pelos conselhos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo espaço de conhecimento e formação tanto profissional quanto humana, em tempo truçulento, espero que a excelência dessa instituição não seja afetada, e que outras pessoas tenham acesso a esse espaço de transformação. À CAPES pela concessão da bolsa.

Aos não citados pelo esquecimento no momento em que escrevo este agradecimento, nem por isso menos importantes, aceitem além do muito obrigado, o meu pedido de desculpas.

Finalmente agradeço a Deus pela oportunidade de evolução espiritual nesse ciclo que se finda.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
2	REFERENCIALTEÓRICO	03
2.1	Solos de Tabuleiro Costeiro	03
2.2	Poliacrilamida PAM	04
2.3	Atributo Físico do solo usados para avaliação do caráter coeso	06
3	MATERIAIS E MÉTODOS.	09
3.1	Área experimental	09
3.2	Tratamento	11
3.3	Coleta das amostras	12
3.4	Análise granulométrica.....	12
3.5	Resistência tênsil de agregados (RT).....	12
3.7	Curva característica de retenção de água no solo (CCRA).....	13
3.8	Porosidade total do solo (Pt) e distribuição de tamanho de poros (DTP)	14
3.9	Condutividade Hidráulica	14
3.10	Análises estatísticas.....	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃ	17
4.1	Análise Granulométrica.	17
4.2	Curva característica de água no solo	21
4.3	Distribuição de poros.....	25
4.4	Condutividade hidráulica do solo (K)	27
4.5	Resistência tênsil de agregados (RT)	29
5	CONCLUSÃO.....	31
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.	32
	Anexo.....	37

RESUMO

O termo coeso é utilizado para definir, horizontes minerais subsuperficiais de solos que apresentam consistência dura, muito dura ou até extremamente dura, quando secos, friável e quando úmidos. Com o objetivo de se avaliar o comportamento da poliacrilamida (PAM), em solos com caráter coeso, o experimento foi desenvolvido em uma área de Tabuleiro Costeiro, em solo classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso epirredóxico, localizado na Estação Experimental de Itapirema- Goiana-PE. Os tratamentos consistiram na aplicação do polímero com dosagem de 0,25 g/L sob diferentes tempos de adoção, ministrada em 3 ciclos in situ em área de cultivo de cana de açúcar e mata secundária. Utilizando-se metodologias quantitativas com os seguintes parâmetros: curva característica de água no solo, da porosidade total, distribuição de poros no solo, resistência tênsil do agregado, condutividade hidráulica, granulometria, argila dispersa em água, grau de flocculação como metodologias quantitativa. As metodologias adotadas no presente trabalho evidenciaram à redução do caráter coeso do solo, bem como a percolação entre os horizontes, visto que ocorreram modificação no horizonte Bt a partir da aplicação da poliacrilamida. Sendo mais evidente nas curvas características de retenção de água e no grau de flocculação onde foram mais efetivas a percepção da presença do PAM.

PALAVRAS-CHAVE: Tabuleiro Costeiro, condicionante do solo, física do solo

ABSTRACT

The term cohesive is used to define the subsurface mineral horizons of soils that have a hard or very hard consistency when dry, friable and wet. Aiming to evaluate the behavior of polyacrylamide (MAP) in soils with the same nature Coeso, the experiment was carried out in a Coastal Board area, in a soil classified as Epirredoxic Distrisky Yellow Ultisol, located at Itapirema-Goiana-Experimental Station. PE. The treatments consisted of applying doses of 0.25 g / L at different application times, given in 3 cycles in situ in sugarcane cultivation area and secondary forest. Using quantitative methodologies with the following parameters: soil water characteristic curve, total porosity, soil particle distribution, soil resistance, hydraulic conductivity, particle size, water dispersed clay, flocculation degree as a quantitative methodology. The adopted methodologies do not present evidence of soil impact reduction, but rather as an approximation between the horizons, since the change in the Bt horizon occurred from the application of polyacrylamide. Being more evident in the water retention characteristics and without flocculation degree, the perception of the presence of MAP was more effective.

KEYWORDS: Coastal Board, Soil Conditioner, Soil Physics

1 INTRODUÇÃO

O termo coeso é utilizado para definir, horizontes pedogenéticos subsuperficiais de solos que apresentam consistência dura, muito dura ou até extremamente dura, quando secos, e friável e firme quando úmidos (EMBRAPA, 2018).

No Brasil, os solos coesos são normalmente encontrados em agroecossistema definidos como Tabuleiros Costeiros, onde estão distribuídos por quase toda a faixa litorânea, ocupando cerca de 20 milhões de hectares, abrangendo o estado do Amapá até o Rio de Janeiro. Algumas características como profundidade do solo, paisagem plana ou suavemente onduladas e pela proximidade a grandes centros consumidores, tornam essas áreas favoráveis à agricultura (BEZERRA et al., 2015; EMBRAPA, 2015).

As condições aparentemente favoráveis ao uso dos solos sob Tabuleiros Costeiros, tem como inviabilidade agrícola as camadas coesas de impedimento localizadas próximas à superfície do solo, promovem alterações no estado da água no solo, reduzindo sua disponibilidade às plantas, interferindo no manejo de irrigação, na frequência e lâminas de água a serem utilizadas. Além disso, a presença dessa camada coesa reduz a profundidade efetiva do solo, diminui a aeração e aumenta a resistência mecânica do solo à penetração do sistema radicular das plantas (CINTRA et al., 2007).

Apesar das condições desfavoráveis, as áreas de Tabuleiros Costeiros do Nordeste brasileiro sob solos coesos, vêm apresentando nas últimas décadas uma intensa transformação do ponto de vista de sua produção agrícola e agroindustrial, decorrente da diversificação de culturas.

Entretanto a falta de atualização tecnológica tem provocado impactos sobre os recursos naturais, refletindo na produtividade das culturas, especialmente na produção de cana-de-açúcar, promovendo mudanças significativas na condição socioeconômica e ambiental da região (CRUZ, 2017). As pesquisas com solos coesos, buscando alternativas para a redução desse caráter não estão restritas apenas ao Brasil (ALMEIDA, 2008; MELO et al., 2016), havendo também muita contribuição em outras partes do mundo, como na Nigéria (IGWE et al., 2018), Austrália (ISBELL, 2016; BRESSON e MORAN, 2004), Índia (SAHA et al., 2015;

KHAN et al., 2017), África do Sul (MANGO et al., 2017) e Canadá (KIMIAGHALAM et al., 2016).

Uma das alternativas pode ser o uso de condicionadores químicos de solos, com mais destaque ao uso de polímero à base de poliacrilamida (PAM). A PAM é um polímero aniônico de alto peso molecular, solúvel em água, com macromoléculas lineares de cadeia longa (ENTRY et al., 2007), formada por polimerização de monômeros de acrilamida, com baixa densidade de carga (GREEN & STOTT, 2001; ENTRY et al., 2007).

O uso de polímeros condicionadores de solo, em alguns sistemas edáficos, pode viabilizar e tornar a cadeia produtiva viável, diminuindo limitações hídrica desses solos. Esses materiais são substâncias insolúveis em água, com capacidade de absorver mais de cem vezes a sua própria massa em água, com tamanho de partículas variando de 1,0 a 3,0 mm³ na forma de grão quando hidratados. A adição de polímero ao solo otimiza a disponibilidade de água, reduz as perdas por percolação, lixiviação de nutrientes e a drenagem do solo, melhorando as propriedades físicas do solo (ALMEIDA, 2008; CHEN, 2016; MARCELO, 2016).

Pesquisas realizadas em solos coesos de Tabuleiro Costeiro têm comprovado que a PAM altera, positivamente, as propriedades físicas, químicas e biológicas desses solos, promovendo melhorias na aeração, na penetração de raiz e no movimento da água (ALMEIDA, 2008; MARCELO, 2016). Entretanto, a maioria das pesquisas tem como objetivo a redução da erosão hídrica dos solos coesos, fazendo o uso em campo para aumentar o seu grau de floculação. As demais pesquisas são normalmente realizadas em condições controladas, como casa de vegetação ou laboratório, onde os resultados gerados nem sempre podem ser replicados ou extrapolados para condição de campo. Desse modo, há poucas informações disponíveis na literatura sobre os reais efeitos do uso de PAM in situ na redução do caráter coesos desses solos.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi testar o uso do hidrogel a base de poliacrilamida (PAM), em condições de campo, na redução do caráter coeso solos sob cultivo de cana de açúcar e em mata secundária do Tabuleiro Costeiro de Pernambuco, levando-se em consideração as alterações dos atributos físicos do solo associada à interação da molécula de PAM no solo

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Solos de Tabuleiro Costeiro

O termo Tabuleiro Costeiro é uma referência a topografia predominante plana, do tipo tabula dissecada por vales profundos e encostas com forte declividade. Algumas áreas possuem relevo suavemente ondulado, a ondulado e até chega a ser fortemente ondulado, com elevações de topos planos (chãs) (JACOMINE, 2001).

Os solos dos Tabuleiros Costeiros no Brasil ocupam uma extensão que abrange desde o Amapá até o Rio de Janeiro (EMBRAPA, 2018). Essas áreas são de grande importância socioeconômica, devido à proximidade dos grandes centros urbanos. Nos Estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, o uso atual dominante é a cultura da cana-de-açúcar (LIMA NETO et al., 2009), onde a maioria dos solos é favorecida tanto pela topografia como pela textura média e profundidade adequada.

Os solos mais comuns que se desenvolveram nos Tabuleiros Costeiros são os Latossolos Amarelos, os Argissolos Amarelos, os Argissolos Acizentados, os Espodossolos, os Neossolos Litólicos, os Neossolos Quartzarênicos e os Plintossolos (UCHA, 2000; FORTUNATO, 2004; NUNES, 2011). No entanto, é comum se encontrar nos solos deste ambiente o horizonte coeso, o qual compreende um horizonte pedogenético, adensado, muito duro ou extremamente duro quando seco e normalmente friável quando úmido (JACOMINE et al., 2001).

A presença dos solos com características coesas dificulta a dinâmica da água no perfil e o seu armazenamento no solo. Além de diminuir o volume de exploração do solo pelas raízes provocando a redução na absorção de nutrientes e água pelas plantas, causado pelo adensamento natural dos solos de tabuleiros costeiros e agravados pelo uso intensivo de máquinas agrícolas pesadas no plantio, manejo e colheita da cultura. Estes fatores podem resultar em menor rendimento produtivo e menor longevidade dessa lavoura (PACHECO, 2010). Desta forma, novas tecnologias faz-se necessário para minimizar os efeitos nocivos da coesão do solo, como a aplicação de condicionantes no solo.

2.2 Poliacrilamida PAM

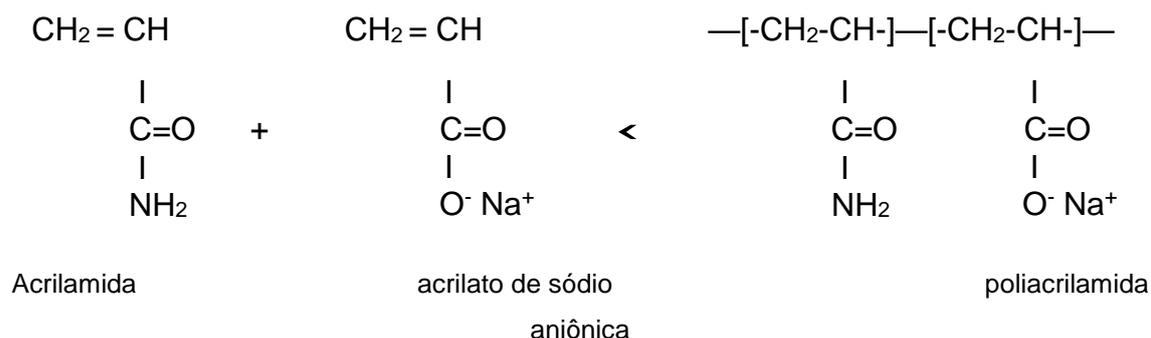
O estudo do hidrogel à base de poliacrilamida surgiu na década de 50, desenvolvido por uma empresa norte americana. Na década de 80, em diferentes centros de pesquisa, foram desenvolvidos novos tipos de polímeros com finalidades distintas. Essa nova geração de polímeros foi recomendada para utilização agrícola devido à sua capacidade de melhorar as propriedades físicas do solo, permitindo diferentes formas de aplicação (WALLACE et al., 1986; SOJKA et al., 1996).

A poliacrilamida é formada pelo processo de polimerização por adição e obtida a partir do petróleo, apresentando grupos carboxilatos agrupados à cadeia polimérica. Conforme Zhu et al. (2007), a presença de grupos carboxílicos aumenta a capacidade de hidroretenção do polímero em água, como também o volume hidrodinâmico da cadeia. Esse fato está diretamente relacionado à sua capacidade de hidroretenção.

Os polímeros de poliacrilamida podem ser solúveis ou insolúveis em água, dependendo de sua estrutura química. Os solúveis podem ser classificados como não-aniônicos, catiônicos ou aniônicos (BARVENIK, 1994; SOJKA e LENTZ, 1996).

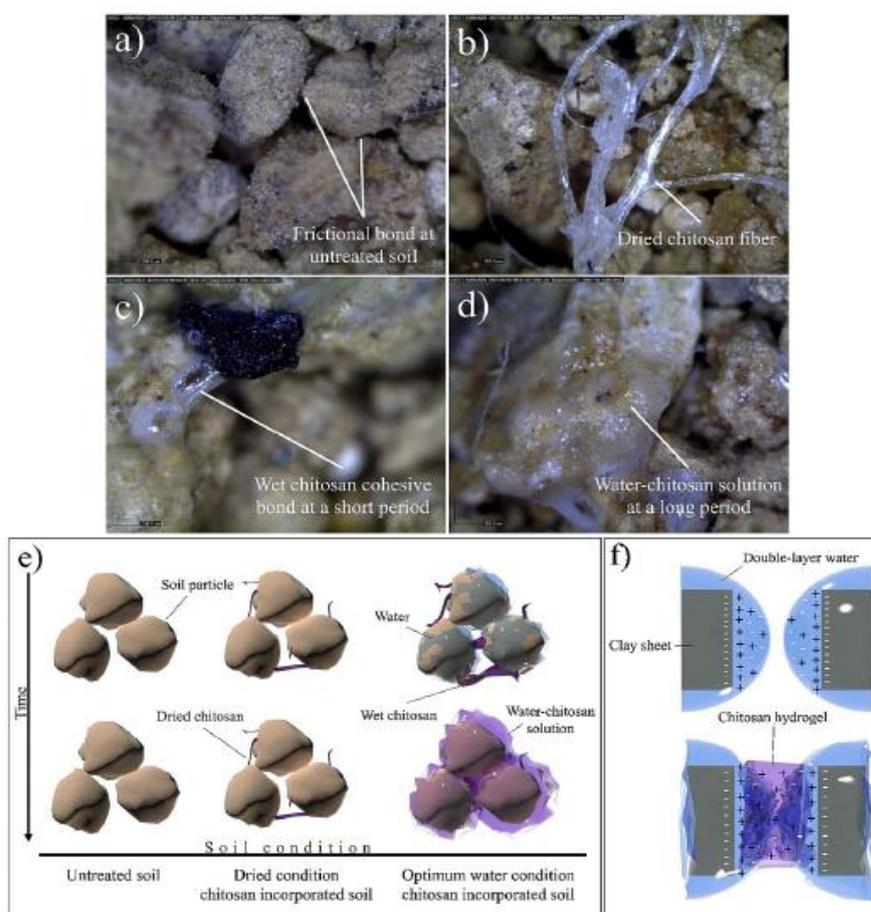
PAMs aniônicas, dentre as solúveis, são as que apresentam maior importância para a agricultura, sendo comumente produzidas pela copolimerização da acrilamida e de um ácido acrílico ou de um sal de ácido acrílico. Em PAMs aniônicas ocorre a substituição de um grupo amida (NH_2) pelo grupo funcional formado de sódio ($^-\text{ONa}^+$), na proporção de um para cada cinco monômeros; quando o cátion de sódio se dissocia na água sobra uma carga negativa no polímero. Apresentam, em média, 18% de cargas negativas (SOJKA et al., 1996). A estrutura química do polímero aniônico está representada na Figura 1:

Figura 1. Forma molecular da estrutura do polímero aniônico.



Os condicionadores solúveis em água passam por reações físico químicas com os constituintes do solo, especialmente com a fração argila. A figura 2 apresenta a imagem ótica do biopolímero na argila, onde Hataf et al. (2018) analisaram a reação do biopolímero de quitosana a partir de resíduos de casca de camarão via imagem. Os resultados mostram que a incorporação tem potencial para aumenta interação inter partícula, porem dependente fortemente do tempo de contato entre o polímero e o solo.

Figura 2. Imagem ótica do biopolímero na argila (Fonte: HATAF et al. 2018).



a) partícula de solo não tratado; b) solo incorporado a biopolímero de quitosana; c) solo em contato ao biopolímero a curto espaço de tempo; d) solo incorporado a longo prazo; e) diagrama esquelético da argila em médio escala f) diagrama esquelético em micro escala

PAM é um potente floculante que efetivamente retém quase todo material do tamanho de argila. A floculação reduz a quantidade de partículas finas que obstruem os poros do solo e fazem decrescer a taxa de infiltração de água. Devido

à flocculação das argilas, o PAM aniônico solúvel pode controlar a erosão do solo, causada pela irrigação por sulcos, reduzindo, significativamente, a quantidade de sedimentos carregados por enxurradas para os cursos d'água (SOJKA et al., 1996). Este polímero reduz, também, o encrostamento e o selamento superficial (NIMAH et al., 1983; SHAINBERG et al., 1990), melhora a agregação do solo, a estabilidade dos agregados em água e reduz a dispersão de argilas em água (ZAHOW et al., 1992).

2.3 Atributos Físicos do solo usados para avaliação do caráter coeso

Nenhum indicador, individualmente, conseguirá descrever e quantificar os aspectos gerados por manejos realizados no solo, devendo haver relação entre o conceito dos atributos que justifiquem a escolha de certos indicadores. Os critérios para seleção de indicadores estão relacionados com os principais objetivos determinantes da pesquisa junto ao ecossistema (JONG VAN LIER et al., 2010). Ingaramo (2003), cita algumas das principais propriedades e fatores físicos considerados adequados para descrever aspectos sobre a condição do solo, sendo elas, curva característica de água no solo, porosidade total e distribuição dos poros, condutividade hidráulica, resistência tênsil do agregado, grau de flocculação, dentre outros.

A condutividade hidráulica está relacionada aos atributos do solo como: a porosidade total; distribuição dos poros e sua forma; bem como as substâncias que podem afetar a viscosidade da água (HILLEL, 1971).

A curva de retenção de água no solo fornece informações para o cálculo da quantidade de água que determinado solo é capaz de armazenar e deixar disponível para as plantas. A água disponível para as plantas é aquela compreendida entre a capacidade de campo e o Ponto de Murchamento Permanente. A Capacidade de Campo de um solo corresponde à umidade na qual o movimento vertical descendente de água praticamente cessa. Seu valor pode ser determinado em laboratório, aplicando-se pressões de 0,01 MPa para solos de textura grossa e 0,03 MPa para solos de textura fina. Considera-se que a água retida com potencial matricial superior ao valor de capacidade de campo percola

para as camadas abaixo do sistema radicular e não é utilizada pelas plantas e que, em geral, a água retida no solo com potencial matricial inferior a $-1,5$ MPa, correspondente ao ponto de murchamento permanente, é considerada indisponível para as plantas por ser de difícil extração (RICHARDS, 1949; GARDNER, 1958; VAN GENUCHTEN, 1980; FREDLUND & XING, 1994; VANAPALLI et al., 1998)

A melhoria das características físicas do solo, visando o aumento da capacidade de retenção de água, é uma das dificuldades da Física de Solos. As tentativas para solucionar este problema incluem o uso de condicionadores de solos.

O solo é composto por partículas minerais e orgânicas intimamente associadas, preservando entre si espaços não ocupados pelas partes sólidas, que compõem a porosidade do solo. Os poros geralmente são classificados em microporos e macroporos (KIEHL, 1979). Richards (1965) e USDA (1972) classificam em macroporos os poros com diâmetro maior que 0,05 mm e microporos os com diâmetro menor que 0,05 mm. Outros autores incluem na classificação os mesoporos, microporos e criptoporos (PREVEDELLO, 1996; LIBARDI, 2002), sendo esta uma classe intermediária, com diâmetro entre 0,03 e 0,10 mm (EMBRAPA, 2017).

Tratando-se dos atributos físicos do solo, a condutividade hidráulica (K) é uma das avaliações que contribui de forma significativa ao entendimento do movimento da água no solo. Está diretamente associada à sua porosidade, sendo quantificada considerando os vazios interconectados pelos quais a água pode fluir de pontos de alta energia para pontos de baixa energia. A K pode ser obtida por métodos diretos e indiretos, a partir de ensaios em campo, um dos métodos mais utilizados é o do permeâmetro de Guelph, ou em laboratório via permeâmetros de carga constante e os de carga decrescente. A determinação do melhor método a ser aplicado vai depender das características do solo e finalidades da pesquisa (LIBARDI et al., 1999; FONTANA et al., 2016; MELO et al., 2018).

A agregação do solo é dependente das suas características químicas, físicas e mineralógicas. A quantidade de argila e a composição química do solo, associados ao seu uso e manejo, podem interferir no mecanismo de agregação, influenciando na aeração, infiltração e retenção de água no solo e resistência do solo à penetração mecânica. A fração argila do solo ao se unir com partículas

maiores formam um conjunto mecanicamente estável, além de ser a fração de maior atuação na área da superfície das partículas mesmo em solos arenosos (CZYŻ et al., 2015). As partículas de argila em contato com a água tendem a se dispersar ou flocular. A floculação ocorre devido à união das partículas formando microagregados maiores, porém a dispersão desagrega as partículas em suspensão devido a sua carga elétrica. Assim, solos com boa estabilidade de agregados são os que tem o grau de floculação maior, portanto, estáveis em água, já os dispersantes são instáveis em água ocorrendo assim a baixa estabilidade de agregados.

A dispersão da argila é um efeito da baixa estabilidade do solo em água, podendo contribuir para a erodibilidade do solo (BOARDMAN, 2010). Esta dispersibilidade da argila faz com que o solo fique duro e resistente em estado seco, como consequência da cimentação (KAY et al., 1990).

A argila dispersa em água é determinada pela análise granulométrica e através da dispersividade é possível constatar a estabilidade de agregados e a susceptibilidade do solo a processos erosivos. Quanto maior a dispersão de argila em água, menor será a estabilidade de agregados e a resistência do solo aos processamentos de degradação (GROHMANN et al., 1977; LIMA et al., 1990).

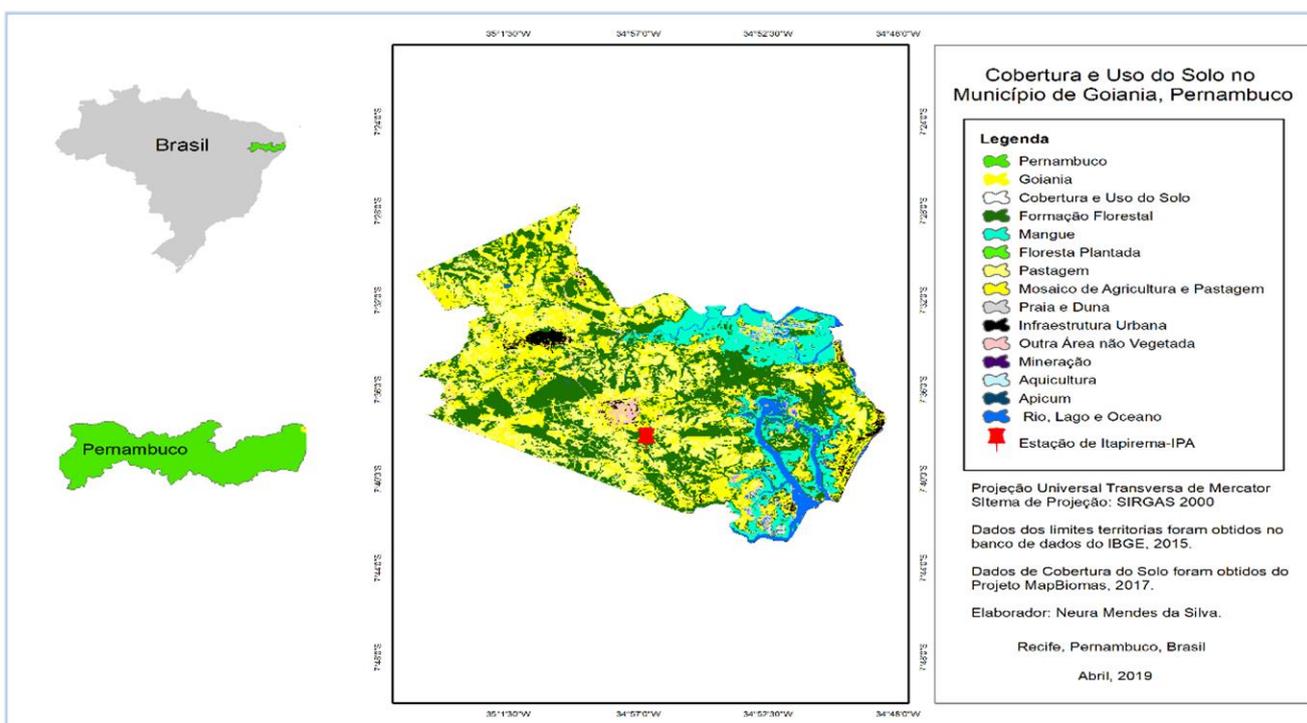
A resistência tênsil de agregados de solos (RT) é definida como a força, de compressão ou de tração, por unidade de área requerida para que o agregado se rompa (DEXTER et al., 2000). Do mesmo modo como apresentado para a curva característica de retenção de água dos solos (CCRAS), a RT reflete a distribuição de tamanho de poros, apresentando maiores valores quando da predominância de poros pequenos (ou solos compactados), sendo os menores valores relacionados a solos com estrutura mais preservada. A K pode ser obtida a partir de ensaios em campo ou em laboratório. Na sua determinação são aplicados métodos diretos e indiretos, e sua escolha dependerá das condições e finalidades da pesquisa (MARQUES et al., 2008).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido no estado de Pernambuco, na estação experimental de Itapirema pertencente ao Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), no município de Goiana (Figura 3), Zona da Mata Norte definido como solo de Tabuleiro Costeiro. O local é objeto de estudo desde 1960, estando bem referenciando como solo coeso, classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso epi-redoxico (AAD_{ITA}).

Figura 3. Mapa de localização da Estação de Itapirema - Goiana-PE



Foram selecionadas duas áreas distintas pela cobertura vegetal, uma atualmente cultivada com cana de açúcar e outra de mata secundária. Estas duas áreas foram subdivididas em 12 subáreas e identificado na Figura 4 a seguir.

Figura 4. Localização das áreas de estudo e distribuição das subáreas. Fonte: Adaptação a partir do Google Earth, 2018

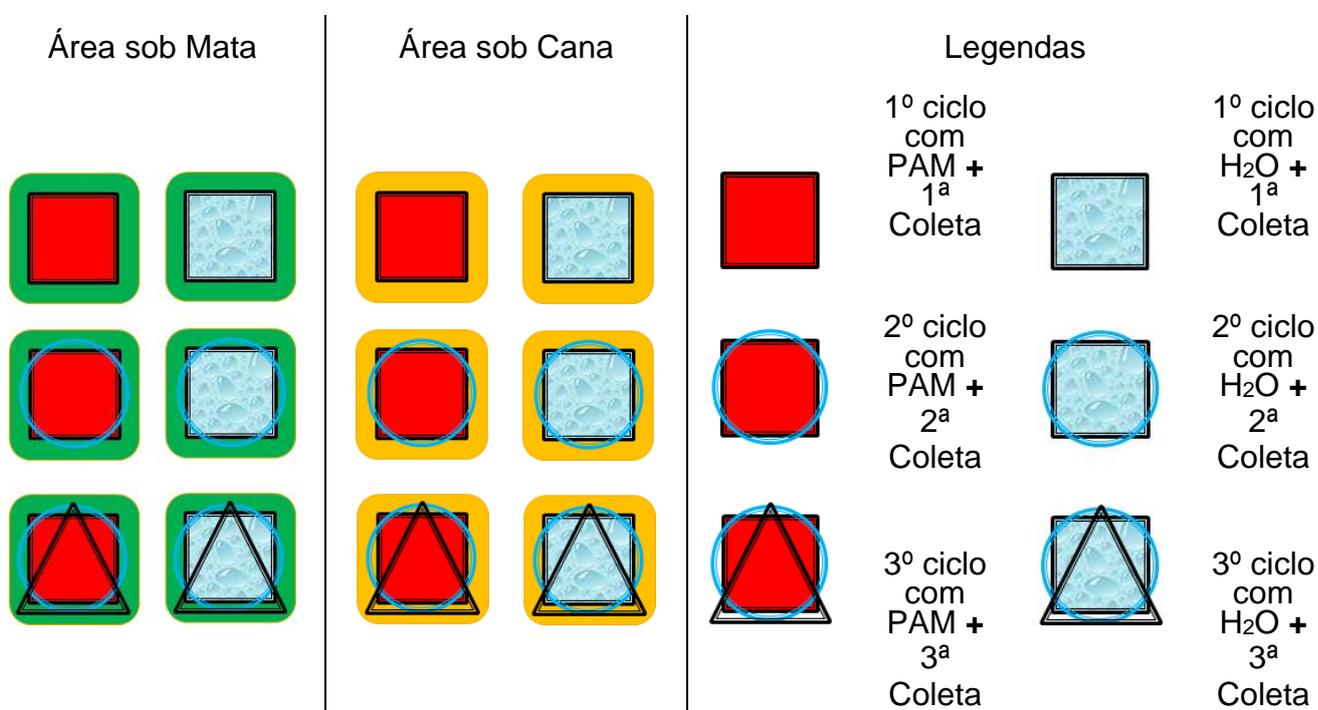


3.2 Tratamentos

O tratamento foi desenvolvido em 12 subáreas com 2,25 m² cada, sendo 6 em plantio cana de açúcar e 6 em mata secundária. Em cada área de estudo, 3 subáreas foram selecionadas aleatoriamente para aplicação do polímero e 3 para aplicação de água (controle).

O polímero foi inicialmente diluído em água na concentração de 0,25 g/L. Posteriormente realizou-se a aplicação da solução no solo em campo em 3 ciclos contínuos. No ciclo 1 foram aplicados 9 litros do condicionante, no ciclo 2 e 3 foram aplicados 18 e 27 litros, respectivamente. Entre cada aplicação foi feito um intervalo mínimo de 4 dias para nova aplicação, finalizando cada ciclo com a coleta. Nas áreas controle foram aplicados o mesmo volume de água sem o polímero e no mesmo intervalo de tempo dos ciclos 1, 2 e 3. A Figura 5 ilustra os procedimentos de aplicação dos tratamentos e respectiva amostragem dos solos.

Figura 5. Design experimental para aplicação dos tratamentos (ciclo 1; ciclo 2 e ciclo 3 nas áreas sob mata e cultivo de cana-de-açúcar), com esquema das coletas dos solos (com e sem PAM).



3.3 Coleta das amostras

As amostras foram coletadas nas 12 subáreas, em 3 horizontes, A, E e Bt, em duas formas distintas, deformada e indeformada. As amostras foram acondicionadas em caixa de isopor envolvidas com plástico filme e bolha com o intuito de conservar e preservar ao máximo a estrutura do solo. Conduzidas ao Laboratório de Física do Solo - UFRPE, as amostras foram submetidas a procedimentos prévios; destorroamento das amostras deformada, e limpeza conhecida como toalete dos anéis volumétricos (amostra indeformada), a fim de proporcionar, igualmente, a distribuição do solo pelo anel volumétrico. Em seguida foram armazenadas para realização das futuras análises laboratoriais.

3.4 Análise granulométrica

A análise granulométrica dos solos foi realizada pelo método do densímetro, onde 50 g das amostras (com polímero e o controle) sob dispersante (Calgon = Hexametáfosfato de Sódio + Carbonato de Sódio = 0,25 L) e 250 mL de água foram submetidas ao agitador tipo Wagner por 16 horas, transferida para proveta de 1L, até o volume de 0,94 L, agitando-se manualmente com haste e permanecendo em repouso por 24 horas (ALMEIDA, 2008). Após esse período, foram realizadas as leituras do material em suspensão com o uso do densímetro de Bouyoucos, além da leitura do branco (apenas dispersante).

Em seguida, utilizou-se a peneira de 0,053 mm para retenção e determinação da fração areia total, colocadas na estufa à 105°C por 24 horas. A argila dispersa em água (ADA) foi determinada do mesmo modo que a fração argila total (AT), exceto pela ausência do dispersante químico. Com os dados da AT e ADA, foi calculado o grau de floculação (GF), conforme equação (1).

$$GF_{\%} = \left(\frac{AT-ADA}{AT} \right) X 100 \quad (1)$$

3.5 Resistência tênsil de agregados (RT)

As amostras destinadas aos ensaios de RT foram obtidas por tamisação à seco, utilizando-se peneiras com abertura de malha entre 20 e 25 mm, sugerido por Imhoff et al. (2002), a partir das amostras de torrões.

Para a análise foram utilizados uma média de 50 agregados por horizonte, o ensaio foi realizado por meio de tensão indireta utilizando-se um penetrometro de bancada. Sendo assim, a RT, expressa em kPa, foi calculada, conforme Dexter e Kroesbergen (1985), pelo uso da equação (2).

$$Rt = 0,576 \left(\frac{F}{D^2 e} \right) \quad (2)$$

em que 0,576 é o valor da constante de proporcionalidade da relação entre a força compressiva aplicada e a resistência tênsil gerada no interior do agregado; F é a força máxima aplicada para ruptura do agregado (N), e De é o diâmetro efetivo (m), calculado conforme proposto em Watts e Dexter (1998), usando a equação (3).

$$D_m = D_m \left(\frac{M_i}{M_o} \right)^{0,33333} \quad (3)$$

Sendo: Dm o diâmetro médio do agregado (m), obtido pela média aritmética das malhas das peneiras usadas na sua separação, neste caso, 0,0222 m [(0,019+0,0254)/2]; Mi é a massa do agregado individual (g); e Mo é a massa média dos agregados (g).

3.7 curva característica de retenção de água no solo (CCRA)

O método utilizado para obtenção CCRA foi por dessorção (secamento) de amostra indeformada via anel volumétrico. Após a saturação por capilaridade, as amostras tiveram a umidade estabilizada em 6 potenciais matriciais 1, 6 e 10 kPa (via mesa de tensão) 333, 3000 e 1500 kPa (via câmara Richards).

Os dados foram ajustados ao modelo proposto por Van Genuchten (1980), descrito na equação 4, que associa os valores de umidade obtido no equilíbrio com os respectivos potenciais. Para obtenção foi utilizado utilizando-se o software RETC (Retention Curve).

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha \psi)^n]^{\frac{m}{n}}} \quad (4)$$

3.8 Porosidade total do solo (P_t) e distribuição de tamanho de poros (DTP)

A partir dos dados obtidos para elaboração da CCRA, foi determinado DTP, calculando-se inicialmente a P . Assim, a partir da saturação da amostra, foi possível determinar a P ($m^3 m^{-3}$), calculada pelo emprego da equação (5).

$$P_t = \frac{V_{poros}}{V_t} \quad (5)$$

em que: V_{poros} é o volume de poros do solo, aqui assumido como o volume de água contido nos poros do solo saturado (V_{sat}), obtido pela diferença entre o peso do conjunto anel-solo saturado e anel-solo seco à 105 °C (m^3), V_t é o volume do solo, obtido a partir do volume do anel volumétrico.

Para distribuição de tamanho de poros foi usada a classificação de Prevedello (1996), para os poros com raios menores 0,1 μm foi utilizada a classificação de Klein e Libardi (2002), que denominaram estes poros de criptoporos. Seguindo tais classificações e usando a equação de capilaridade ($raio_{poro} = 2 \sigma \cos\alpha / g Da \Psi$), a macroporosidade foi obtida após equilíbrio do conjunto anel-amostra na tensão de 1 kPa, conforme equação (6).

$$Macro = \frac{V_{macro}}{V_t} \quad (6)$$

em que: Macro = macroporosidade, expressa em $m^3 m^{-3}$; V_{macro} é o volume de macroporos, obtido pela diferença de peso entre o solo saturado e o solo equilibrado na tensão de 1 kPa, convertendo peso em volume, pela divisão pela densidade da água (Da); V_t , é o volume do solo, obtido pelo volume do anel volumétrico, expresso em m^3 .

Depois de equilibrada a tensão de 1 kPa, a mesoporosidade foi obtida na sequência, após aplicação e equilíbrio de tensão correspondente a 6 kPa, e calculada seguindo a equação (7).

$$Meso = \frac{[(\text{Peso do solo equilibrada á 1 kPa} - \text{peso do solo equilibrada á 6 kPa}) / Da]}{V_t} \quad (7)$$

em que: Meso = mesoporosidade, expressa em $m^3 m^{-3}$; V_{meso} é o volume de mesoporos, obtido pela diferença entre o solo equilibrado à 1 kPa e a 6 kPa, convertendo peso em volume, pela divisão pela densidade da água (Da).

A microporosidade foi obtida após subtração do peso do conjunto anel-solo equilibrados a 6 kPa e 1500 kPa, conforme equação (8).

$$Micro = \frac{V_{micro}}{V_T} = \frac{(Peso\ equilibrado\ á\ 6kPa - Peso\ equilibrado\ á\ 1500kPa)/Da}{V_t} \quad (8)$$

em que: Micro = microporosidade, expressa em $m^3 m^{-3}$; V_{micro} é o volume de microporos, obtido pela diferença entre o solo equilibrado à 6 kPa e a 1500 kPa, convertendo peso em volume, pela divisão pela densidade da água (Da).

3.9 Condutividade Hidráulica

A condutividade Hidráulica foi mensurada via permeâmetro de Guelph, que consiste em efetuar medições de permeabilidade no perfil do solo por meio de fornecimento de água, mantendo-se uma carga hidráulica constante e conhecida. A carga hidráulica (H) utilizada nos ensaios em campo foi de 6 cm, nos horizontes, A, E e Bt.

Para quantificação dos dados foi utilizado o método desenvolvido por Reynolds e Elrick (1986), baseado na equação para fluxo de água permanente no solo, a partir de um furo cilíndrico no solo. O fluxo permanente é aproximado por uma equação onde a vazão (Q) é determinada pela equação (9).

$$Q = R \times A \quad (9)$$

onde: Q é a vazão do regime permanente ($cm^3 min^{-1}$); R é a razão da vazão constante obtida durante os ensaios ($cm min^{-1}$); e A é a área do reservatório do permeâmetro utilizado (cm^2).

Segundo Zhang et al. (1998), os fatores de forma C dependem, não apenas da relação carga aplicada (h) pelo raio do orifício aberto pelo trado no solo (a), isto é, h/a, mas também da textura do solo. Portanto, é necessária a utilização de uma equação específica para cada tipo de solo. No caso do solo usados nesta pesquisa o fator de forma (C) foi calculado pela equação (10).

$$C = \left(\frac{h/a}{2,074 + 0,093(h/a)} \right)^{0,754} \quad (10)$$

onde: C é o fator de forma; h a carga hidráulica aplicada (cm); e “a” é o raio do orifício aberto pelo trado no solo (cm).

Para determinar os parâmetros correspondentes à infiltração dos solos analisados, foi utilizado o método de uma carga hidráulica, conforme sugerem Elrick et al. (1989). Este método consiste em aplicar uma altura de carga hidráulica (h) constante e, quando o regime permanente é atingido, a condutividade hidráulica de campo (Kfs) é determinada, usando para isto a equação (11).

$$K_{sat} = \frac{CxQ}{2\pi h^2 + \pi a^2 C + 2\pi \left(\frac{h}{\alpha}\right)} \quad (11)$$

onde: Kfs é expressa em cm min^{-1} ; C é o fator de forma (cm); Q é a vazão do regime permanente ($\text{cm}^3 \text{min}^{-1}$); h a carga hidráulica aplicada (cm); “a” o raio do orifício aberto pelo trado no solo (cm); e α é um parâmetro da equação estimado a partir das características edáficas, dependendo da textura e tipo de solo trabalhado, expresso em cm.

3.10 Análises estatísticas

A análise estatística das variáveis independentes foi conduzida por three-way ANOVA, seguida pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, em caso de significância. Os dados foram analisados com o software estatístico para Microsoft Excel XLSTAT, versão 2018.5 (ADDINSOFT, 2018). Para construção CCRAS, usou-se planilha Microsoft do Excel e o software RETC.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise Granulométrica

Os solos analisados apresentaram frações granulométricas com valores compatíveis com a classe do solo em estudo (Argissolo Amarelo Distrocoeso epiirredóxico). Estes valores (Tabela 1) são semelhantes aos encontrados em outros trabalhos realizados em solos de Tabuleiro Costeiro (ANDRADE 2014, MARCELO 2015, ARAÚJO 2018).

Com relação à interação entre as frações granulométricas dos solos sob tratamento com e sem PAM e sistemas cana e mata, pode-se observar, que em geral a argila dispersa em água (ADA) e o grau de floculação (GF) foram os atributos mais significativos ($Pr > 0,05$) (Apêndice 1).

Na Figura 6 estão expostos os resultados de argila dispersa em água e grau de floculação dos horizontes estudados, observa-se que o polímero teve influência direta sobre o comportamento desses atributos, demonstrando uma maior sensibilidade para quantificá-la.

Figura 6. Comparação entre médias do argila dispersa em água (ADA) e o grau de floculação (GF) do Argissolo Amarelo Distrocoeso epiirredóxico localizado na Estação Experimental de Itapirema- Goiana-PE

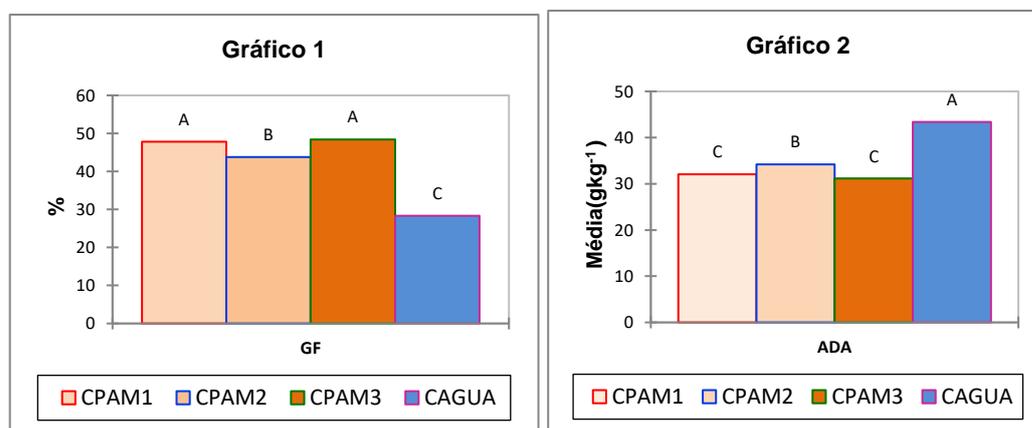


Gráfico 1: horizonte A; grau de floculação (GF) das amostras de solos sob plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de polímero CPAM1 (cana com polímero ciclo 1), CPAM2 (cana com polímero ciclo 2), CPAM3 (cana com polímero ciclo 3). Gráfico 2: horizonte A; Argila dispersa em água (ADA) das amostras de solos sob plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de polímero CPAM1 (cana com polímero ciclo 1), CPAM2 (cana com polímero ciclo 2), CPAM3 (cana com polímero ciclo 3), CAGUA (cana com água) Letras maiúsculas idênticas no gráfico não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Figura 6. Comparação entre médias argila dispersa em água (ADA) e o grau de floculação (GF) do Argissolo Amarelo Distrocoeso epirodóxico localizado na Estação Experimental de Itapirema- Goiana-PE

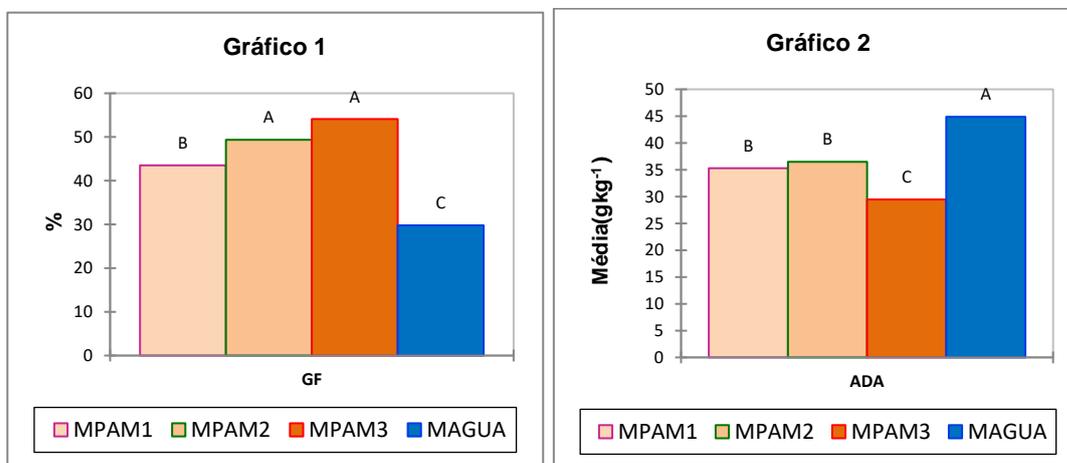


Gráfico 1: horizonte A; grau de floculação (GF) das amostras de solos sob vegetação de mata com aplicação de polímero MPAM1 (mata com polímero ciclo 1), MPAM2 (mata com polímero ciclo 2), MPAM3 (mata com polímero ciclo 3). Gráfico 2: horizonte A; Argila dispersa em água (ADA) das amostras de solos sob plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de polímero MPAM1 (mata com polímero ciclo 1), MPAM2 (mata com polímero ciclo 2), MPAM3 (mata com polímero ciclo 3), MAGUA (mata com água). Letras maiúsculas idênticas no gráfico não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

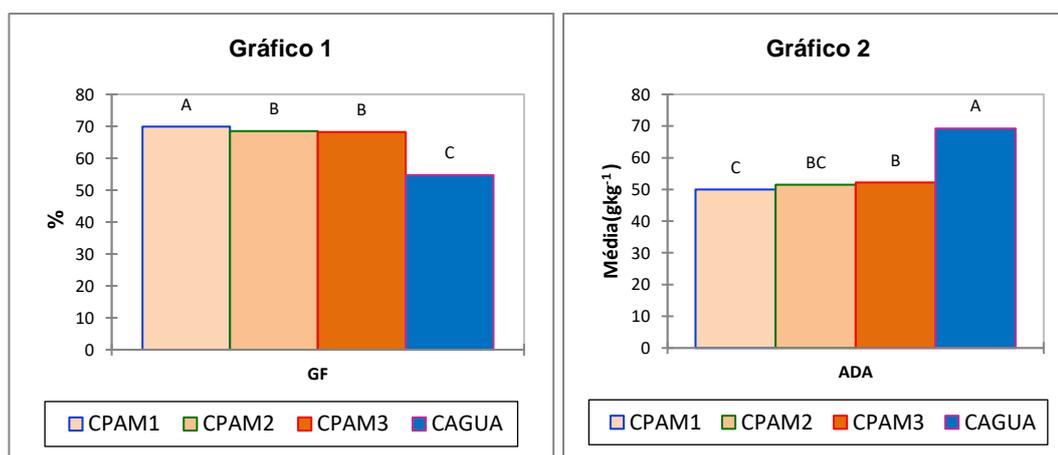


Gráfico 1: horizonte E; grau de floculação (GF) das amostras de solos sob plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de polímero CPAM1 (cana com polímero ciclo 1), CPAM2 (cana com polímero ciclo 2), CPAM3 (cana com polímero ciclo 3). Gráfico 2: horizonte A; Argila dispersa em água (ADA) das amostras de solos sob plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de polímero CPAM1 (cana com polímero ciclo 1), CPAM2 (cana com polímero ciclo 2), CPAM3 (cana com polímero ciclo 3), CAGUA (cana com água). Letras maiúsculas idênticas no gráfico não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

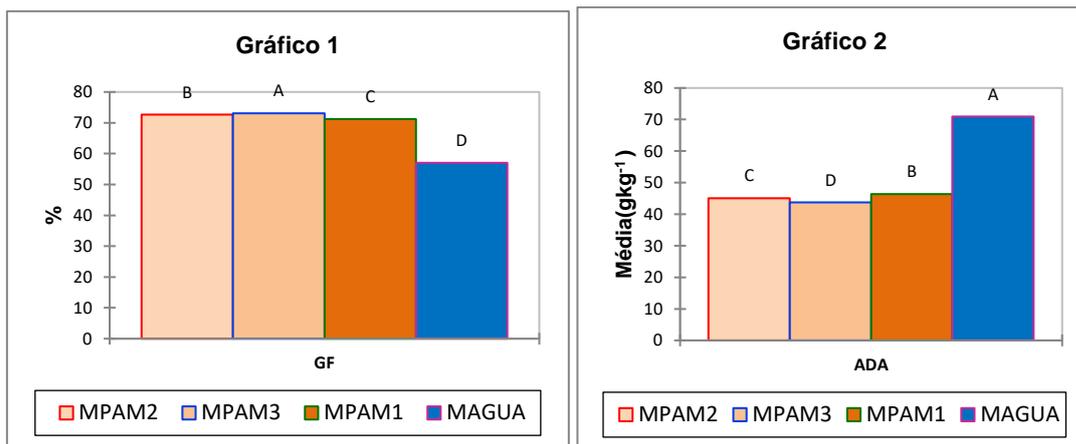


Gráfico 1: horizonte E; grau de floculação (GF) das amostras de solos sob vegetação de mata com aplicação de polímero MPAM1 (mata com polímero ciclo 1), MPAM2 (mata com polímero ciclo 2), MPAM3 (mata com polímero ciclo 3). Gráfico 2: horizonte A; Argila dispersa em água (ADA) das amostras de solos sob plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de polímero MPAM1 (mata com polímero ciclo 1), MPAM2 (mata com polímero ciclo 2), MPAM3 (mata com polímero ciclo 3), MAGUA (mata com água). Letras maiúsculas idênticas no gráfico não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

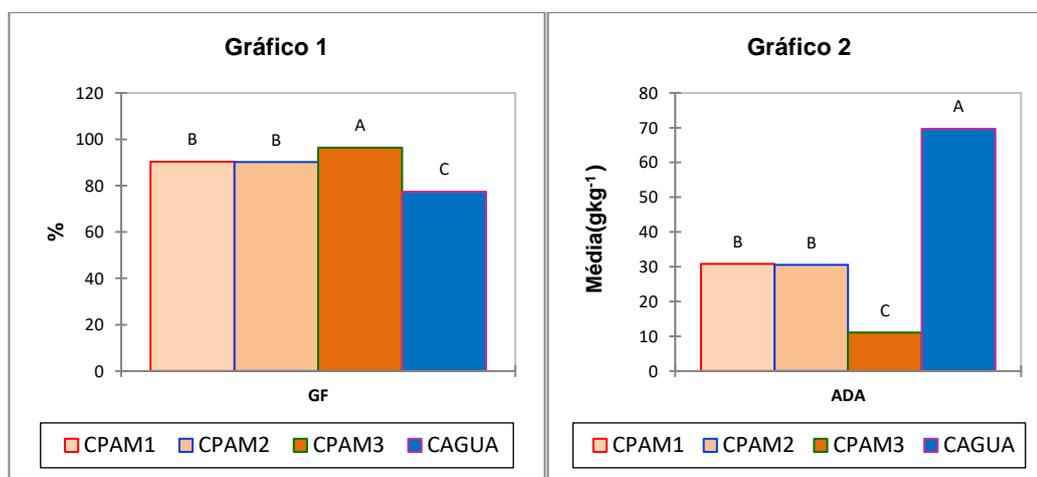


Gráfico 1: horizonte Bt; grau de floculação (GF) das amostras de solos sob plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de polímero CPAM1 (cana com polímero ciclo 1), CPAM2 (cana com polímero ciclo 2), CPAM3 (cana com polímero ciclo 3). Gráfico 2: horizonte A; Argila dispersa em água (ADA) das amostras de solos sob plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de polímero CPAM1 (cana com polímero ciclo 1), CPAM2 (cana com polímero ciclo 2), CPAM3 (cana com polímero ciclo 3), CAGUA (cana com água). Letras maiúsculas idênticas no gráfico não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

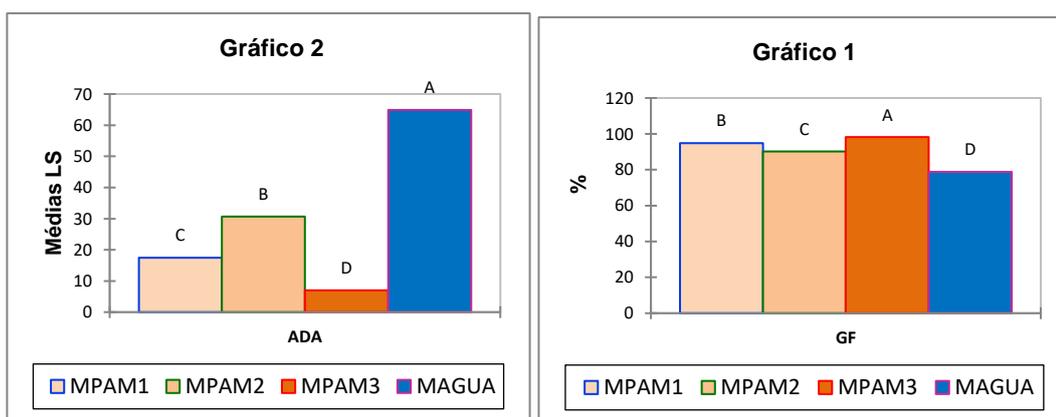


Gráfico 1: horizonte Bt; grau de flocculação (GF) das amostras de solos sob vegetação de mata com aplicação de polímero MPAM1 (mata com polímero ciclo 1), MPAM2 (mata com polímero ciclo 2), MPAM3 (mata com polímero ciclo 3). Gráfico 2: horizonte A; Argila dispersa em água (ADA) das amostras de solos sob plantio de cana-de-açúcar, com aplicação de polímero MPAM1 (mata com polímero ciclo 1), MPAM2 (mata com polímero ciclo 2), MPAM3 (mata com polímero ciclo 3), MAGUA (mata com água). Letras maiúsculas idênticas no gráfico não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade.

Quando quantificado a argila dispersa em água (ADA) e o grau de flocculação (GF) no horizonte A, E e Bt nota-se que houve uma redução na ADA e um aumento no GF quanto comprado o sistema (cana e mata). A poliacrilamida promove redução da argila dispersa na água e conseqüentemente aumento o grau de flocculação, devido a reorganização das partículas do solo.

O revestimento das partículas aniônicas do polímero liga-se aos constituintes do solo carregados negativamente por pontes catiônicas trocáveis (TAN et al., 2016). Esse comportamento é consolidado ao comparar os diferentes tratamentos (Água e PAM) no experimento. Em todos os ciclos foi perceptível um aumento do grau de flocculação, ressaltando para os valores no horizonte Bt, onde ocorreu os maiores valores com o tratamento com polímero, demonstrando que a partícula aniônica percolou.

As diferenças existentes entre os sistemas mata e cana estão atreladas ao estado de qualidade estrutural do solo, avaliada neste tópico pelos dados de argila dispersa naturalmente e grau de flocculação, atributos que apresentaram interações entre si no horizonte E .

O comportamento do condicionante no horizonte E, redução do ADA e aumento do GD consolida a teoria de como ocorre a ação entre PAM e o solo. Demonstrando que ocorreu percolação do horizonte A para o horizonte E.

Nesse sentido, Bedaiwy et al. (2018) utilizaram a borra de café como condicionador do solo e constataram um aumento no grau de floculação da argila 15% maior que o controle em solos calcáreo e argilosos. Mamedov et al. (2017b) analisaram a redução da erosão do solo com a utilização da poliacrilamida, encontrando dados que constatou a eficiência do condicionante na floculação da argila.

4.2 curva característica de água no solo

As Figuras 7, 8 e 9 ilustram os efeitos dos ciclos de aplicação do polímero à base de poliacrilamida (PAM) aos solos com caráter coeso da Estação Experimental de Itapirema, cultivados com cana-de-açúcar, inserida no ecossistema denominado de Tabuleiros Costeiros, em Goiana-PE. Nota-se que a adição de PAM, realizada de modo progressivo, via ciclos de aplicação (ciclos 1, 2 e 3), promoveu a atenuação do caráter coeso dos solos, comprovada pelos resultados dos atributos físico-hídricos dos solos que avaliam a sua qualidade estrutural, dentre eles, a curva característica de retenção de água dos solos (CCRAS).

As CCRAS mostram que o horizonte Ap, em relação aos E e Bw, tem maior porosidade total (P), provavelmente devido ao maior aporte de material orgânico na superfície, aliado ao maior revolvimento desse horizonte promovido pelo manejo da área (gradagem). Com relação à aplicação de PAM e seus efeitos na P e distribuição dos tamanhos de poros (macro, meso e microporos) no horizonte Ap, observa-se que, com o primeiro ciclo de aplicação (ciclo 1), houve uma redução da P em referência ao controle, acompanhada pela diminuição de poros responsáveis pela drenagem, como os macroporos, que perdem água sob ação da gravidade entre os potenciais (Ψ) 0 cca e 10 cca (como indicado pela seta azul tracejada na Figura 1) e mesoporos de maior diâmetro (poros que perdem água entre 10 e 30 cca), limites indicados entre as setas azul e vermelha. Este fato pode ser explicado devido à ação do PAM em reorganizar, primeiramente, a porosidade inter-agregados, aumentando a sua estabilidade, mas reduzindo os espaços entre estruturas (redução de poros estruturais, como macro e mesoporos). Entretanto, com a continuidade das aplicações (ciclos 2 e 3), nota-se que a P aumentou, com uma melhor distribuição dos tamanhos dos poros, com melhores resultados, no geral, para o ciclo 3.

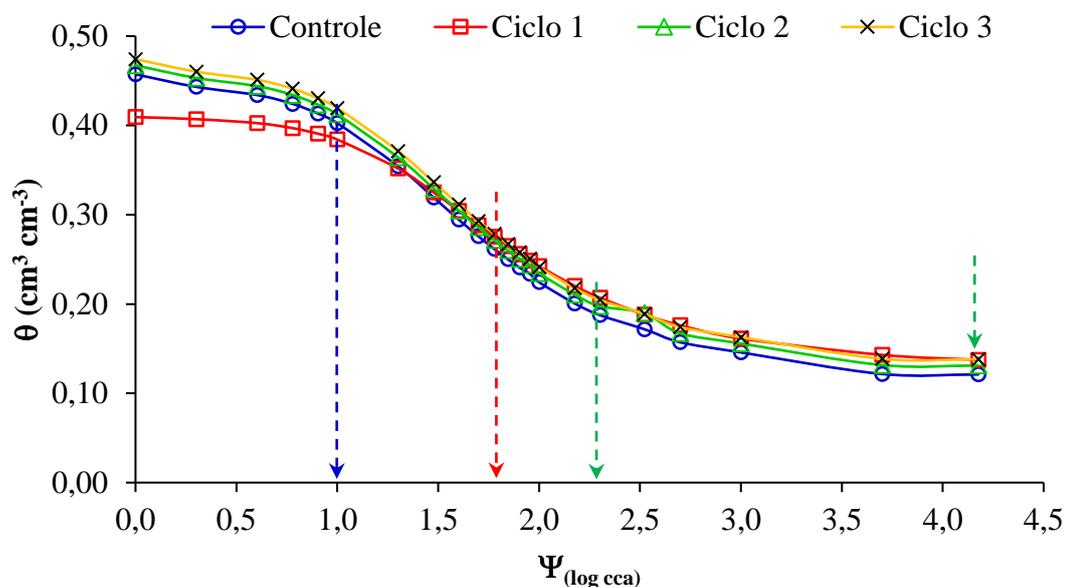


Figura 7. Curva característica de retenção de água dos solos sob cana-de-açúcar; dados dos horizontes Ap das subáreas: controle (com água); Ciclo 1 (1ª aplicação de PAM); Ciclo 2 (2ª aplicação de PAM); Ciclo 3 (3ª aplicação de PAM).

Com base no comportamento das CCRAS referentes ao horizonte Ap (Figura 1), pode-se concluir que o maior efeito da aplicação de PAM neste horizonte superficial foi a melhoria da sua drenagem, mais eficiente a partir do ciclo 2. Já em relação a água disponível desse horizonte para as plantas, aqui definida como a diferença entre a umidade retida na capacidade de campo ($\Psi = 100$ cca) e o ponto de murcha permanente ($\Psi = 15.000$ cca), região das CCRAS compreendida entre as setas verdes na Figura 1, observa-se que, entre os ciclos de aplicação de PAM, houve pouca diferença entre os tratamentos, mas todos promoveram aumento na disponibilidade de água em relação ao controle (sem PAM).

Avaliando-se os efeitos da aplicação de PAM ao horizonte E, nota-se a mesma tendência observada para o horizonte Ap, porém, com maior evidência para os efeitos do ciclo 3 (Figura 2). De fato, a CCRAS referente ao terceiro ciclo de aplicação de PAM tem maior destaque, tanto na reorganização de poros de drenagem (macroporos e mesoporos de maior diâmetro), indicados pelas setas azul e vermelha, respectivamente; como também na melhoria da retenção de água pelos poros menores, como os mesoporos de menor diâmetro (poros que perdem água entre 30 e 60 cca) e microporos (poros que disponibilizam água entre os potenciais de 60 e 15.000 cca), indicados a partir das setas vermelha e verdes, respectivamente. Estes resultados sugerem que o ciclo 3 de aplicação de PAM promoveu melhores efeitos na estrutura e disponibilidade de água desse horizonte para as plantas. Solos arenosos têm menor retenção de água devido a maior quantidade de poros de drenagem, o que reduz sua capacidade de armazenar água e disponibilizá-la para as plantas. Sendo assim, o aumento da retenção de água pela ação do PAM nesse horizonte promoveu o aumento de sua disponibilidade, como comprovada pelo aumento da umidade na faixa entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, indicada entre as setas verdes (Figura 2).

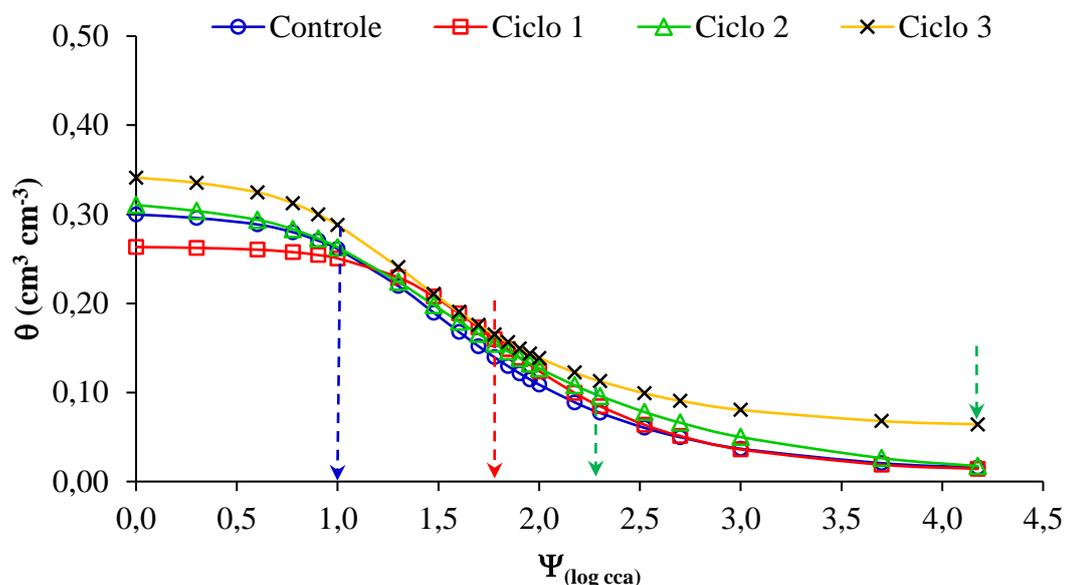


Figura 8. Curva característica de retenção de água dos solos sob cana; dados dos horizontes E das subáreas: controle (com água); Ciclo 1 (1ª aplicação de PAM); Ciclo 2 (2ª aplicação de PAM); Ciclo 3 (3ª aplicação de PAM).

Com relação aos efeitos da PAM no horizonte coeso (Bw), foco maior do estudo, nota-se que os horizontes coesos são mais compactados, refletindo em menor porosidade total, com valores médios de $0,34 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (Figura 3). As CCRAS mostram que para este horizonte os ciclos de aplicação de PAM pouco modificaram P , obtendo-se um pequeno aumento com o ciclo 2. Porém, diferentemente como observado nos horizontes sobrejacentes (Ap e E), os ciclos de aplicação de PAM praticamente não alteraram a quantidade de macroporos (limitados pela seta azul).

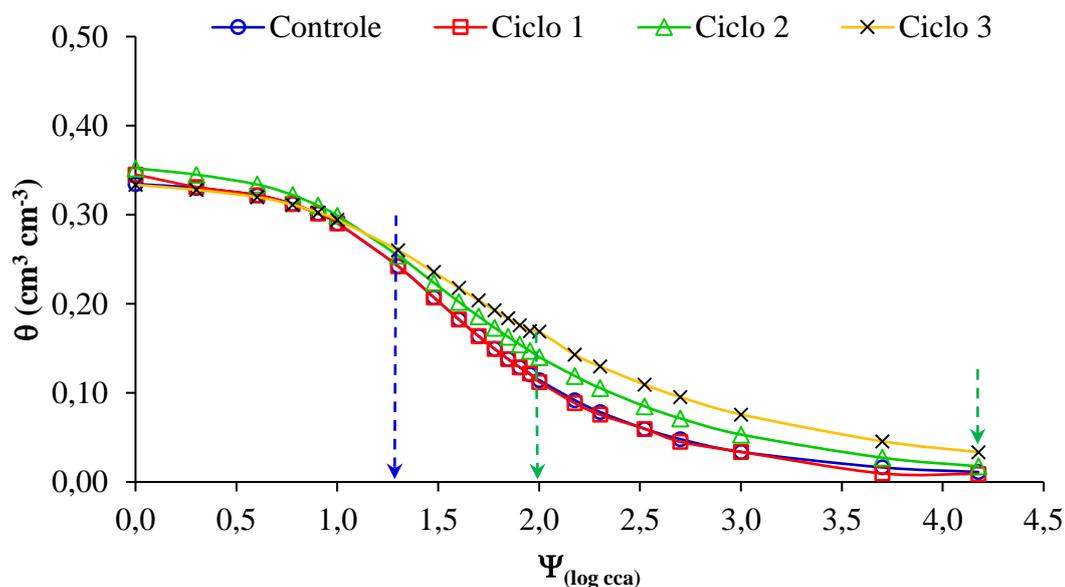


Figura 9. Curva característica de retenção de água dos solos sob cana; dados dos horizontes Bw das subáreas: controle (com água); Ciclo 1 (1ª aplicação de PAM); Ciclo 2 (2ª aplicação de PAM); Ciclo 3 (3ª aplicação de PAM).

Por outro lado, os demais tipos de poros tiveram suas quantidades aumentadas, tanto nos mesoporos e, principalmente, nos microporos, como pode ser observado na região das CCRAS a partir da seta azul (Figura 3); exceto para o ciclo 1, onde não se percebe diferenças entre esta curva (em vermelho) e a do controle (curva azul). Diante do comportamento das CCRAS podemos concluir que, para o horizonte coeso, recomenda-se a aplicação de PAM a partir do segundo ciclo, indicando-se o terceiro ciclo como o mais eficiente na redução do caráter coeso desse horizonte.

4.3 Distribuição de poros

Os resultados médios obtidos através da distribuição dos poros e porosidade total em cada horizonte estão apresentados na tabela 1

Horizonte A			
Amostra	Pt	Macro	Meso
MPAM1	0,468 a	0,293 a	0,102 b
MPAM2	0,473 a	0,225 b	0,202 a
MPAM3	0,485 a	0,310 a	0,124 b
MAGUA	0,472 a	0,309 a	0,101 b
Pr > F	0,89	<0.0001	<0.0001
Significativo	Não	Sim	Sim
CPAM1	0,430ab	0,255 b	0,047 a
CPAM2	0,408 b	0,227 b	0,090 a
CPAM3	0,520 a	0,352 a	0,040 a
CAGUA	0,435ab	0,228 b	0,074 a
Pr > F	0,049	0,001	0,082
Significativo	Sim	Sim	Não
Horizonte E			
MPAM2	0,342 a	0,206ab	0,101 b
MPAM3	0,347 a	0,238 a	0,043 d
MPAM1	0,287 b	0,167bc	0,083 c
MAGUA	0,310ab	0,139 c	0,140 a
Pr > F	0,008	<0.0001	<0.0001
Significativo	Sim	Sim	Sim
CPAM3	0,347 a	0,238ab	0,053 a
CPAM1	0,271 b	0,221ab	0,038 a
CPAM2	0,319 a	0,255 a	0,051 a
CAGUA	0,334 a	0,201 b	0,043 a
Pr > F	0	0,003	0,064
Significativo	Sim	Sim	Não
Horizonte Bt			
MPAM3	0,356 a	0,284 a	0,019 c
MPAM1	0,367 a	0,220 b	0,130 a
MPAM2	0,349 a	0,218 b	0,115 b
MAGUA	0,349 a	0,218 b	0,114 b
Pr > F	0,22	<0.0001	<0.0001
Significativo	Não	Sim	Sim
CPAM1	0,348 b	0,250 a	0,083 a
CPAM2	0,344 b	0,220 b	0,098 a
CPAM3	0,446 a	0,079 c	0,030 b
CAGUA	0,361 b	0,256 a	0,074 a
Pr > F	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Significativo	Sim	Sim	Sim

Comparação entre as Médias da porosidade total e distribuição dos poros dos horizontes A, E e Bt submetida a aplicação de polímero, de um Argissolo Amarelo Distrocioso epirredóxico localizado na Estação Experimental de Itapirema- Goiana- PE. Letras maiúsculas idênticas no gráfico não apresentam diferenças significativas entre si pelo teste Tukey à 5% de probabilidade

A tabela onde estão apresentados os dados dos horizontes A e Ap nota-se que houve interferência do polímero na distribuição dos poros. Os resultados da porosidade total demonstram que, em geral, não houve diferença significativa entre as amostras no horizonte A, este fato está correlacionado ao fato do solos de mata terem uma melhor organização estrutural, pois, a adição de polímeros ao solo confere uma prática que pode contribuir com melhoria em outros atributos físico do solo. Demonstrado pela reorganização do macro, meso e micro poros que foi significativa nas mesmas amostras.

No horizonte Ap nota-se que a aplicação de condicionantes químicos aos solos, de maneira geral, não interferiu na Pt no. porém, constatamos de forma geral alterações no macro e meso poros. Porém, na microporodidade observa-se que a PAM não apresentou resultados satisfatórios. Desse modo, a redução dos macros e mesoporos interferem na função dos poros responsável pela maior condução da água, tendo como principal consequência a redução da condutividade hidráulica.

No horizonte E os efeitos promovidos pelas soluções de PAM ao volume e distribuição de tamanho de poros proporcionou diferença estatística com relação ao controle, no sistema mata em todos os poros analisados e no sistema cana exceto no meso poros

Desse modo geral, o aumento dos macroporos e a estruturação do mesoporos interferem na função dos poros responsável pela maior condução da água, tendo como principal consequência o aumento da condutividade hidráulica como expresso na condutividade no gráfico da condutividade.

Na distribuição de poros no horizonte Bt sob o efeito da poliacrilamida ocorreu diferenças significativas entre os dados.

No sistema mata não ocorreu diferença estatística na porosidade total, já na distribuição dos poros as interferências no ciclo 3 foram mais expressivas comparando com o controle, nos macroporos, mesoporos e microporos

De modo geral ocorreu em todos horizontes analisados modificações na distribuição dos poros. Entretanto devido a degradação dos géis a base de poliacrilamida ocorrer no prazo de 18 meses em média (HOLLIMAM et al, 2005) essa alteração não será definitiva.

4.4 Condutividade hidráulica do solo (K)

A k realizados nos horizontes A, Ap, E e Bt estão apresentados na Figura 14.

Figura 10 Dados de condutividade hidráulica do horizonte A, E e Bt , Argissolo Amarelo Distrocóeso epirredóxico localizado na Estação Experimental de Itapirema- Goiana-PE com aplicação de polímero sob diferentes tempo de adoção:

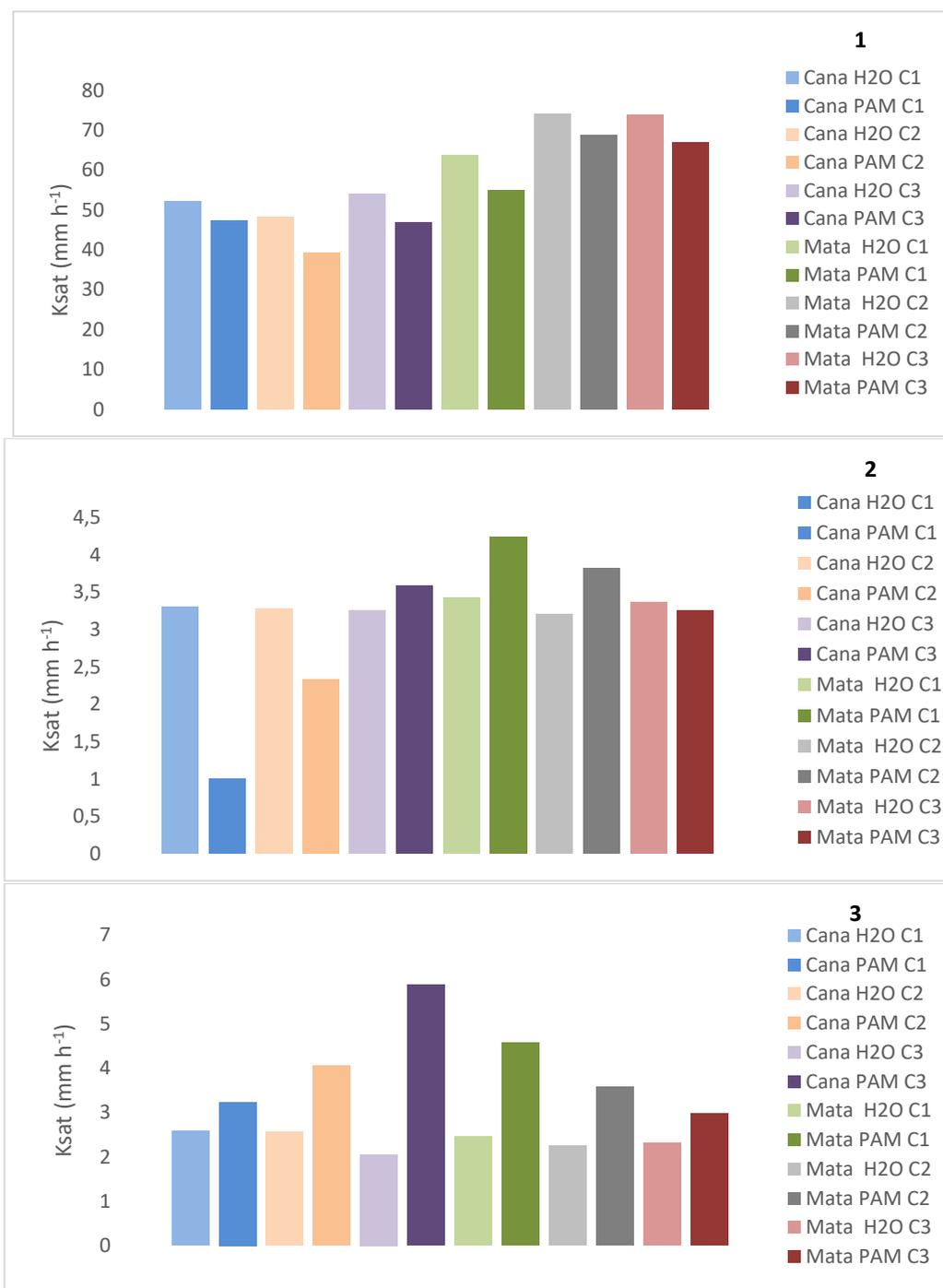


Gráfico 1 horizonte A e Ap., gráfico 2 horizonte E e gráfico 3 horizonte Bt

Nos valores da condutividade, observa-se diferenças de comportamento entre o horizonte A, Ap, E e Bt. A diferença na condutividade Hidráulica do solo é habitual, devido a diferenças relacionadas com a profundidade, texturas e, distribuição dos poros conforme constatado no solo estudado. (LIBARDI et. al, 2006)

No horizonte A e Ap ocorreu os maiores valores de k , entretanto para todos os ciclos houve uma redução quando comparado com o controle, demonstrando assim a eficiência da ação do PAM. Entretanto o ciclo 2 foi onde ocorreu a maior redução do atributo

Nos horizontes E e Bt é perceptível o aumento da condutividade com a sucessão dos ciclos com aplicação do PAM nos dois sistemas mata e cana. No entanto ciclo 3 apresentou maior eficiência na representação dos dados experimentais, isso ocorreu devido a redistribuição dos pseudo poros e a percolação do PAM no solo.

Nos horizontes em estudo constatou-se a correlação inversa entre o efeito do PAM em solos franco arenosos e solos com maior teor de argila. Na maior parte dos dados no horizonte A ocorre redução no volume dos macroporos e conseqüentemente a aeração foi reduzida. Em contrapartida em solos franco argilosos no horizonte E e Bt a força de expansão do polímero pode ter propiciado o movimento das partículas do solo aumentando assim a aeração e conseqüentemente a condutividade.

AbediKoupai et al. (2008), obtiveram resultados semelhantes em solos arenosos e argilosos com aplicação de hidrogel.

4.5 Resistência tênsil de agregados (RT)

A RT diferiu estatisticamente entre os dados analisados nos horizontes E e Bt, entretanto no horizonte A e Ap não ocorreu interação, sendo justificado pela menor agregação das partículas do solo (Apêndice I).

A adição dos condicionadores não promoveu a redução da resistência tênsil dos agregados dos horizontes coesos e não coesos em comparação ao tratamento controle (Figura 11). A ação do PAM no solo a curto prazo ocorre na superfície do agregado, devido ao seu alto peso molecular e a viscosidade.

Figura 11. Comparação entre médias da Resistência tênsil de agregados (RT) horizonte E e Bt, de um Argissolo Amarelo Distrocoeso epirredóxico localizado na Estação Experimental de Itapirema- Goiana-PE com aplicação de polímero sob diferentes tempos de adoção

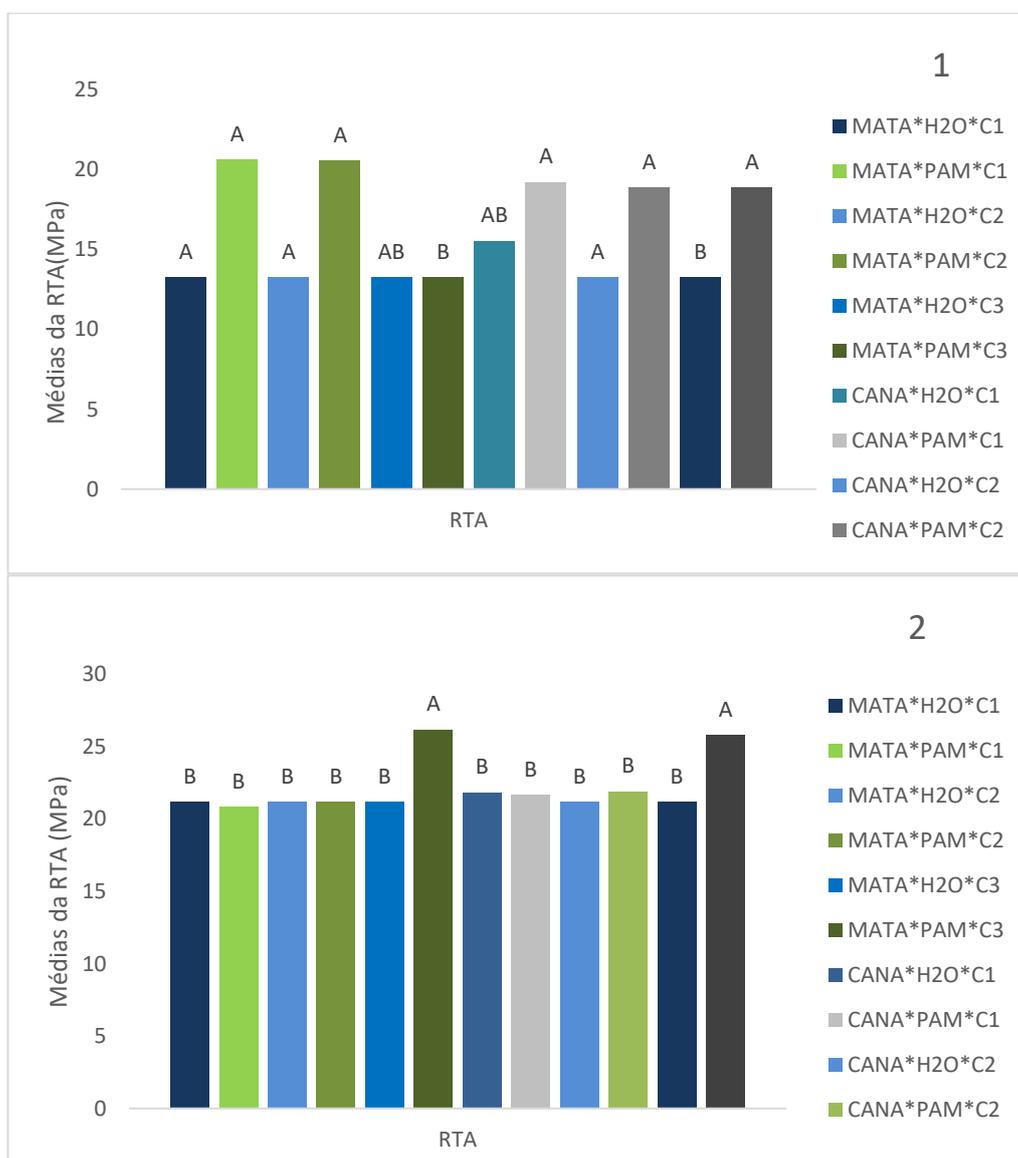


Gráfico 1 horizonte E, gráfico 2 horizontes Bt

Andrade (2014) e Catriele (2018) analisando o comportamento de solos com aplicação de poliacrilamida encontraram comportamento semelhantes. Esse comportamento deve-se a capacidade aglutinadora que o condicionante promoveu na estruturação dos solos, promovendo aumento da resistência para a ruptura dos agregados.

5 CONCLUSÃO

Levando-se em consideração todas as variáveis não controladas de um experimento de campo pode-se afirmar que as metodologias adotadas no presente trabalho levaram à redução do caráter coeso do solo, bem como a percolação entre os horizontes, visto que ocorreram modificação no horizonte Bt a partir da aplicação da poliacrilamida. Sendo mais evidente nas curvas características de retenção de água e no grau de flocculação onde foram mais efetivas a percepção da presença do PAM. Isto indicou que o solo com poliacrilamida foi capaz de armazenar mais água do que o solo sem tratamento, reduzindo assim as perdas potenciais devido à percolação profunda em solos arenosos.

Considerando os dados obtidos no ciclo 3 pode-se concluir que a aplicação contínua favorece a ação do PAM no solo podendo resultar em melhores resultados nas propriedades físicas do solo.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ADDINSOFT, XLSTAT 2018: Data Analysis and Statistical Solution for Microsoft Excel. 2018.
- ABU-HAMDEH, N. H., ISMAIL, S. M., AL-SOLAIMANI, S. G., & HATAMLEH, R. I. ABU-HAMDEH, NIDAL H. et al. Effect of tillage systems and polyacrylamide on soil physical properties and wheat grain yield in arid regions differing in fine soil particles. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 65, n. 2, p. 182-196, 2018.
- ABU-HAMDEH, N. H., ISMAIL, S. M., AL-SOLAIMANI, S. G., & HATAMLEH, R. I. Effect of tillage systems and polyacrylamide on soil physical properties and wheat grain yield in arid regions differing in fine soil particles. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 65, n. 2, p. 182-196, 2017.
- ALMEIDA LIMA NETO, J. D., ROSAS RIBEIRO, M., METRI CORRÊA, M., SOUZA JÚNIOR, V. S. D., LIMA, J. F. W., & FERNANDES DE ABREU E LIMA FERREIRA, R. Caracterização e gênese do caráter coeso em latossolos amarelos e argissolos dos tabuleiros costeiros do estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 33, n. 4, 2009.
- ALMEIDA, BRIVALDO GOMES DE. **Métodos alternativos de determinação de parâmetros físicos do solo e uso de condicionadores químicos no estudo da qualidade do solo**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BAI, BAOJUN; ZHOU, JIA; YIN, MINGFEI. A comprehensive review of polyacrylamide polymer gels for conformance control. **Petroleum Exploration and Development**, v. 42, n. 4, p. 525-532, 2015.
- BEZERRA, C. E. E. ET AL. Genesis of cohesive soil horizons from north-east Brazil: role of argilluviation and sorting of sand. **Soil Research**, v. 53, n. 1, p. 43-55, 2015.
- BOARDMAN, JOHN. A short history of muddy floods. **Land Degradation & Development**, v. 21, n. 4, p. 303-309, 2010.
- CHEN, Z., CHEN, W., LI, C., PU, Y., & SUN, H. Effects of polyacrylamide on soil erosion and nutrient losses from substrate material in steep rocky slope stabilization projects. **Science of The Total Environment**, v. 554, p. 26-33, 2016.
- CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; MORAES, S. O; MARCIANO, C. R. Condutividade hidráulica de solo coeso dos tabuleiros costeiros cultivado com citros. Aracaju, SE: Embrapa tabuleiros Costeiros, **Boletim de Pesquisa**, 22. 2007.
- CRUZ, MARCUS AURÉLIO SOARES ET AL. GEOTAB: Clima, recursos hídricos e bacias hidrográficas na região de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros. **Scientia Plena**, v. 13, n. 10, 2017.
- CZYŻ, EWA A.; DEXTER, ANTHONY R. Mechanical dispersion of clay from soil into water: readily-dispersed and spontaneously-dispersed clay. **International agrophysics**, v. 29, n. 1, p. 31-37, 2015.
- DA SILVA ARAÚJO, A. M. S., MENEZES, A. S., DE ALENCAR, T. L., DA SILVA, C. P., DE ASSIS JÚNIOR, R. N., ROMERO, R. E. ensile strength in horizons with and

- without cohesive character: Variability and relation with granulometry. **Catena**, v. 166, p. 290-297, 2018.
- DAS, B. M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. São Paulo: Thomson, 2007. 561 p. il.
- DE MELO, DIEGO VANDEVAL MARANHÃO et al. Pore size distribution and hydro-physical properties of cohesive horizons treated with anionic polymer. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 44, p. 4444-4453, 2016.
- DOMPIERI, MHG et al. Delimitação da área foco de atuação da Embrapa Tabuleiros Costeiros e principais aspectos fisiográficos. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Documentos (INFOTECA-E)**, 2015.
- ELRICK, D. E; REYNOLDS, W.D and TAN, K.A. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analysis. In: **Groudwater Monitoring Review**. Vol.9, p. 184-193, 1989.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 2017.
- FONTANA, A., TEIXEIRA, W. G., BALIEIRO, F. D. C., MOURA, T. P. A. D., MENEZES, A. R. D., & SANTANA, C. I. Characteristics and attributes of Oxisols under different land uses in the western region of the state of Bahia, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1457-1465, 2016
- FORTUNATO, F. F. **Sistemas pedológicos nos Tabuleiros Costeiros do litoral norte do estado da Bahia: uma evolução controlada por duricrostas preexistentes, neotectônica e mudanças paleoclimáticas do Quaternário**. 266 f. 2004. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.
- FREDLUND, DELWYN G.; XING, ANQING. Equations for the soil-water characteristic curve. **Canadian geotechnical journal**, v. 31, n. 4, p. 521-532, 1994.
- GARDNER, W. R. Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. **Soil science**, v. 85, n. 4, p. 228-232, 1958.
- GROHMANN F, VAN RAIJ B. Dispersão mecânica e pré-tratamento para análise granulométrica de Latossolos argilosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 1:52-53, 1977.
- HATAF, NADER; GHADIR, POORIA; RANJBAR, NAVID. Investigation of soil stabilization using chitosan biopolymer. **Journal of cleaner production**, v. 170, p. 1493-1500, 2018.
- IGWE, OGBONNAYA; EGBUERI, JOHNBOSCO C. The Characteristics and the Erodibility Potentials of Soils from Different Geologic Formations in Anambra State, Southeastern Nigeria. **Journal of the Geological Society of India**, v. 92, n. 4, p. 471-478, 2018.
- ISELL, RAYMOND. **The Australian soil classification**. CSIRO publishing, 2016.

- JACOMINE, P. K. T. Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. In: Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p. 19-46, 2001.
- KAY, B. D. Soil structure and organic carbon: a review. In: **Soil processes and the carbon cycle**. CRC Press, p. 169-197, 2018.
- KAY, B. D.; DEXTER, A. R. Influence of aggregate diameter, surface area and antecedent water content on the dispersibility of clay. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 70, n. 4, p. 655-671, 1990.
- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E., eds. Methods of soil analysis: Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. **Madison, American Society of Agronomy**, Part 1. p.499-510, 1965.
- KHAN, MUHAMMAD IMRAN et al. Geotechnical characteristics of effluent contaminated cohesive soils. **Journal of Environmental Engineering and Landscape Management**, v. 25, n. 1, p. 75-82, 2017.
- KIEHL, E.J. Manual de edafologia: Relações solo planta. São Paulo, **Agronômica Ceres**, 262p, 1979.
- KIMIAGHALAM, NAVID; CLARK, SHAWN P.; AHMARI, Habib. An experimental study on the effects of physical, mechanical, and electrochemical properties of natural cohesive soils on critical shear stress and erosion rate. **International Journal of Sediment Research**, v. 31, n. 1, p. 1-15, 2016.
- KLEIN, V. A.; LIBARDI P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:857-867, 2002.
- LIBARDI, PAULO LEONEL, AND JONG VAN LIER. "Atuação dos fatores físicos do solo no desenvolvimento do sistema radicular." *Anais* (1999).
- LIBARDI, PAULO LEONEL; MELO FILHO, JOSÉ FERNANDES DE. Análise exploratória e variabilidade dos parâmetros da equação da condutividade hidráulica, em um experimento de perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 30, n. 2, 2006.
- LIMA JM, CURI N, RESENDE M, SANTANA DP. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 14:85–90, 1990.
- MAMEDOV, A. I., EKBERLI, I. A., OZTURK, H. S., WAGNER, L. E., NORTON, D. L., & LEVY, G. J. Structure stability and water retention near saturation characteristics as affected by soil texture, and polyacrylamide concentration. In: **EGU General Assembly Conference Abstracts**.. p. 18117, 2017b.
- MAMEDOV, A. I., HUANG, C. H., ALIEV, F. A., & LEVY, G. J. Aggregate stability and water retention near saturation characteristics as affected by soil texture, aggregate size and polyacrylamide application. **Land degradation & development**, 28(2), 543-552, 2017.

- MAMEDOV, A. I., HUANG, C. H., ALIEV, F. A., & LEVY, G. J. Aggregate stability and water retention near saturation characteristics as affected by soil texture, aggregate size and polyacrylamide application. **Land degradation & development**, v. 28, n. 2, p. 543-552, 2017a.
- MANGO, NELSON; SIZIBA, SHEPHARD; MAKATE, Clifton. The impact of adoption of conservation agriculture on smallholder farmers' food security in semi-arid zones of southern Africa. **Agriculture & Food Security**, v. 6, n. 1, p. 32, 2017.
- MELO, M. C., GUIMARÃES, L. M., MELO, E. L., SILVA, P. C., & DRUMOND, L. C. D DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO DE CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE UM LATOSSOLO DO CERRADO. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 4, n. 3, p. 0327-0333, 2018.
- NIMMO, J.R.; PERKINS, K.S. **Aggregate stability and size distribution**. In: DANE, J.H.; TOPP, G.C. Methods of Soil Analysis. Part 4: Physical Methods. **Soil Science Society of American Book Series**. n. 5, p. 812-815, 2002.
- PACHECO, E. P. **Estudo da compressibilidade e qualidade de um argissolo amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros de alagoas**. Recife: UFRPE, 2010. 116p. Tese Doutorado.
- PREVEDELLO, Celso Luiz. **Física do solo com problemas resolvidos**. 1996.
- REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. A method for simultaneous in situ measurement in the vadose zone of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity and the conductivity pressure head relationship. **Ground Water Monitoring Review**, v.6, p.84-95, 1986.
- RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil science**, v. 68, n. 1, p. 95, 1949.
- SAHA, D.; KUKAL, S. S. Soil structural stability and water retention characteristics under different land uses of degraded lower Himalayas of North-West India. **Land degradation & development**, v. 26, n. 3, p. 263-271, 2015.
- TADAYONNEJAD, M., MOSADDEGHI, M. R., & DASHTAKI, S. G. Ghorbani. Changing soil hydraulic properties and water repellency in a pomegranate orchard irrigated with saline water by applying polyacrylamide. **Agricultural water management**, v. 188, p. 12-20, 2017.
- TAN, Bowen; THOMAS, Noreen L. A review of the water barrier properties of polymer/clay and polymer/graphene nanocomposites. **Journal of Membrane Science**, v. 514, p. 595-612, 2016.
- UCHA, J. M. **Processos de transformação latossolo-espodossolo sobre os sedimentos do grupo Barreiras nos tabuleiros costeiros do litoral norte do estado da Bahia**. 2000.
- USDA, United States Department of Agriculture. Soil Conservation service. Soil Survey Laboratory Methods and procedures for collecting soil samples: **Soil survey investigations**. Washington, (Report 1), 1972.
- VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils 1. **Soil science society of America journal**, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

- VANAPALLI, S. K.; SILLERS, W. S.; FREDLUND, M. D. The meaning and relevance of residual state to unsaturated soils. In: 51st **Canadian Geotechnical Conference**. sn, 1998. p. 4-7.
- XIE, X., PU, L., SHEN, H., WANG, X., ZHU, M., GE, Y., & SUN, L. Effects of soil reclamation on the oat cultivation in the newly reclaimed coastal land, eastern China. **Ecological Engineering**, v. 129, p. 115-122, 2019.
- YODER, R.E. **A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature erosion losses**. Journal of American Society of Agronomy, v.28, p.337- 351, 1936.
- ZHANG, F. Z.; GROENEVELT, P. H.; PARKIN, G. W. The well-shape factor for the measurement of soil hydraulic properties using the Guelph Permeameter. **Soil and Tillage Research**, v.49, p.219-221, 1998.

ANEXOS

ANEXO II

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL 01

DATA: 21/03/2017

CLASSIFICAÇÃO – Argissolo Amarelo Distrocoeso epi-redúxico, A moderado, textura arenosa / argilosa, fase floresta subperenifólia relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS – Estação de Itapirema – IPA, Goiana – PE. Parte sul da estação, ao lado da área de mata.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL – Topo plano de tabuleiro com 0 - 2 % de declive, sob cobertura de floresta secundária (floresta subperenifólia).

ALTITUDE - +/- 70 m

LITOLOGIA E CRONOLOGIA – Sedimentos do Grupo Barreiras do período Terciário.

MATERIAL ORIGINÁRIO – Sedimentos areno-argilosos.

PEDREGOSIDADE – Não pedregosa.

ROCHOSIDADE – Não rochosa.

RELEVO LOCAL – Plano.

RELEVO REGIONAL – Plano e suave ondulado.

EROSÃO – Não aparente.

DRENAGEM – Bem à moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA – Floresta tropical, subperenifólia.

USO ATUAL – Vegetação secundária em regeneração.

CLIMADESCRITO

E COLETADO POR – José Coelho, Brivaldo