



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA- UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**



CYNTHIA DE SOUZA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA TÉRMICO-HÍDRICA DO SOLO EM
CULTIVO DA PALMA DE ÓLEO COM HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS (*ELAEIS
GUINEENSIS* X *ELAEIS OLEIFERA*) NO LESTE DA AMAZÔNIA.**

Belém/PA

Abril/2015



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA- UFRA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS



CYNTHIA DE SOUZA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA TÉRMICO-HÍDRICA DO SOLO EM
CULTIVO DA PALMA DE ÓLEO COM HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS (*ELAEIS
GUINEENSIS* X *ELAEIS OLEIFERA*) NO LESTE DA AMAZÔNIA.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais: área de concentração Manejo de Ecossistemas Florestais, para obtenção do título de Mestre. Orientador: Dr. Alessandro Carioca de Araújo.

Belém/PA

Abril/2015

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	6
1.1 OBJETIVO GERAL.....	8
1.1.1 Objetivos Específicos.....	8
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
1.2.1 A palma de óleo no mundo e no Brasil.....	8
1.2.2 Condições de Cultivo.....	10
1.2.3 Sistema Radicular da Palma de Óleo (<i>Elaeis guineenses</i> , Jacq.).....	11
1.2.4 Porosidade do Solo.....	12
1.2.5 Conteúdo Volumétrico da Água no Solo.....	13
1.2.6 Temperatura do Solo.....	14
2 CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA TÉRMICO-HÍDRICA DO SOLO 15	15
EM CULTIVO DA PALMA DE ÓLEO COM HÍBRIDOS INTERESPECÍ-	
FICOS (ELAEIS GUINEENSIS X ELAEIS OLEIFERA) NO LESTE	
DA AMAZÔNIA.	
2.1 INTRODUÇÃO.....	15
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.2.1 Área de estudo e características.....	16
2.2.2 Estabelecimento do experimento.....	16
2.2.3 Certificação dos Dados.....	19
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
2.3.1 Precipitação Pluvial.....	20
2.3.2 Umidade do Solo.....	21
2.3.3 Temperatura do Solo.....	26
2.4 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS.....	29

RESUMO

Análises feitas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que o aumento da concentração dos gases do efeito estufa (GEE), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) irá atingir todos os setores da atividade humana e os ecossistemas, ocasionando o aumento da temperatura do planeta (IPCC, 2013). Apontam também, que haverá aumento de chuvas com elevados índices pluviométricos e diminuição nas regiões que sofrem escassez de água, além de aumentar a frequência e intensidade de eventos extremos, como inundações, furacões e secas prolongadas. Nesse contexto, o estado do Pará surge em potencial para a expansão da cultura da palma de óleo, principalmente depois do Zoneamento econômico ecológico da palma no Brasil, proibindo plantio em áreas de floresta nativa o que permite que a atividade cresça sem provocar desmatamentos. Este estudo faz parte de um trabalho que engloba todos os aspectos do desenvolvimento e produção da palma de óleo, o que inclui a avaliação da dinâmica térmico-hídrica em solos com plantio de palma de óleo com híbridos interespecíficos (*E. guineenses* X *E. oleífera*). Objetivou-se com este estudo avaliar a dinâmica térmico-hídrica, diária e sazonal, em solos com plantio de palma de óleo com híbridos interespecíficos (*E. guineenses* X *E. oleífera*). Concluiu-se que todos os perfis apresentaram redução do conteúdo volumétrico de água no solo na profundidade de 20 cm, assim conclui-se que o sistema radicular da palma de óleo concentra-se nessa profundidade.

ABSTRACT

Analyzes made by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) suggest that the increase in concentration of greenhouse gases (GHG), carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) will reach all sectors of human activity and the ecosystems, causing the increase in the temperature of the planet (IPCC, 2013). Also point out, that there will be an increase in rainfall with high rainfall and decrease in the regions that they are suffering from a shortage of water, in addition to increase the frequency and intensity of extreme events, such as floods, hurricanes and prolonged droughts. In this context, the state of Para appears in potential for expansion of the culture of palm oil, especially after the ecological economic Zoning of palma in Brazil, prohibiting planting in areas of native forest which allows the activity to grow without causing deforestation. This study is part of a job that encompasses all aspects of the development and production of palm oil, which includes the assessment of dynamic thermal-water in soils with planting of palm oil with interspecific hybrids (E. Guinea X E. oleífera) .this study aimed to evaluate the dynamic thermal-water, daily and seasonal, in soils with planting of palm oil with interspecific hybrids (E. Guinea X E. oleífera). It was concluded that all profiles showed a reduction in volumetric content of water in the soil at a depth of 20 cm, it is concluded that the root system of palm oil is concentrated at this depth.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Análises feitas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que o aumento da concentração dos gases do efeito estufa (GEE), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) irá atingir todos os setores da atividade humana e os ecossistemas, ocasionando o aumento da temperatura do planeta (IPCC, 2013). Apontam também, que haverá aumento de chuvas com elevados índices pluviométricos e diminuição nas regiões que sofrem escassez de água, além de aumentar a frequência e intensidade de eventos extremos, como inundações, furacões e secas prolongadas.

As concentrações de CO₂, CH₄ e N₂O têm aumentado desde 1750 devido a atividade humana. Em 2011, as concentrações desses GEE foram 391 ppm de 1803 ppb e 324 ppb, superando os níveis pré-industriais em cerca de 40%, 150% e 20%, respectivamente. Diante dessas projeções a Amazônia seria uma das regiões mais afetadas pela mudança do clima com impactos na hidrologia e biodiversidade. Nesse cenário a palma de óleo é uma cultura que apresenta potencial considerável para imobilizar o carbono atmosférico (IPCC, 2013).

A palma de óleo (*Elaeis guineenses* Jacq.), comumente conhecida no Brasil como dendê, é uma cultura originária de florestas naturais da África ocidental. É uma espécie oleaginosa perene, com vida econômica produtiva em média de 25 anos, e tendência a produção econômica a partir do oitavo ano de ciclo de vida. É cultivada na África, sudeste da Ásia e na América Central e do Sul (COURLEY; TINKER, 2003), e por ser originária de região tropical, é onde obtém melhor desenvolvimento, pois seu processo reprodutivo é diretamente afetado pelo clima (MÜLLER; ALVES, 1997). É a principal fonte de óleo vegetal no mundo e a primeira planta utilizada na produção de óleo vegetal comercializado no mercado internacional (Carvalho et al., 2006). Esta cultura é um exemplo de processo de transferência que é continuado até os dias de hoje, porque se move para longe dos trópicos úmidos para regiões mais secas, onde o estresse hídrico torna-se um importante fator de limitação ao desenvolvimento. (GERRITSMA; WESSEL, 1997).

A expansão da área cultivada com palma de óleo já nas áreas desflorestadas da Amazônia e a crescente evolução do processo produtivo do óleo em várias regiões tornou-se o ramo do agronegócio mais atraente na atualidade, pois é uma excelente alternativa para a produção de óleo para fins alimentares e energéticos. Essa expansão é fortalecida pela nova política do governo federal voltada para a Produção Sustentável da Palma de óleo, que proíbe

a derrubada de floresta nativa para o cultivo da palma, conciliando proteção e recuperação do meio ambiente, inovação tecnológica e geração de renda familiar (Gomes Júnior & Barra, 2010), constituindo suporte para a ampliação e diversificação da matriz energética brasileira (Embrapa, 2010). Assim há o aproveitamento de grandes áreas desmatadas, acima de tudo na mesorregião do Nordeste paraense, compreendendo principalmente os municípios de Tailândia, Tomé-Açu e Mojú, e como fator condicionante tem-se a redução do desmatamento de florestas nativas e o aumento do reflorestamento de áreas degradadas por pasto e não utilizadas pela pecuária Amazônica (SILVA; HOMMA; PENA, 2011).

Dessa forma, o cultivo da palma de óleo pode ser considerado como uma atividade em condições de preservar o meio ambiente sem fortes agressões à floresta nativa porque pode ser plantado em áreas alteradas, possibilitando um perfeito recobrimento dessas áreas quando adulto e, na fase jovem, pode ser associado à leguminosas de cobertura de solo. Por isso, a palma de óleo pode ser enquadrada dentro do chamado desenvolvimento sustentável, sendo mais uma oportunidade de negócios na Amazônia. (SUFRAMA, 2003).

Nesse contexto da expansão da cultura da palma de óleo no Brasil, há a falta de estudos de micrometeorologia dos plantios para o clima da Amazônia. A maioria dos trabalhos são realizados na Ásia e África. E ainda que o clima seja tropical, há características nesses locais que não podem ser considerados para a Amazônia, como exemplo, tem-se a susceptibilidade da palma africana (*Elaeis guineenses* Jacq.) ao amarelecimento fatal (AF), que é um dos principais fatores limitantes da palma de óleo no Pará. Por outro lado, o Caiuê (*Elaeis oleífera* (Kunth), Cortés), originário da Amazônia, é uma importante fonte de variabilidade genética devido à resistência ao AF e menor crescimento vertical do estipe. Assim o cruzamento do *E. oleífera* com o *E. guineensis* produz um híbrido interespecífico (HIE) que é resistente ao AF e é um equivalente produtivo (Cunha et al., 2009).

No ano de 2010 a Embrapa lançou o cultivar HIE Manicoré, recomendado para áreas com incidência de AF (Cunha & Lopes, 2010). Esse HIE está sendo avaliado comercialmente no estado do Pará. Este estudo faz parte de um trabalho que engloba todos os aspectos do desenvolvimento e produção da palma de óleo, o que inclui a avaliação da dinâmica térmico-hídrica em solos com plantio de palma de óleo com híbridos interespecíficos (*E. guineenses* X *E. oleífera*).

1.1.OBJETIVO GERAL

Objetivou-se com este estudo avaliar a dinâmica térmico-hídrica, diária e sazonal, em solos com plantio de palma de óleo com híbridos interespecíficos (*E. guineenses* X *E. oleífera*).

1.1.1. Objetivos Específicos

Analisar o conteúdo volumétrico de água no perfil do solo em diferentes profundidades e locais de influência da palma de óleo.

Analisar a temperatura no perfil do solo em diferentes profundidades e locais de influência da palma de óleo.

1.2.REFERENCIAL TEÓRICO

1.2.1. A palma de óleo no mundo e no Brasil

No mundo, a crescente demanda por óleos vegetais nas últimas décadas tem sido motivada, principalmente, pelo expressivo aumento populacional em países em desenvolvimento como Índia, China e Brasil. A substituição do consumo de gorduras de origem animal por óleo vegetal, aliado ao significativo desenvolvimento de tecnologias e custos de produção mais baixos, são fatores que também impulsionaram a expansão da indústria de óleos vegetais (TAN et al. 2009, AMZUL 2010, BASIRON,2012). Mais de 80% da produção de óleo de palma é destinada para a indústria de alimentos (MALAYSIAN PALM OIL COUNCIL, 2012).

A palma de óleo é, dentre todas as matérias primas cotadas para a produção de biodiesel, a que mais produz óleo por área plantada - 4 t de óleo.ha⁻¹.ano⁻¹ - (AGRIANUAL, 2012) e apresenta ciclo de produção intenso durante todo o ano, diferentemente do que ocorre com outras culturas oleaginosas. Estes são alguns dos fatores atrativos e impulsionadores do mercado internacional para investimentos na cultura para a produção de biodiesel em nível mundial (FEDEPALMA, 2010). A produção mundial da palma de óleo no ano de 2012 foi de

50.281 milhões de t, e entre os maiores produtores, destacam-se a Indonésia com 25.400 milhões de t, Malásia com 18.400 milhões de t, e Tailândia com 1.546 milhões de t. Juntas elas totalizam mais de 90% do mercado internacional (AGRIANUAL, 2012).

No Brasil a produção do óleo de palma cresceu consideravelmente de 1980 a 2012, tendo neste ano uma produção de 160 mil toneladas, mas, ainda é pouco significativo se comparado com a produção mundial. No ranking mundial dos países produtores da palma de óleo, o Brasil ocupa a 15ª colocação. Ainda que o país possua grande área de aptidão para o cultivo da palma de óleo (AGRINUAL 2012) isso representa apenas 0,5% da produção mundial, com cerca de 700 mil hectares plantados. Esta demanda está longe de atender a demanda do mercado interno, estimada entre 300 e 400 mil t/ano (EMBRAPA, 2012). Assim, apesar da considerável liderança mundial do óleo de palma, no Brasil o tamanho das áreas cultivadas com esta cultura oleaginosa ainda é reduzido, quando comparado com a disponibilidade de áreas aptas que o país possui, 31,8 milhões de hectares segundo o zoneamento agroecológico (BRASIL,2011).

No estado do Pará o plantio da palma no estado surge como alternativa econômica após o ciclo da pimenta e da madeira e, atualmente, o estado é responsável por 90% da produção nacional, consolidada em três polos que abrangem nove municípios: Moju, Tailândia, Acará, Tomé-Açu, Bonito, Igarapé-Açu, Santo Antônio de Tauá, Santa Izabel do Pará e Castanhal.

O avanço da cultura da palma de óleo no Brasil tem uma limitação causada pela incerteza do aparecimento do amarelecimento fatal, que dentre os vários fatores que afetam a produtividade da cultura da palma de óleo, o AF é responsável pela morte de milhares de plantas. No Brasil o AF foi relatado pela primeira vez em 1974 com ocorrência esporádica, afetando poucas plantas. Mas em 1987 foram registradas 32.673 mortes de plantas. Entre 1974 e 1991 registrou-se uma marca sem precedentes de mais de 100 mil plantas mortas. No Pará, a ocorrência do AF está restrita às áreas localizadas nos municípios de Benevides, Santa Izabel do Pará, Tomé-Açu, Santa Bárbara, Santo Antônio do Tauá, Bujarú, Moju, Belém e Acará (TEIXEIRA et al., 2010).

1.2.2. Condições de Cultivo

Bastos (2000) descreveu que o polo de cultivo da palma de óleo do Pará é dividido em três sessões – norte (representado pelos municípios de São Francisco do Pará, Igarapé - Açú e Castanhal), centro (representado pelos municípios de Belém, Benevides e Santa Izabel) e sul (com os municípios de Mojú, Acará, Tomé – Açú e Tailândia). A produção da palma de óleo na Amazônia está concentrada basicamente na Mesorregião Nordeste Paraense, mais especificamente no setor sul do polo. Estudos realizados por Bastos *et al* (2001) baseados em mapas de aptidão agroclimático para a cultura da palma no estado do Pará, mostram que estes municípios apresentam fatores edafoclimáticos apropriados à cultura da palma de óleo.

Hartley (1988) descreveu que as condições climáticas existentes nas regiões com alta produção eram precipitação anual de 2000 mm ou mais uniformemente distribuídos ao longo do ano, e a média de precipitação mensal de 275 mm, não devendo ficar abaixo de 100 mm mensal. Assim verifica-se que a distribuição das chuvas durante o ano define a ocorrência de diferentes períodos: chuvoso, estiagem e seco. Bastos (2000) descreveu estes períodos para o município de Moju, onde o período chuvoso ocorre quando o total pluviométrico mensal é maior ou igual a evapotranspiração de referência, com ocorrência de excedente hídrico e compreende os meses de dezembro a junho. O período de estiagem é definido como o intervalo em que o montante mensal de chuvas está abaixo da evapotranspiração, mas não evidenciando déficit hídrico e ocorre no mês de julho. E o período seco ocorre quando o total pluviométrico está abaixo da evapotranspiração de referência, provocando déficit hídrico e é observado nos meses de setembro a novembro (BASTOS, 2000).

Cada espécie tem um ótimo de amplitude térmica no qual a planta cresce e se desenvolve com a máxima intensidade, assim como a planta não se desenvolve satisfatoriamente fora dessa faixa ótima. A palma de óleo é uma cultura que demanda altas temperaturas, por ser uma cultura equatorial (CORLEY; TINKER). Considera-se que a temperatura do ar entre 25° C e 28° C de médias mensais, 21° C e 23° C de médias mínimas e 28° C e 34° C de médias máximas, são as favoráveis ao cultivo da cultura (Moraes & Bastos, 1972; Muller & Alves, 1997) e que temperaturas médias inferiores a 18°C são prejudiciais ao desenvolvimento e produção. O melhor intervalo de média de temperatura está entre 24° C – 28° C (Moraes e Bastos, 1972).

A palma de óleo se desenvolve bem condições edáficas diversas. As condições climáticas exercem uma forte influência sobre a dinâmica dos fluxos de água e de nutrientes do solo para as raízes da palma de óleo, sendo a capacidade de armazenamento de água no solo um dos principais fatores para a garantia de elevada produção. Na Amazônia a cultura da palma vem sendo cultivada principalmente em Latossolos Amarelos de textura média. Também apresenta melhor produtividade em solos com profundidade efetiva maior que 1,0 m e não compactados ou densos naturalmente (TEIXEIRA et al., 2010).

1.2.3. Sistema Radicular da Palma de Óleo (*Elaeis guineenses*, Jacq.)

O conhecimento da distribuição do sistema radicular de uma cultura constitui-se em uma importante ferramenta para a otimização de práticas agrícolas como a irrigação e a adubação. A arquitetura das raízes é um aspecto fundamental para a produção da planta por meio da sua importância funcional na aquisição eficiente de água e nutrientes do solo (JOURDAN & REY, 1997). A palma de óleo apresenta sistema radicular do tipo fasciculado. As raízes primárias superficiais desenvolvem-se horizontalmente na camada do solo entre 0 a 60 cm de profundidade e seu comprimento pode chegar até 20 metros a partir do estipe. As raízes primárias que crescem verticalmente podem chegar a 3 m ou mais de profundidade. A esse tipo de raiz, é atribuída a função de ancoramento da palma no solo, assim com participam na absorção e mobilização dos estoques de água das camadas mais profundas do solo. As raízes secundárias, originárias das primárias, crescem em sentido a superfície e podem atingir de 25 a 35 cm de comprimento. As raízes terciárias, que se originam das raízes secundárias, crescem horizontalmente chegando a 15 cm e são mais abundantes que as raízes secundárias. As quaternárias medem de 1 a 4 mm e juntamente com as raízes terciárias formam um espesso tapete nas camadas superficiais do solo e por isso são tidas como as mais importantes na absorção de água e nutrientes (CARVALHO, 2000)

Em um estudo realizado por Nelson et al. (2006) em duas áreas com diferentes tipos de colheita, Dami com colheita realizada com um trator e, portanto com maior grau de compactação, e em Sangara com colheita realizada com carro de mão, gerando menos impacto no solo, os autores encontraram que há maior atividade das raízes nas profundidades de superficiais, até 50 cm, na localidade de Sangara, devido ao manejo realizado, assemelhando ao manejo realizado pela Marborges.

Ruer (1969) encontrou resultados sobre o sistema radicular a profundidade de até 40 cm. A palma de ocorrência natural asiática tem o sistema radicular mais desenvolvido que a palma que ocorre na África, e os cruzamentos interorigens produzem materiais com maior potencial crescimento radicular do que os materiais de mesma origem.

1.2.4. Porosidade do Solo

A porosidade do solo interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e à ramificação das raízes no solo e, conseqüentemente no aproveitamento da água e nutrientes disponíveis. Os poros do solo são representados por cavidades de diferentes tamanhos e formas, determinados pelo arranjo das partículas sólidas, e constituem a fração volumétrica ocupada por ar e solução (água e nutrientes). A distribuição dos poros por seus tamanhos condiciona o comportamento físico-hídrico do solo, influenciando a potencialidade agrícola do solo. Embora no solo não exista nítida separação entre poros pequenos e grandes, inúmeras classificações de diâmetro de poros são citadas na literatura, sendo a que separa os poros em micro e macroporos a mais simplificada. Os microporos são também denominados poros capilares, são os poros responsáveis pela retenção da água no solo, enquanto os macroporos representam os poros responsáveis pela drenagem e aeração do solo (BRADY, 1979).

Segundo Othmer et al. (1991) a distribuição dos poros no solo pode ser avaliada considerando uma distribuição modal dos mesmos, onde os poros são classificados em inter-agregados e intra-agregados. Os poros inter-agregados incluem macro e mesoporos, caracterizados por serem rapidamente esvaziados, fazendo com que a condução da água pelo solo decresça também rapidamente. Esses poros são responsáveis pela aeração das raízes e condução da água de drenagem do solo. Os poros intra-agregados, por sua vez, correspondem aos microporos do solo e caracterizam-se por se esvaziarem mais lentamente, promovendo uma condução da água pelo solo lenta (OTHMER et al., 1991).

A porosidade do solo é diretamente influenciada pela matéria orgânica, pois aumenta a aeração do solo facilitando a retenção de água solo devido ao maior número de macroporos no solo. É considerada fonte de nutrientes para as plantas, influencia a infiltração, a retenção de água, a estruturação e susceptibilidade à erosão (CONCEIÇÃO et al., 2005.) A manutenção e/ou melhoria da qualidade do solo em sistemas de cultivo contínuo é fundamental para

garantir a produtividade agrícola e a qualidade ambiental para as gerações futuras. Nesse sentido, a matéria orgânica do solo (MOS) desempenha um papel importante, sendo considerada a principal indicadora da qualidade do solo, servindo de base para sustentabilidade agrícola (LAL, 2004). A MOS constitui-se a base fundamental para a produção sustentável, pois através de seus efeitos diretos pode modificar as condições químicas, físicas e biológicas do solo. A presença da matéria orgânica no solo influencia diretamente a umidade e temperatura do solo, pois quanto maior a taxa de decomposição maiores são a umidade e temperatura do solo (COSTA & SANGAKKARA, 2006)

1.2.5. Conteúdo volumétrico da água no solo

A água é fundamental para a produção vegetal, assim o conhecimento do conteúdo volumétrico da água no solo é de fundamental importância, pois indica em que condições hídricas encontra-se o solo. A umidade das camadas do solo apresenta importante variabilidade nos domínios espacial e temporal. De acordo com Timm et al. (2006), a umidade influencia importantes processos no solo e na planta tais como: movimento da água, compactação e aeração do solo e desenvolvimento radicular. Sendo água disponível no solo altamente variável no espaço e no tempo, o conhecimento acerca da variabilidade espacial e temporal do conteúdo volumétrico da água no solo nas escalas diária e sazonal, constitui-se de extremo interesse para o desenvolvimento e produção de dada cultura.

Das várias técnicas utilizadas para a determinação da umidade do solo, a reflectometria no domínio do tempo (TDR) vem despertando bastante interesse, pois apresenta características desejáveis, como a mensuração em tempo real e possibilitando a automação e continuidade das coletas de dados (LACERDA et al., 2005). A técnica do TDR é baseada no tempo de emissão/reflexão de um pulso eletromagnético, emitido por um gerador de pulsos, em hastes metálicas paralelas ou não, que servem como guia de ondas, onde a velocidade de propagação deste pulso no meio é em função de uma constante (k), denominada constante dielétrica (LACERDA et al., 2005). Devido à sua facilidade na obtenção de medidas não destrutivas e sem apresentar riscos para o ser humano e o ambiente, o TDR tem sido bastante utilizado para quantificar o conteúdo de água do solo (TOMMASELLI, 1997).

1.2.6. Temperatura do Solo

A temperatura do solo é fundamental na formação do próprio solo, influenciando na desintegração da matéria orgânica, na retenção e fluxo de água, na aeração do solo e no crescimento do sistema radicular (referencia). Hillel (1998) ressalta que os fatores meteorológicos, localização geográfica, declividade, cobertura vegetal, precipitação pluvial e ação antrópica são os elementos que mais interferem na temperatura e fluxo de calor no solo. A umidade do solo é um importante fator que influencia a temperatura, pois há um aumento da condutividade térmica com uma elevação do conteúdo de água no solo, porque os espaços vazios presentes na estrutura dos solos são preenchidos pela água que possui maior condutividade térmica que o ar que está presente no solo (FAROUKI, 1986)

A superfície do solo, com ou sem cobertura vegetal, é a principal trocadora e armazenadora de energia térmica nos ecossistemas terrestres. Assim a cobertura do solo é muito importante, pois evita o aquecimento excessivo (MEDRADO & COSTA, 1990). Variações na temperatura do solo podem afetar significativamente a interação solo-planta. A aplicação de cobertura vegetal morta sobre o solo tem sido utilizada para protegê-lo contra variações bruscas de temperatura, reduzir a perda de água, etc., e assim modificando o microclima específico e vários processos físicos, químicos e biológicos (BELAN, L. L. et al).

O solo, além de armazenar e permitir os processos de transferência de água, solutos e gases, também armazena e transfere calor. Prevedello (1996) cita que a capacidade de um solo armazenar e transferir calor é determinada pelas suas propriedades térmicas e pelas condições meteorológicas do local. Belan et al. (2013) encontraram que a temperatura no perfil do solo varia em função da profundidade e cobertura do solo e que na condição de ausência de cobertura, a temperatura do solo apresenta maiores amplitudes ao longo do dia em relação ao solo coberto, e essas amplitudes variam entre as diferentes profundidades de 02, 05, 10 e 20 cm. Também encontraram que em maiores profundidades (10 e 20 cm) verifica-se menor amplitude térmica tanto para solo coberto quanto para solo exposto. A determinação indireta da umidade em tempo real por esta As práticas de manejo das culturas podem alterar significativamente o regime de temperatura do solo, visto que, os resíduos vegetais deixados na superfície em sistemas conservacionistas agem como atenuadores da amplitude térmica (SEBEN, 2011).

Pan et al. (2008) estudaram a variabilidade espacial do conteúdo de água no solo e verificaram que, em geral, o conteúdo de água no solo, dentre outros fatores, depende do teor de umidade antecedente. Se o solo estiver previamente mais úmido, ele atingirá maiores médias de umidade do solo, embora para uma mesma lâmina de chuva.

2. CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA TÉRMICO-HÍDRICA DO SOLO EM CULTIVO DA PALMA DE ÓLEO COM HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS (ELAEIS GUINEENSIS X ELAEIS OLEIFERA) NO LESTE DA AMAZÔNIA.

2.1.INTRODUÇÃO

A palma de óleo (*Elaeis guineensis*) é uma espécie de origem africana cultivada em regiões tropicais úmidas na África, Ásia e América, e representa a segunda mais importante fonte de óleo vegetal (Henderson & Osborne, 2000). A Indonésia e a Malásia são os maiores produtores, responsáveis por 90 % da produção mundial, enquanto que o Brasil representa apenas 0,5 %. Entretanto, esses países esgotaram, suas áreas de plantio e não podem mais desmatar, pois não é permitido a supressão de floresta nativa. Nesse contexto o estado do Pará surge em potencial para assumir subir deposição no ranking mundial, principalmente depois do Zoneamento econômico ecológico da palma no Brasil, proibindo plantio em áreas de floresta nativa o que permite que a atividade cresça sem provocar desmatamentos (AGRIANUAL, 2012).

Nesse contexto da expansão da cultura da palma de óleo no Brasil, estudos sobre a micrometeorologia dos plantios de palma são de grande importância para o desenvolvimento e produção da cultura no clima da Amazônia, o que inclui estudos sobre a dinâmica térmico-hídrica em solos com plantio de palma de óleo.

A variação energética, expressa pelo aumento ou redução da temperatura do solo, exerce grande influência biológica, regulando processos como a germinação de sementes, crescimento do sistema radicular, absorção de água e nutrientes, entre outras (MARIN; ASSAD; PILAU, 2008). De acordo com Timm et al. (2006), a umidade influencia importantes processos no solo e na planta tais como: movimento de água, compactação do solo, aeração do solo e desenvolvimento radicular. Baseado neste fato, questões referentes à

variabilidade espacial e temporal de umidade para diferentes períodos do ano e diferentes fases de desenvolvimento de uma dada cultura tornam-se de extremo interesse.

2.2.MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Área de estudo e características

Este estudo foi realizado no município de Mojú, Pará, em um plantio de híbridos interespecíficos (HIE) de palma de óleo (*E. guineenses* X *E. oleifera*) com quarenta e duas procedências de cruzamentos diferentes. A palma de óleo (*E. guineenses* X *E. oleifera*) foi plantada em 2007 em sistema de replantio em área com elevada incidência de amarelecimento fatal (AF), com padrão triangular equilátero, com espaçamento de 9 m X 9 m (densidade de 143 palmeiras por ha⁻¹) em uma área de 25 hectares. Esta pesquisa foi coordenada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em parceria com a empresa Marborges Agroindústria S.A.

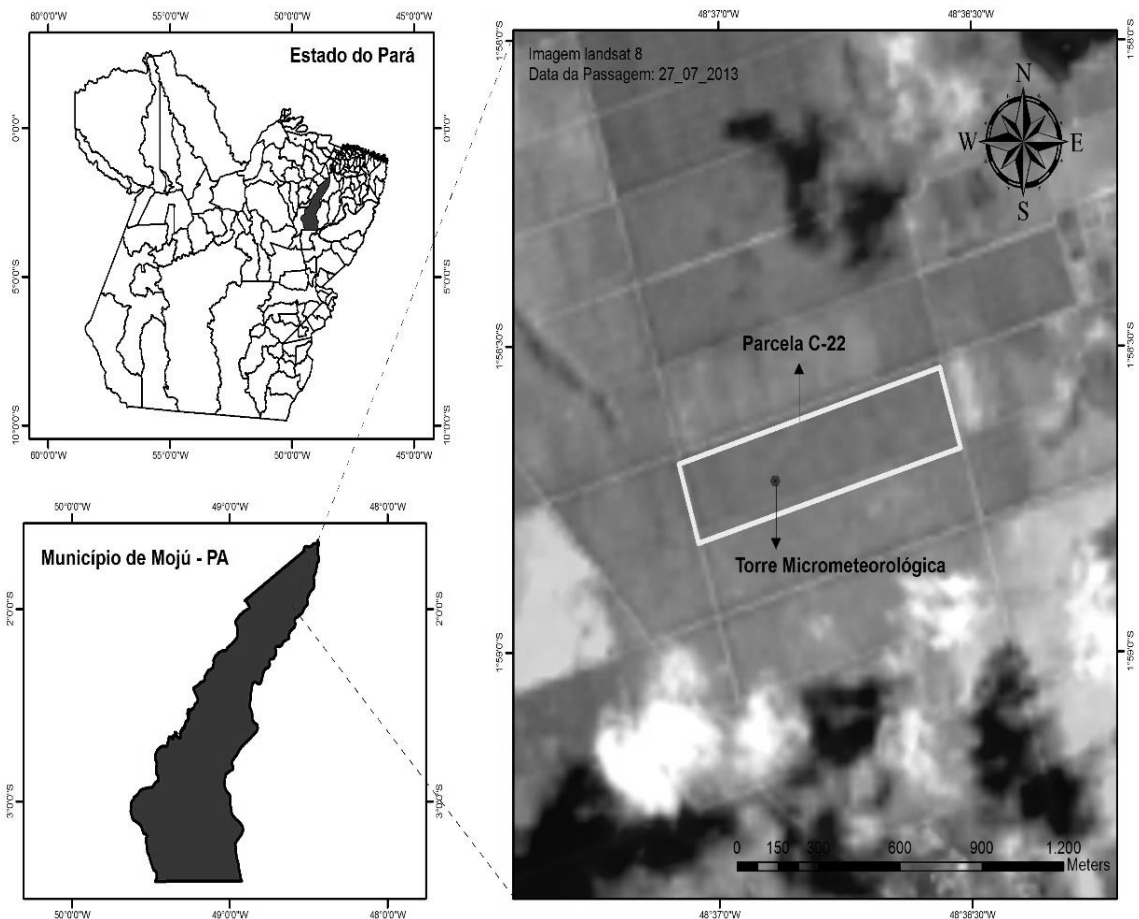
Mojú faz parte da mesorregião Nordeste paraense e microrregião de Tomé-Açú. No município de Mojú os totais de precipitação pluvial anual variam entre 2200 mm e 3000 mm, onde o período chuvoso ocorre entre os meses de dezembro a junho, o período de estiagem ocorre no mês de julho e o período seco vai de setembro a novembro. O período de menores totais de precipitação mensal ocorre nos meses de agosto a novembro. Para a temperatura do ar tem-se que as máximas anuais estão entre 31-33°C, e as mínimas entre 22-23°C, em média anual variando em torno de 26°C (BASTOS, 2000).

Por estar localizado na região equatorial e sob condições de elevadas precipitações pluviais, Mojú apresenta umidade relativa do ar alta durante todo o ano, com média mensal variando entre 80% - 85%. A distribuição mensal da umidade relativa do ar fica entre 85% - 90% no período chuvoso e, no período menos chuvoso entre 76% - 80% (BASTOS, 2000).

2.2.2. Estabelecimento do experimento

Para a montagem do experimento, uma torre micrometeorológica com estrutura de alumínio, medindo 23 metros de altura foi instalada no plantio de palma de óleo (*E. guineenses* X *E. oleifera*) (fig. 01) localizado na empresa Marborges Agroindústria S.A.

Selecionou-se a parcela C22, pois está é monitorada mensalmente pela empresa com coletas de peso e quantidade do cacho, número de folhas, adubação, altura do estipe etc. Esta parcela mede 25 hectares, com 3575 plantas em um espaçamento de 9m x 9m.



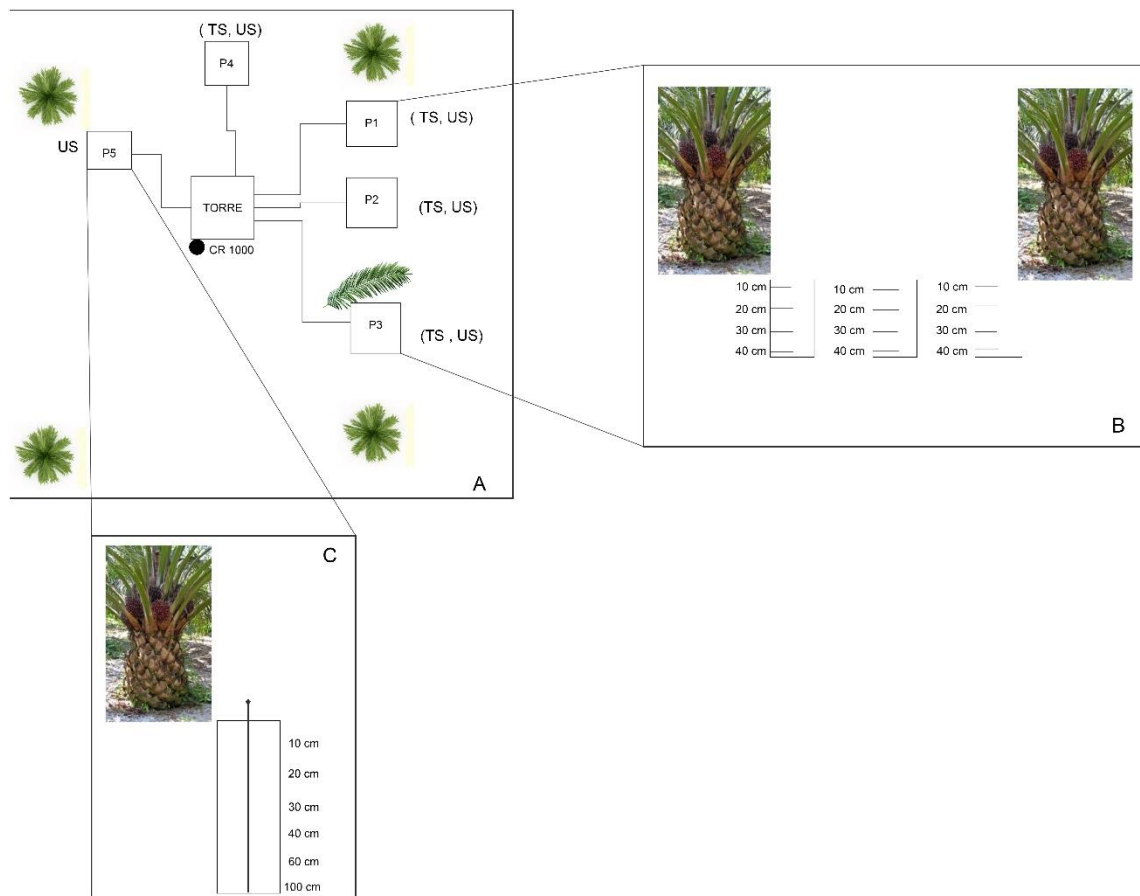
Fonte: PEREIRA (2015).

Figura 01: Mapa da área de estudo, destacando-se a parcela C22.

Cinco perfis foram abertos no solo, onde os perfis 1 (p1), 2 (p2) e 3 (p3) estão a oeste da torre, na linha 37 do plantio, o perfil 4 (p4) está ao sul, entre as linhas 36 e 37 do plantio e o perfil 5 (p5) está a leste da torre, na linha 36 do plantio. Os perfis 1 e 5 foram alocados na base da palma, o perfil 2 foi colocado no terço médio da folha, que é onde é feito a adubação. O perfil 3 está localizado no enleiramento, que é onde são depositas as folhas que foram

podadas, e o perfil 4 está no carreador (entre linhas), que é por onde passa o búfalo usado na colheita dos frutos da palma de óleo.

A disposição dos perfis na parcela foi escolhida para poder se avaliar o conteúdo de água no solo entre plantas da mesma linha (p1, p2, e p3) e de linhas diferentes (p4 e p5), observando-se que o p4 está no carreador onde há maior compactação do solo em virtude da colheita. A escolha das profundidades nos perfis se deu na ocasião da montagem da torre, onde o solo foi aberto para a colocação dos cabos de aço. Assim observou-se o sistema radicular da palma de óleo é denso e pouco profundo, podendo chegar até um metro de profundidade. Desta forma, determinou-se as profundidades de 10, 20, 30 e 40 cm para os perfis 1, 2, 3 e 4, e 10, 20, 30, 40, 60 e 100 cm para o p5. A disposição dos perfis pode ser visualizada na figura 02.



Fonte: SOUZA (2015)

Figura 02: Diagrama esquemático da disposição dos instrumentos no solo e suas variáveis de medida.

Nos perfis foram inseridos sensores que geram dados de umidade (volumétrica) e temperatura do solo (fig. 03). A cada dez minutos tem-se uma média de amostras realizadas a cada um minuto. Os dados obtidos são registrados por um microcontrolador eletrônico (CR1000, Gatalogger – Campbell Scientific, Inc) e armazenados em cartões de memória com capacidade para um giga. Os cartões são substituídos quinzenalmente nas viagens de campo e levados à EMBRAPA Amazônia Oriental, de modo que os dados passem pelos processos de avaliação e controle de qualidade, para finalmente serem incorporados ao banco de dados. Desta forma foram retirados do banco de dados todos os ruídos provocados por falha nos sensores ou causado por algum evento desconhecido, mas que os dados não estavam de acordo com o esperado.



Figura 03: Demonstração dos perfis abertos antes da instalação dos sensores.

2.2.3. Certificação dos Dados

Os dados foram certificados com base em anotações do caderno de campo, onde foram descritas todas as atividades realizadas durante as coletas de dados. Também foi usado uma planilha Excel, contendo valores máximos e mínimos, para auxiliar no critério de exclusão ou permanência dos valores no banco de dados.

Após a certificação, confeccionou-se gráficos usando o programa MATLAB (versão 2007 - The MathWorks, Inc.) para a visualização da umidade e temperatura do solo e precipitação pluvial como fim de analisar e determinar os períodos chuvoso, de estiagem e seco. Do dia do ano 091 (01/04) ao dia 220 (08/08) ocorre o período chuvoso, o período de estiagem vai do dia do ano 221 (09/08) até o dia 250 (07/09) e o período seco compreende o dia do ano 251 (07/09) até o dia 365 (31/12).

Para gerar os resultados determinou-se um período de 30 dias em cada período do ano que mais caracterizasse o período em questão. Desta forma, no período chuvoso foi selecionado o dia do ano 126 (11/04/2014) com precipitação pluvial de 832,10 mm. No período de estiagem foi selecionado o dia do ano 236 (24/08/2014) com precipitação pluvial de 23,37. E no período seco selecionou-se o dia do ano 359 com 0 mm de precipitação pluvial. Os gráficos usados na apresentação dos resultados foram feitos usando o programa SigmaPlot V. 2011 (Systat Software, Inc)

2.3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Precipitação Pluvial

Seguindo de acordo com a definição dos períodos chuvoso, estiagem e seco de Bastos (2000) e com dados de precipitação pluvial obtidos encontrou-se que o período chuvoso ocorre do dia do ano 091 ao dia 219, isto é, de abril a agosto, com duração de 129 dias. Neste período a precipitação pluvial foi de 2346,96 mm. O período de estiagem ocorreu do dia do ano 220 até o dia 250, ou seja, do dia 08/08/2014 até o dia 07/09/2014, com duração de 31 dias. A precipitação pluvial neste período foi de 251,46 mm. E o período seco ocorreu do dia

do ano 251 até o dia 365, ou seja, do dia 08/09/2014 até o dia 31/12/2014, totalizando 115 dias, com precipitação pluvial de 647,45 mm. (figura 04)

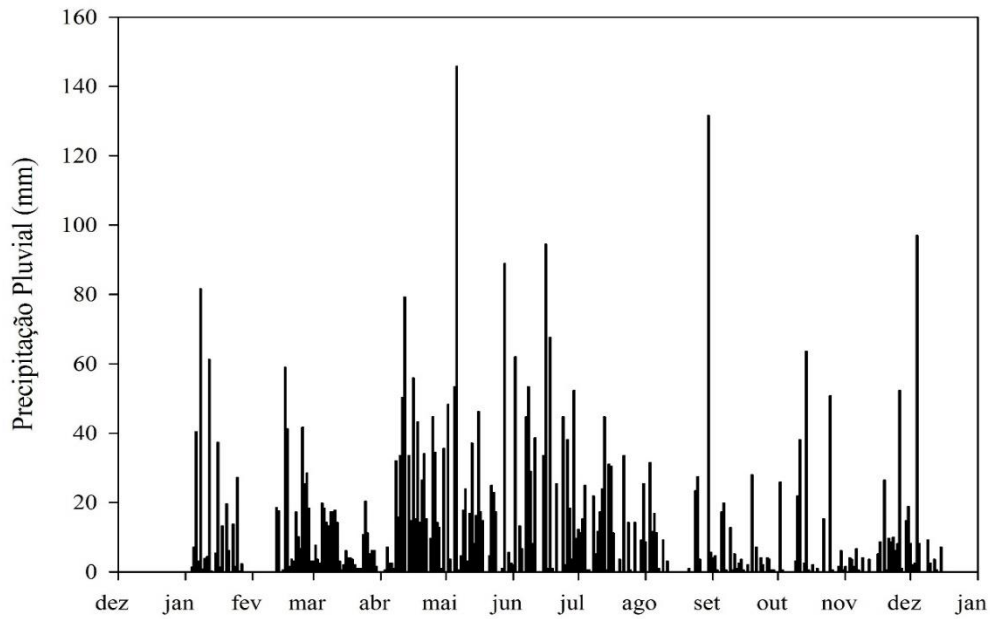


Figura 04: Distribuição diária da precipitação pluvial durante o ano de 2014, em plantio de palma de óleo no Moju, PA.

2.3.2. Umidade do Solo

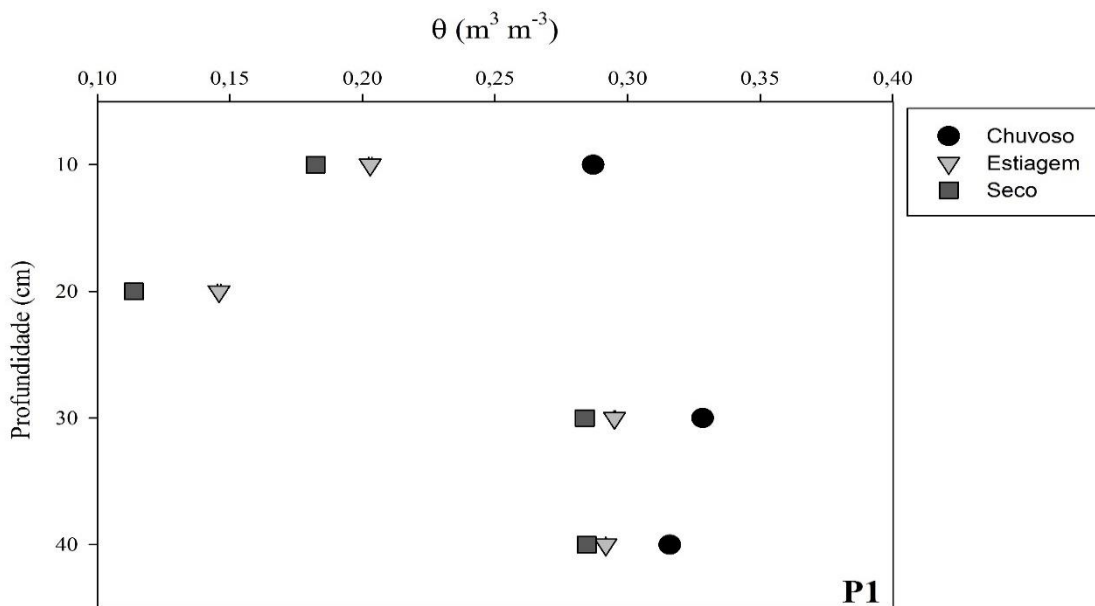


Figura 05: Variação temporal de θ ao longo do perfil 1 durante o ano de 2014, em plantio de palma de óleo no Moju, PA.

Para o perfil 1 a maior umidade no solo (contúde volumétrico de água) concentra-se na profundidade de 40 cm nos três períodos. A 20 cm (figura 05) encontrou-se menor umidade do solo nos periodos de estiagem e seco, pois não há dados para o periodo chuvoso. Este perfil responde bem aos estímulos de precipitação pluvial, pois quando há chuva a umidade se eleva rapidamente, decrescendo da mesma forma. Isto pode indicar influência da porosidade total. Farias, Nepomuceno e Neumaier (2005) descreveram que quanto maior o tamanho dos poros, menor é a força de retenção de água no solo, assim essa água é facilmente infiltrada ou absorvida pelas raízes. A maior diferença na umidade do solo está entre os periodos está na profundidade de 10 cm.

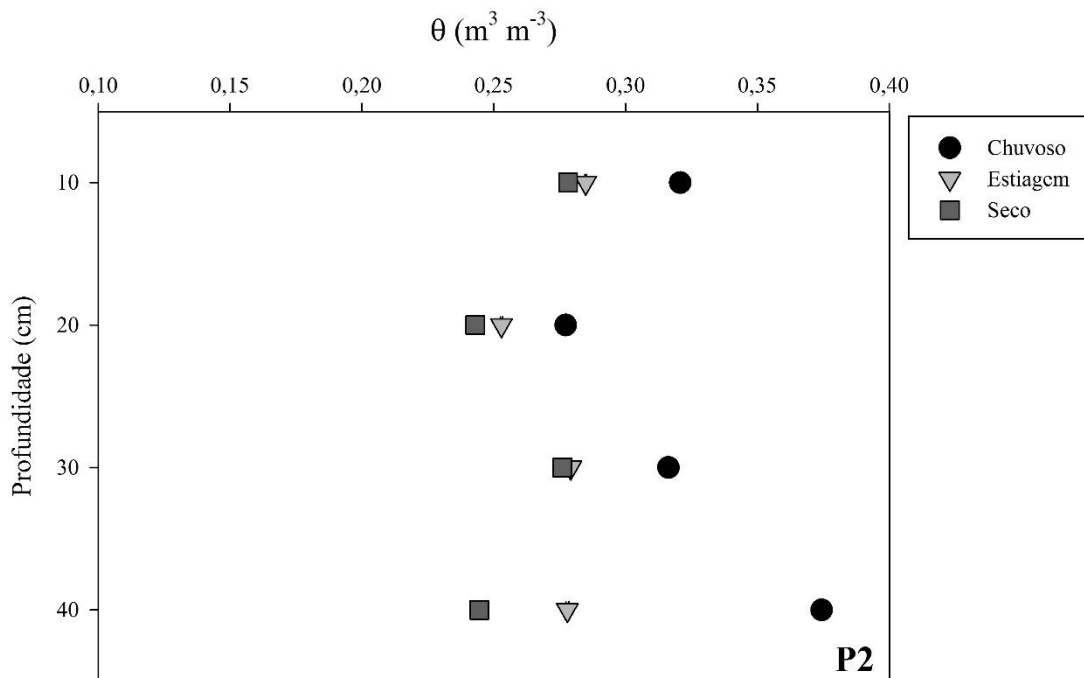


Figura 06: Variação temporal de θ ao longo do perfil 2 durante o ano de 2014, em plantio de palma de óleo no Moju, PA.

No perfil 2 (figura 06) é observado uma dinâmica da água no solo bastante simétrica até 30 cm de profundidade caracterizando um solo drenado que possui maior quantidade de macroporos em relação a solos argilosos (FARIAS; NEPOMUCENO; NEURNAIER, 2005). A profundidade de 20 cm apresenta menor conteúdo se água em todos os períodos, evidenciando maior consumo o que pode indicar atividade do sistema radicular da palma. Em um estudo realizado por Rey et al. (1998), sobre o sistema radicular da palma, mostrou que

50% das raízes horizontais (primárias e secundárias) são encontradas nos primeiros 20 cm do solo.

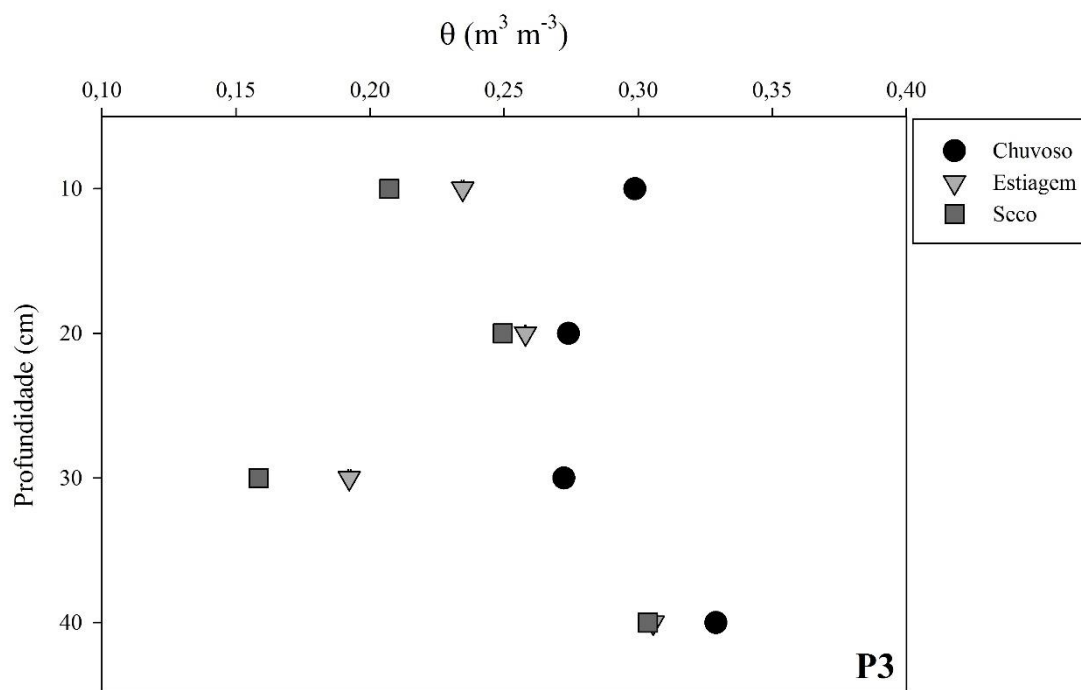


Figura 07: Variação temporal de θ ao longo do perfil 3 durante o ano de 2014, em plantio de palma de óleo no Moju, PA.

Os períodos chuvoso, estiagem e seco (figura 07) apresenta uma característica singular a profundidade de 30 cm. Observou-se que a umidade é sempre muito baixa em todos os períodos em relação as outras profundidades, principalmente no período seco. Esse comportamento pode indicar a existência de uma camada coesa, onde o solo é mais adensado e portanto apresenta elevada quantidade de microporos em relação as profundidades superior e posterior. Cintra et al. (2008) estudaram esse comportamento em um plantio coqueiro anão verde (*Cocos nucifera* L.) em solo arenoso e encontraram que essa camada coesa situa-se entre 20 cm e 40 cm de profundidade.

A presença de uma camada coesa a 30 cm de profundidade pode fazer com que a maioria das raízes concentrem-se nas camadas superficiais consequente menor conteúdo de água no solo em comparação com as outras profundidades, como é observado na profundidade de 20 cm. Cintra et al. (2008) encontraram que 56 % das raízes do coqueiro anão verde situavam-se entre 20 cm e 60 cm de profundidade, e desses, 21 % estavam nas camadas superficiais até 20 cm.

Ainda outra característica do perfil 3 é que ele está localizado sob o acúmulo de matéria orgânica. Mello et al. (1978) estudaram os efeitos da MO sobre a capacidade de retenção da umidade do solo e encontraram que a concentração de matéria orgânica aumenta a capacidade de retenção de água no solo por absorvê-la. A MO também é responsável pelo aumento da taxa de infiltração e do aumento do tamanho dos poros que favorecem a entrada de ar e drenagem da água.

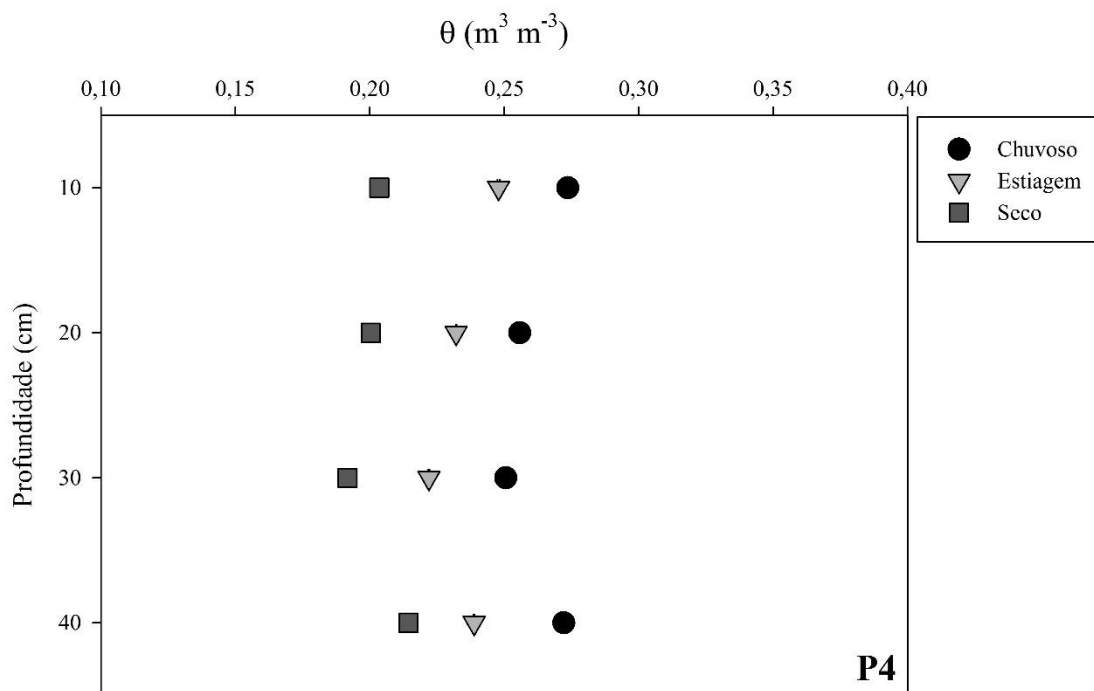


Figura 08: Variação temporal de θ ao longo do perfil 4 durante o ano de 2014, em plantio de palma de óleo no Moju, PA.

O perfil 4 (figura 08) apresentou pouca dinâmica no conteúdo de água solo nas profundidades em todos os períodos. Isto pode ser consequência da localização do perfil, pois ele está no carreador, onde há maior grau de compactação do solo e, portanto, maior quantidade de microporos do que macroporos, havendo dificuldade no movimento da água no solo (TEIXEIRA et al., 2005). A profundidade de 30 cm foi a que demonstrou ser menos úmido, assemelhando-se a mesma profundidade localizada no perfil 3.

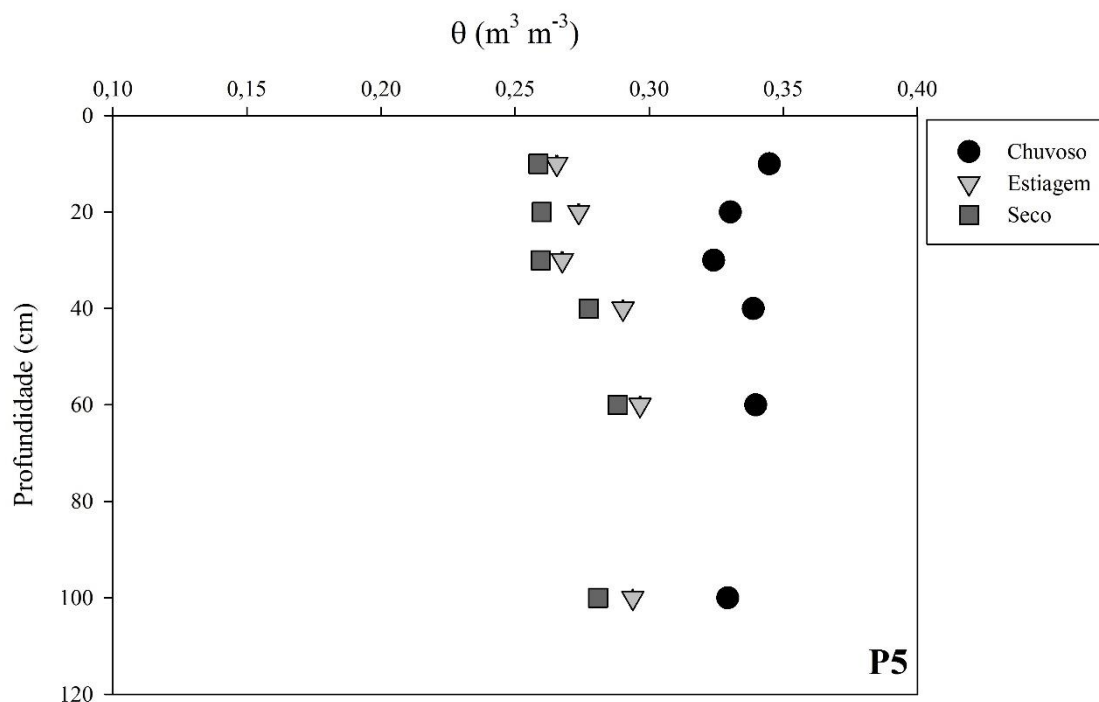


Figura 09: Variação temporal de θ ao longo do perfil 5 durante o ano de 2014, em plantio de palma de óleo no Moju, PA.

O p5 (figura 09) é o perfil mais úmido. Nos três períodos 30 cm sempre é a profundidade com menos umidade no solo. O período chuvoso é o que apresenta maior umidade do solo para todas as profundidades em relação aos outros períodos, que também apresentam elevada umidade do solo. Durante as coletas era observado que este perfil sempre retinha água na superfície, passando mais tempo submerso, em comparação com os demais locais onde a água era logo drenada.

A profundidade de 10 cm foi a que apresentou maior umidade do solo no período mais chuvoso e menor umidade no período menos chuvoso. O mesmo acontece com a profundidade de 100 cm. Em 30 cm a umidade do solo é sempre baixa em relação a outras profundidades, independente do período, o que é justificado por uma possível camada coesa. O p5 apresentou-se mais úmido em todas as profundidades, independente do período.

2.3.3. Temperatura do Solo

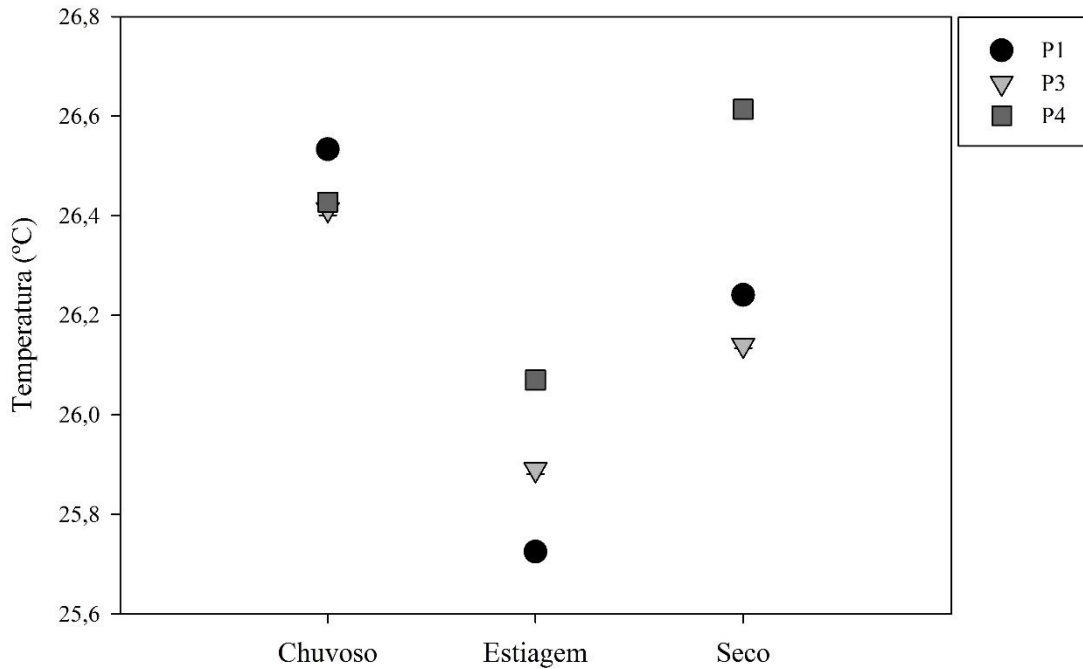


Figura 10: Variação temporal da temperatura no solo ao longo do perfil 1, 3 e 4 durante o ano de 2014, em plantio de palma de óleo no Moju, PA.

O p1 apresentou maior temperatura do solo (figura 10), pois apresenta, também, menor umidade do solo. Também era um perfil na maior parte do dia recebia radiação incidente. Em solo nu a temperatura média é maior nas pequenas profundidades (SEBEN, 2011).

A temperatura do p3 é sempre a mais baixa do que nos outros perfis nos períodos chuvoso e estiagem, isto é atribuído a matéria orgânica, pois resíduos orgânicos na superfície do solo reduz a evaporação e a temperatura do solo, aumentando a infiltração de água e diminuindo o escoamento superficial (UNGERA et al., 1991). Medrado & Costa (1990) também encontraram que a cobertura do solo evita o aquecimento excessivo do solo

O perfil 4 possui pouca flutuação da temperatura do solo em todos os períodos do ano, bem como pouca variação da umidade do solo, nos mesmos períodos. Isso pode ser explicado pela localização do perfil, carreador (mais compactado), também porque este perfil era o mais exposto a radiação incidente.

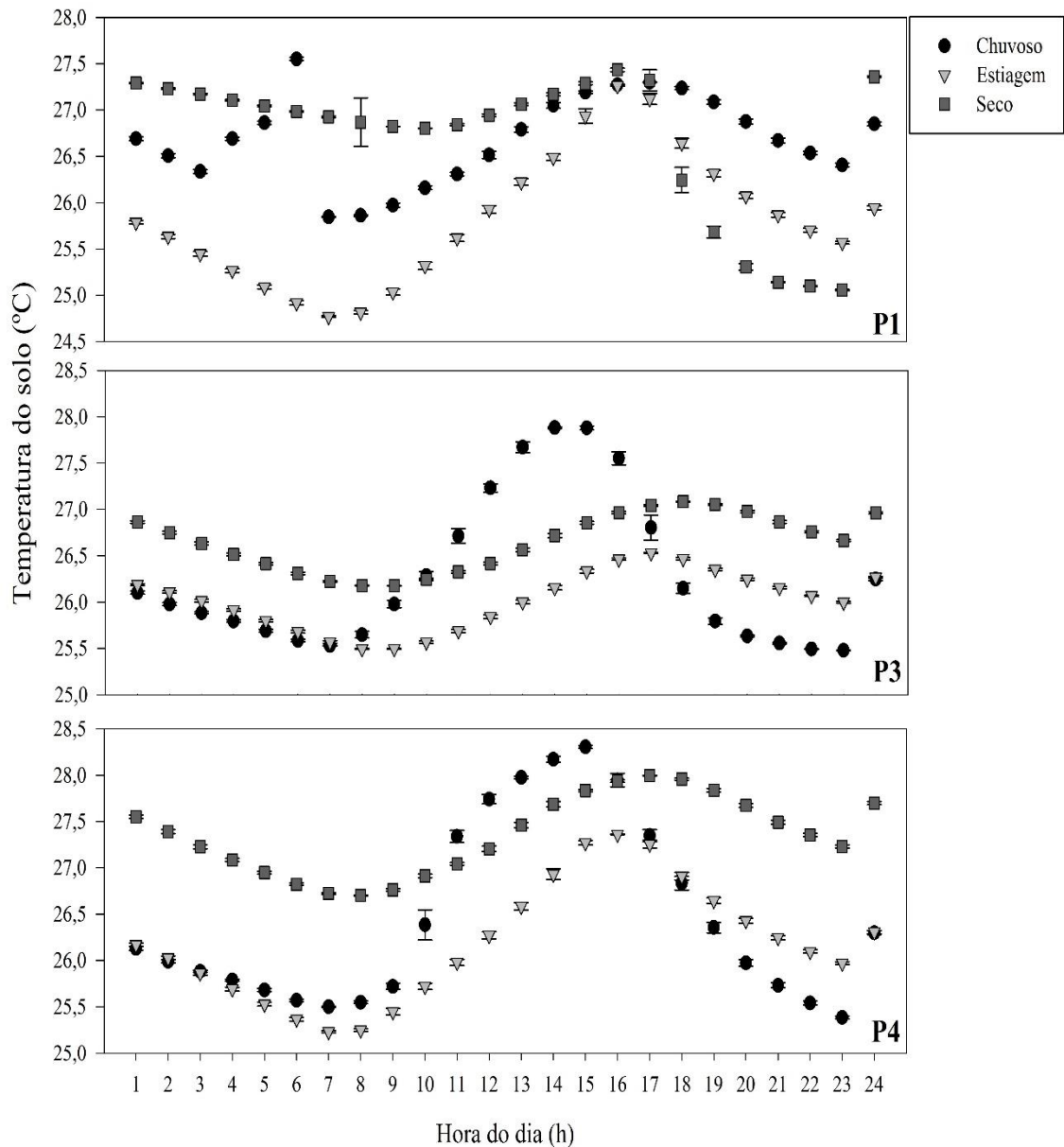


Figura11: Perfil da temperatura do solo na profundidade de 10 cm em diferentes horários do dia do ano 126 (06/05/2014) no período chuvoso, dia do ano 236 (24/08/2014) no período de estiagem e o dia do 359 (25/12/2014) no período seco.

O perfil horário caracteriza bem a flutuação diária da temperatura do solo (figura 11). Durante a madrugada e início da manhã, até cerca de 07 h, a temperatura do solo diminui, com exceção do p1 no período chuvoso, onde houve precipitação pluvial de 145,8 mm neste dia. A partir de 09 h a temperatura do solo começa a elevar, chegando ao máximo cerca de 15 h, no entanto há diferença na flutuação da temperatura nos períodos e entre os perfis. O p4 apresentou flutuação mais acentuada entre os períodos, o que pode ser explicado pela alta

umidade do solo neste perfil em todos os períodos do ano, e também por ser um perfil compactado.

2.4.CONCLUSÃO

O p3 foi fortemente influenciado pela matéria orgânica depositada no local, pois apresentou elevada umidade do solo e baixa temperatura do solo em comparação aos demais perfis. O p4, por ser mais compactado, apresentou menor variação da umidade e temperatura do solo. O perfil 5 mostrou-se o mais úmido em todos os períodos, em, relação aos demais perfis. Todos os perfis apresentaram redução do conteúdo volumétrico de água no solo na profundidade de 20 cm, assim conclui-se que o sistema radicular da palma de óleo concentra-se nessa profundidade.

REFERÊNCIAS

BASTOS, T. X. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendzeiro no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.564-570, 2001.

BELTRAME, L. F. C.; TAYLOR, F. C. **Causas e efeitos da compactação do solo. Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 33, n. 318, p. 59-62, jan./fev. 1980

BASTOS, T. X. **Aspectos agroclimáticos do dendzeiro na Amazônia Oriental**. In: VIÉGAS, I. de J., MÜLLER, A. A. A cultura do dendzeiro na Amazônia Brasileira. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. pp. 48-60.

BELAN, L.L.; XAVIER, T. M. T.; TORRES, H.; TOLEDO, J. V.; Macedo, J. E. P. Rev. Acad., **Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 11, Supl. 1, p. S147-S154, 2013

BOARI, A. J. **O desafio das pesquisas com a etiologia do Amarelecimento Fatal (AF) para a cultura da palma de óleo**. In: Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo para a Cultura da Palma de Óleo na Amazônia. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. pp. 159-172.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 5. ed. São Paulo: F. Bastos, 1979. 647 p.

BRASIL. **Casa Civil da Presidência da República**. Decreto nº 7.172, de 7 de maio de 2010a. Brasília, 2010^a. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7172.htm>. (Acesso em dez de 2014).

CAMPBELLSCI, Inc. NL115 **Ethernet and Compact Flash Module Revision**: 2/14. 2013.

CARVALHO, C. J. R. de. **Ecofisiologia do dendzeiro (Elaeis guineenses Jacq.)**. In: VIÉGAS, I. de J., MÜLLER, A. A. A cultura do dendzeiro na Amazônia Brasileira. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. pp. 89-119.

CARVALHO, A. V de, ALVES, B. J. R., REIS, V. M. **Resposta do dendzeiro à adição de nitrogênio e sua influência na população de bactérias diazotróficas** 2006

CINTRA, F. L. D.; RESENDE, R. S.; LEAL, M. de L. da S. **Revista Brasileira de Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.6, p.614–619, 2008.

CORLEY, R.H.V; TINKER, P. B. **The Climate and Soils of the oil Palm-growing Regions**. In: *The oil palm*. 4 ed. Malden: Blackwell Science, 2003.

COSTA, W.A.J.M.D.; SANGAKKARA, U.R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, v.144, p.111-133, 2006.

CUNHA, R. N. V. da; LOPES, R.; BARCELOS, E.; RODRIGUES, M. R. L.; TEXEIRA, P.C.; ROCHA, R. N. C. **Produção de híbridos interespecíficos dendê (*Elaeis guineenses*) x caiaué (*Elaeis oleífera*)**. In.: III Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, Gramado, RS, 2005.

CUNHA, R. N. V. da; LOPES, R. B. R. S. **Manicoré: Híbrido Interespecífico entre o Caiaué e o Dendzeiro Africano Recomendado para Áreas de Incidência de Amarelecimento-Fatal**. Comunicado Técnico 85. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 4p, Setembro 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Zoneamento agroecológico do dendzeiro para áreas desmatadas da Amazônia legal**. Rio de Janeiro, 2010.

EMBRAPA. **Agroenergia: Dendê**. Disponível em: <http://www.cpa.embrapa.br/portifolio-01/agroenergia/dende>. Acesso em: dez. 2014.

FEDEPALMA. Tendencias actuales, desafíos y oportunidades del Aceite de Palma en América. In: FEDEPALMA (Org.). **Conferência Internacional sobre Palma de Aceite**. Colômbia, 2012 p.60.

G. K. Seben, R. C. de Oliveira Junior, C. S. Tanabe, A. D. Silva, I. C. T. Martins. revista do Instituto Luterano de Ensino Superior de Santarém / Universidade Luterana do Brasil. – N. 1 (jan./jun. 2000) – Canoas : Ed. ULBRA, 2000.

GASPARIN, E. *et al.* Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, no. 1, p. 107-115, Jan./March, 2005.

GOMES JÚNIOR, R. A., BARRA, V. R. **Seleção de áreas aptas para o cultivo sustentável da palma de óleo.** In: Gomes Júnior, R. A. (ed.). Bases técnicas para a cultura da palma de óleo integrado na unidade produtiva da agricultura familiar, Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2010, Parte II, pp. 3-9.

GERRITSMA, W.; WESSEL, M. Oil palm: domestication achieved? **Netherlands Journal of Agricultural Science**, n. 45, p. 463-75, Dez 1997.

LACERDA, R. de.; GERRA, H. O. C.; BARROS JUNIOR, G.; CAVALCANTE, M. L. F. Avaliação de um TDR para determinação do conteúdo de água do solo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Volume 5- Número 1.

LAL, R. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global. **Science**, v.304, p.1623, 2004.

LAVIOLA, B. G.; ALVES, A. A. **BIOCOMBÚSTIVEL.** In: AGRIANUAL: Anuário da Agricultura Brasileira, p. 25, 2012.

HENDERSON, J.; OSBORNE, D.J. The oil palm in all our lives: how this came about. **Endeavour**, 24(2), p.63-68, 2000.

HARTLEY, C. W. S. **The Oil Palm.** 3ed. London: Longman, 1988.

HILLEL, D. **Soil and water: physical principles and processes.** 3. ed. New York: Academic, 1972. 288 p.

IPCC. **Climate Change: The physical science basis.** Introduction. In CUBASCH, U., D. WUEBBLES, D. CHEN, M.C. FACCHINI, D. FRAME, N. MAHOWALD, AND J.-G. WINTHER: Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.

JOURDAN, C.; REY, H. architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. **Plant and soil**, v. 189, n. 1, p. 33-48, 1997.

MARIN, F. R.; ASSAD, E. D.; PILAU, F. G. Clima e Ambiente: introdução à climatologia para ciências ambientais. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 127p.

MELLO, F. DE A. F. DE; SILVEIRA; R. I.; ARZOLLA, S.; HELLMEISTER, S. R. **Efeitos da Matéria Orgânica sobre a Capacidade De Retenção de Umidade de Quatro Solos do Município de Piracicaba**, vol 35, 1978.

MORAES, V.H; MASTOS, T. X. Variabilidade e limitações climáticas para as cultura permanentes, semi permanentes e anuais com possibilidade de expansão na Amazônia brasileira. In: INSTITUTO DE AGROPECUÁRIA DO NORTE. (Belém, PA) IPEAN. **Zoneamento agrícola na Amazônia: 1ª aproximação**. Belém, 1972. p. 121-153.

MÜLLER, A. A.; ALVES, R. M. **A dendeicultura na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 44 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 91).

NELSON, P. N.; BANADAS, M.; SCOTTER, D. R.; WEBB, M. J. Using soil water depletion to measure spatial distribution of root activity in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) plantations. **Plant Soil** (2006).

ORTOLANI, A.A.; PINTO, H.S. **Temperatura do solo**. In: MONIZ, A.C. Coord. Elementos de Pedologia, São Paulo:Polígono, 1972. p.59-76.

OTHMER, H.; DIEKKRUGER, B.; KUTILEK, M. Bimodal porosity and unsaturated hydraulic conductivity. **Soil Science**, Baltimore, v. 152, n. 3, p. 139-150, 1991.

PREVEDELLO, C. L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba: Salesward-Discovery, 1996.

RICHARD, M., PETRONE, J. S., PRICE, S. K., WADDINGTON, J. M. Statistical characterization of the spatial variability of soil moisture in a cutover peatland. **Hydrological Processes**, v.18, p.41–52, 2004.

RUER, P. système racinaire du palmier à huile et alimentation hydrique. **Oléaginux** v. 24, n. 6., p. 327-330, 1969.

SEBEN, G. K.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; TANABE, C. S.; SILVA, A. D.; MARTINS, I. C. T. Avaliação da temperatura do solo em três profundidades, sobre diferentes coberturas vegetais em latossolo amarelo muito argiloso do oeste paraense. **Espaço Científico** v.12, n.1/2, 2011.

SWAN, J.B.; SHAFER, M.J.; PAULSON, W.H. & PETERSON, A.E. Simulating the effect of soil depth and climate factors on corn yield. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, 51: 1025-1032, 1987.

SILVA, F. L.; HOMMA, A. K. O.; PENA, H. W. A. O ciclo do dendezeiro na Amazônia: promessa de um novo ciclo econômico na região. Observatório de la **Economia Latinoamericana**, nº 158, 2011.

SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS. **Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica**: Dendê. SUFRAMA: MANAUS. 2003.

TAN. K.T. LEE, K.T. MOHAMED A.R. BHATIA, S. 2009. Palm oil: Addressing issues and towards sustainable development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 13:420–427.

TEIXEIRA, W. G.; MARTINS, G. C.; CUBAS, O.; FREITAS, P. L. de; RODRIGUES, M. do R. L.; RAMALHO FILHO, A. **Características físicas do solo adequadas para implantação e manutenção da cultura de palma de óleo na Amazônia**. In: Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo para a Cultura da Palma de Óleo na Amazônia. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2010. Pp 143 – 149.

TIMM, L. C.;PIRES, L. F.;REVERATTI, R.; ARTHUR, R. C. J.; REICHARDT, K.; OLIVEIRA, J. C. M. de.; BACCHI, O. O. S. Field spatial and temporal patterns of soil water content and bulk density changes. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v.63, n.1, p.55-64, Jan./Feb. 2006.

TOMASELLI, J. T. G. **Influência de algumas características do solo sobre a calibração de um aparelho de TDR (time domain reflectometry)**. Piracicaba, 1997. 109 p. Tese Doutorado – Centro Nacional de Energia na Agricultura, Universidade de São Paulo.