UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

MANEJO DE ÁGUA DE CISTERNA PARA A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

ELVIS PANTALEÃO FERREIRA

Recife, PE

Julho de 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

ELVIS PANTALEÃO FERREIRA

MANEJO DE ÁGUA DE CISTERNA PARA A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requesito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cartaxo Rolim Neto

Coorientadores: Drª. Luiza Teixeira de Lima Brito; Dr. Tarcizio Nascimento

Recife, PE

Julho de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

F383m Ferreira, Elvis Pantaleão

Manejo de água de cisterna para a produção de alimentos no semiárido / Elvis Pantaleão Ferreira. – Recife, 2015.

99 f.: il.

Orientador: Fernando Cartaxo Rolim Neto.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Recife, 2015.

1. Água de chuva 2. Cisterna 3. Agricultura familiar. I. Rolim Neto, Fernando Cartaxo, orientador II. Título

CDD 628

Elvis Pantaleão Ferreira

MANEJO DE ÁGUA DE CISTERNA PARA A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requesito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em 02 de julho de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcus Metri Correa (UFRPE)

Dr. Roberto da Boa Viagem Parahyba (Embrapa – Solos)

Prof. Dr. Fernando Cartaxo Rolim Neto (Orientador – UFRPE)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS pela vida, saúde e por todos os sonhos alcançados.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE em nome dos Professores doutores Romildo Morant de Holanda, Marcus Metri Corrêa e Vicente de Paula Silva, pela oportunidade da realização do curso de mestrado. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Orientador Dr. Prof. Fernando Cartaxo Rolim Neto, pela confiança depositada em mim, pelo apoio e incentivo sempre cultivado durante o curso de pós-graduação.

À Coorientação dos pesquisadores doutores Luiza Teixeira de Lima Brito e Tarcizio Nascimento, da Embrapa Semiárido. Ao analista Raimundo Parente de Oliveira, pelo auxílio nas análises estatísticas, Nilton de Brito Cavalcanti e Marcone Lopes dos Santos, essenciais para a realização dos estudos e pelo companheirismo.

De forma especial ao casal Luiza e Nilton que sempre me acolheram com carinho, atenção e generosidade, nas várias viagens realiadas a Petrolina – PE, para o acompanhamento e condução da pesquisa.

Ao meu irmão M. Sc. José Thales Pantaleão Ferreira, ao doutorando em Ciência do Solo – Wagner Luis da Silva Souza, e demais colegas da turma do PPEAMB pelo companheirismo e conhecimentos compartilhados.

Aos meus pais Antonio Cardoso e Ivaneide Pantaleão, que mesmo distantes sempre estiveram torcendo pelo meu sucesso.

Aos meus avôs e tios que me acolheram, com carinho, em seu aconchegante lar, tornando os nossos dias mais felizes durante a realização do mestrado em Recife – PE.

À minha querida esposa, pela paciência, compreensão e confiança depositada em mim, e que mesmo diante de grande de volume de trabalhos me fez sentir que não estava sozinho.

Obrigado.

“*Cada obra nos traz um proveito especial e não algo comum a todos*”

(Autor desconhecido).

RESUMO

O Semiárido brasileiro é caracterizado pela presença do bioma da caatinga, e essencialmente pela ocorrência dos menores índices pluviométricos do país, cujas precipitações médias anuais são inferiores a 800 mm, marcada pela alta variabilidade espacial e temporal das chuvas. Apesar disso, é reconhecido que essa região dispõe de um potencial suficiente para o desenvolvimento e permanência da população no campo. A utilização de tecnologias alternativas de convivência com a seca, tal como o uso de cisternas, pode assegurar à população rural uma alimentação com qualidade e em quantidade, por meio dos manejos sustentáveis da terra e da água. A presente pesquisa teve como objetivos conhecer a situação atual do uso de cisternas do Programa P1+2 e avaliar a produtividade de um pomar e de uma horta, explorados no sistema de agricultura familiar, através do volume de água de uma cisterna do tipo Calçadão, na região semiárida de Pernambuco. A pesquisa foi conduzida em campo com cinco espécies de fruteiras: mangueira, cajueiro, aceroleira, pinheira e laranjeira, com quatro anos de idade, no espaçamento de 5 metros entre plantas e 5 metros entre linhas. O delineamento das culturas em campo foi composto por dois tratamentos, o irrigado com água da cisterna e o não irrigado, com três repetições para o tratamento irrigado e duas repetições para o tratamento não irrigado, sendo uma planta de cada fruteira correspondendo a uma repetição, conforme arranjo [(3x5) + (2X5)] totalizando 25 plantas. Para o dimensionamento da quantidade de água a ser aplicada, foi considerado o volume de água armazenado na cisterna, e o ano dividido em três momentos: período chuvoso, período intermediário e período seco, sendo realizada respectivamente, a aplicação crescente do volume de água, na ordem de 8, 12 e 16 litros de água, três vezes por semana por planta, conforme a duração de cada período. A pesquisa também contemplou dois canteiros, cada um com quatro metros quadrados, cultivados com pimentão, couve folha, rúcula, coentro e alface, sob duas lâminas de água da cisterna: 32 e 16 litros por dia, durante 365 dias. Com vistas a colher dados quanto à umidade do solo, foi monitorado o conteúdo de água no perfil do solo, pelo método indireto, através da Reflectometria no Domínio da Frequência – FDR. Para tal utilizaram-se de tubos de acesso localizados a 40 cm do caule de cada planta do pomar e no centro dos canteiros. Após um ano de observações, constatou-se que os volumes de água aplicados no pomar proporcionaram produções significativas. Para as hortaliças, a melhor relação água/produção foi obtida com 16 litros de água aplicados diariamente. Os resultados obtidos evidenciam que a utilização da cisterna pode garantir um consumo regular de frutas e hortaliças na dieta alimentar das famílias rurais do Semiárido de Pernambuco, contribuindo para a permanência da população no campo.

Palavras-chave: água de chuva, cisterna, agricultura familiar

ABSTRACT

The Brazilian semiarid is characterized by the Caatinga biome presence, and essentially the occurrence of the lowest rainfall in the country, whose average annual rainfall is less than 800 mm, marked by high spatial and temporal variability of rainfall. Nevertheless, it is recognized that this region has sufficient potential for the development and permanence of the population in the field. The use of alternative technologies coexistence with drought, such as the use of cisterns, can ensure the rural population with a food quality and quantity, through sustainable management of land and water. This research aimed to know the current status of the cisterns of the P1 + 2 Program and evaluate the productivity of an orchard and a vegetable garden, explored in the family farming system through the volume of water from a cistern Calçadão type, in the semiarid region of Pernambuco. The research was conducted in the field with five species of fruit trees: mango, cashew, cherry antilles, custard apple and orange, with four years of age, spaced five meters between plants and 5 meters between lines. The design of the fruit trees in the field was composed of two treatments, irrigated with water from the cistern and not irrigated, with three replicates for irrigated treatment, and two repetitions for non-irrigated treatment, being one plant of each fruit tree corresponding to a repetition, as arrangement [(3x5) + (2X5)] totaling 25 plants. To quantify the amount of water to be applied, it was considered the volume of water stored in the cistern, and the year divided into three periods: the rainy season, interim period and dry season, applying the increasing volume of water, respectively, 8, 12 and 16 liters of water, three times a week per plant, depending on the length of each period. The research also included two vegetable beds, each with four square meters, planted with peppers, cabbage leaf, arugula, cilantro and lettuce, applying two volumes from the cistern: 32 and 16 liters per day for 365 days. In order to gather data about the soil moisture, was monitored the water content in the soil profile, using the indirect method by Frequency Domain Reflectometry - FDR. For this, access tubes were used located within 40 cm of the stem of each plant in the orchard and in the center of the vegetable beds. After a year of observations, it was found that the volume of water applied in the orchard provided significant productions. For the vegetables, the best water/production was obtained with 16 liters of water applied daily. The results show that the use of the cistern can ensure a regular intake of fruit and vegetables in the diet of rural families in the semi-arid of Pernambuco, contributing to the permanence of the population in the field.

Keywords: rainwater, cistern, familiar agriculture

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Semiárido brasileiro 16

Figura 2 – Esquema de uma cisterna de produção do P1+2 21

Figura 3 – Localização espacial do município de Petrolina no estado de Pernambuco 25

Figura 4 – Delineamento do experimento em campo 26

Figura 5 – Forma de aplicação de água nas fruteiras (A); técnica utilizada para o controle de aplicação do volume de água – período intermediário (B) 30

Figura 6 – Equipamentos utilizados para a coleta de solos 30

Figura 7 – Medidor do conteúdo de umidade do solo utilizado 35

Figura 8 – Visualização do tubo de acesso no pomar para aferição da umidade do solo 36

Figura 9 – Mapa do Estado de Pernambuco com suas microrregiões 37

Figura 10 – Vista parcial do pomar no período chuvoso 58

Figura 11 – Vista parcial do pomar no período seco. (A) planta de mangueira que recebeu água da cisterna; (B) planta de mangueira que não recebeu água da cisterna 65

Figura 12 – Vista parcial dos canteiros cultivados com hortaliças 67

Figura 13 – Aspectos de produção do pomar 74

Figura 14 – Aspectos de produção dos canteiros (1) e (2) 79

Figura 15 – Fruteiras em consórcio com a criação de galinhas na comunidade Lindolpho Silva 82

Figura 16 – Cultivo de coentro e pimentão nas comunidades Baixa da Boa Vista e Campo Verde 84

Figura 17 – Cobertura morta usada nas fruteiras 85

Figura 18 – Uso de bomba para retirada de água nas cisternas 86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativa do volume de água da cisterna aplicado às 15 fruteiras 28

Tabela 2 – Estimativa do volume de água da cisterna aplicado às hortaliças 29

Tabela 3 – Análise da água armazenada na cisterna 41

Tabela 4 – Precipitação pluviométrica (mm), número de dias sem chuvas e aplicação de água às fruteiras. 43

Tabela 5 – Precipitação pluviométrica (mm), número de dias sem chuvas e aplicação de água aos canteiros 1 e 2..... 45

Tabela 6 – Caracterização química das amostras do solo 46

Tabela 7 – Classificação granulométrica do solo..... 49

Tabela 8 – Caracterização física do solo..... 50

Tabela 9 – Dados do desenvolvimento vegetativo do pomar no início do experimento..... 69

Tabela 10 – Dados do desenvolvimento vegetativo do pomar no fim do período do experimento 70

Tabela 11 – Dados de produção de três plantas que receberam água da cisterna 72

Tabela 12 – Dados de produção para os tratamentos de fruteiras não irrigadas 75

Tabela 13 – Produção das hortaliças cultivadas com irrigação..... 76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Precipitação pluviométrica anual para a região de Petrolina – PE (2006 a 2014) 39

Gráfico 2 – Distribuição mensal da precipitação pluviométrica e o número de dias sem chuvas para o ano de 2014, na área de estudo 40

Gráfico 3 – Curvas Características de Retenção de Água no Solo (CCRAS) para as camadas de 0,0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 metros 52

Gráfico 4 – Perfil da umidade do solo com fruteiras irrigadas durante o período chuvoso 55

Gráfico 5 – Perfil da umidade do solo com fruteiras não irrigadas durante o período chuvoso 57

Gráfico 6 – Perfil da umidade do solo com fruteiras irrigadas durante o período intermediário 59

Gráfico 7 – Perfil da umidade do solo com fruteiras não irrigadas, período intermediário 61

Gráfico 8 – Perfil da umidade do solo com fruteiras irrigadas durante o período seco 62

Gráfico 9 – Perfil da umidade do solo com fruteiras não irrigadas durante o período seco 64

Gráfico 10 – Perfil da umidade do solo na horta, nos canteiros 1 e 2 69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

2. REVISÃO DE LITERATURA 15

2.1 Caracterização do Semiárido brasileiro 15

2.2 Aspectos Socioeconômicos 18

2.3 O Programa P1+2 20

2.4 Caracterização da agricultura familiar 23

3. MATERIAL E MÉTODOS 25

3.1 Caracterização da área de estudo 25

3.2 Experimento, solo, tratos culturais e água 26

3.4 Aplicação de água às fruteiras e hortaliças 28

3.3 Determinação dos atributos físicos do solo 30

3.5 Determinação dos atributos químicos do solo 33

3.6 Determinação dos atributos físico-químicos da água 34

3.7 Monitoramento do conteúdo de água no solo 35

3.8 Análise dos dados 37

3.9 Levantamento em campo de comunidades contempladas com o P1+2 37

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 38

4.1 Precipitação pluviométrica e qualidade da água 38

4.2 Características químicas e físicas do solo da área experimental 46

4.3 Conteúdo de água no perfil do solo 54

4.4 Desenvolvimento vegetativo do pomar 69

4.5 Produção de frutas e hortaliças 72

4.6 Contextualização do uso da água da cisterna do P1+2 por comunidades contempladas na microrregião do Vale do Submédio São Francisco 80

5. CONCLUSÕES 88

REFERÊNCIAS 89

1. INTRODUÇÃO

O Semiárido do Brasil ocupa 67% da região Nordeste, perfazendo 1.133 municípios de todos os estados, além do norte do estado de Minas Gerais, caracterizado por apresentar os menores índices pluviométricos do país, cujas precipitações médias anuais são iguais ou inferiores a 800 mm, marcada pela variabilidade espaço-temporal, baixa umidade relativa do ar, em torno de 50%, vegetação basicamente composta por caatinga hiperxerófila com trechos de floresta caducifólia e temperatura média anual de 26,3 ºC, variando entre 18,2 e 34 ºC (BRASIL, 2005; Correia et al., 2011).

A baixa disponibilidade de água na região tem se constituído em um obstáculo à permanência das famílias no meio rural. Contudo, é reconhecido que essa região dispõe de um potencial que pode ser melhor explorado para o desenvolvimento sustentável de suas populações (PAN BRASIL, 2004). Nesse sentido, pesquisas apontam que para resolver o problema hídrico do Semiárido brasileiro, a água de chuva deve ser considerada tão ou mais importante que as outras fontes de água disponíveis. Isto se dá, por meio do desenvolvimento de pesquisas e o emprego de tecnologias que permitam aumentar a oferta de água na região, para atender às diferentes demandas de forma adequada.

Ao longo dos anos diversas tecnologias sociais vêm sendo desenvolvidas, consolidadas e aprimoradas para fortalecer o convívio das famílias em condições de semiaridez, embasadas no conhecimento acadêmico e alicerçadas no resgate da valiosa contribuição de saberes e das experiências acumuladas da população que ali reside, haja vista sua criatividade para encontrar soluções práticas para os problemas cotidianos. Para Costa (2013) as tecnologias sociais voltadas para o Semiárido podem ser definidas como alternativas simples, de baixo custo e de fácil reaplicação, para a solução de ordens estrutural e efetiva na resolução de problemas sociais. Nesse contexto, Costa (2013) e EL-Deir (2013) destacam que as tecnologias sociais fundamentam basicamente em duas premissas para sua propagação, a participação efetiva da comunidade no seu processo de construção e/ou apropriação e a sustentabilidade nas soluções apresentadas.

Dentre as tecnologias possíveis de serem usadas, tem-se a cisterna tipo calçadão contemplada no Programa Uma Terra e Duas Águas – P1+2 (ASA, 2014). Neste programa, as cisternas são construídas de forma cilíndrica semienterrada, em placas pré-moldadas de cimento, com capacidade de 52 mil litros, abastecidas pela água das chuvas captadas por um calçadão com 200 m^2, construído em alvenaria. Denominadas também de cisternas de

produção, pois são destinadas ao uso produtivo, comumente implantadas nos quintais das moradias da zona rural.

No tocante ao manejo da água de chuva armazenada em cisternas do P1+2 para a produção de alimentos no sistema de agricultura familiar no Semiárido brasileiro, poucos são os trabalhos realizados e publicados. Portanto, há necessidade de pesquisas que contribuam para a produção de frutas e hortaliças para o consumo familiar, cultivadas com uso da água de cisterna no Semiárido pernambucano. A quase totalidade dos estudos com uso eficiente da água, não contempla o uso da cisterna, pois são direcionados para a fruticultura irrigada no Vale do Submédio do São Francisco, de alta produção, motivada pelos generosos investimentos, e pela necessidade do aumento de produtividade e qualidade dos frutos no contexto de uma economia globalizada.

A presente pesquisa objetivou avaliar a produção de fruteiras e hortaliças cultivadas com água de cisterna do P1+2 no Semiárido pernambucano, exploradas no sistema de agricultura familiar. Para tanto, a pesquisa foi composta por espécies comumente cultivadas no meio rural pelas famílias da região. Paralelamente, objetivou-se conhecer a situação atual do uso das cisternas do P1+2, em comunidades rurais contempladas, situadas na microrregião do Vale do Submédio do São Francisco e suas reais contribuições na melhoria da qualidade de vida das famílias, com vistas a fornecer subsídios que contribuam para o fortalecimento do Programa Uma Terra e Duas Águas na região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização do Semiárido brasileiro

A delimitação do Semiárido brasileiro foi criada em 07 de janeiro de 1936, pela Lei n° 175, sendo denominado Polígono das Secas (BRASIL, 1936). Todavia, seu primeiro traçado só foi estabelecido dez anos depois em 13 de setembro de 1946, pelo Decreto-Lei nº 9.857 (BRASIL, 1946). A realização de obras destinadas a prevenir e atenuar os efeitos das secas na região e no Brasil, ficou a cargo da Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas – I.F.O.C.S, posteriormente designada de Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – D.N.O.C.S.

Em 1968 mediante o Decreto-Lei nº 63.778, a competência passou a ser delegada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, cabendo também a esse órgão, declarar de acordo com a legislação específica, quais os municípios pertencentes ao Polígono das Secas (BRASIL, 1968). Na ocasião, a delimitação atribuía como critério a precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros. Contudo, em vários momentos surgiam novas áreas inseridas no Semiárido, por critérios técnicos e/ou políticos, sua última atualização em 1995, por meio da Portaria n° 1.181 da SUDENE (MI, 2005).

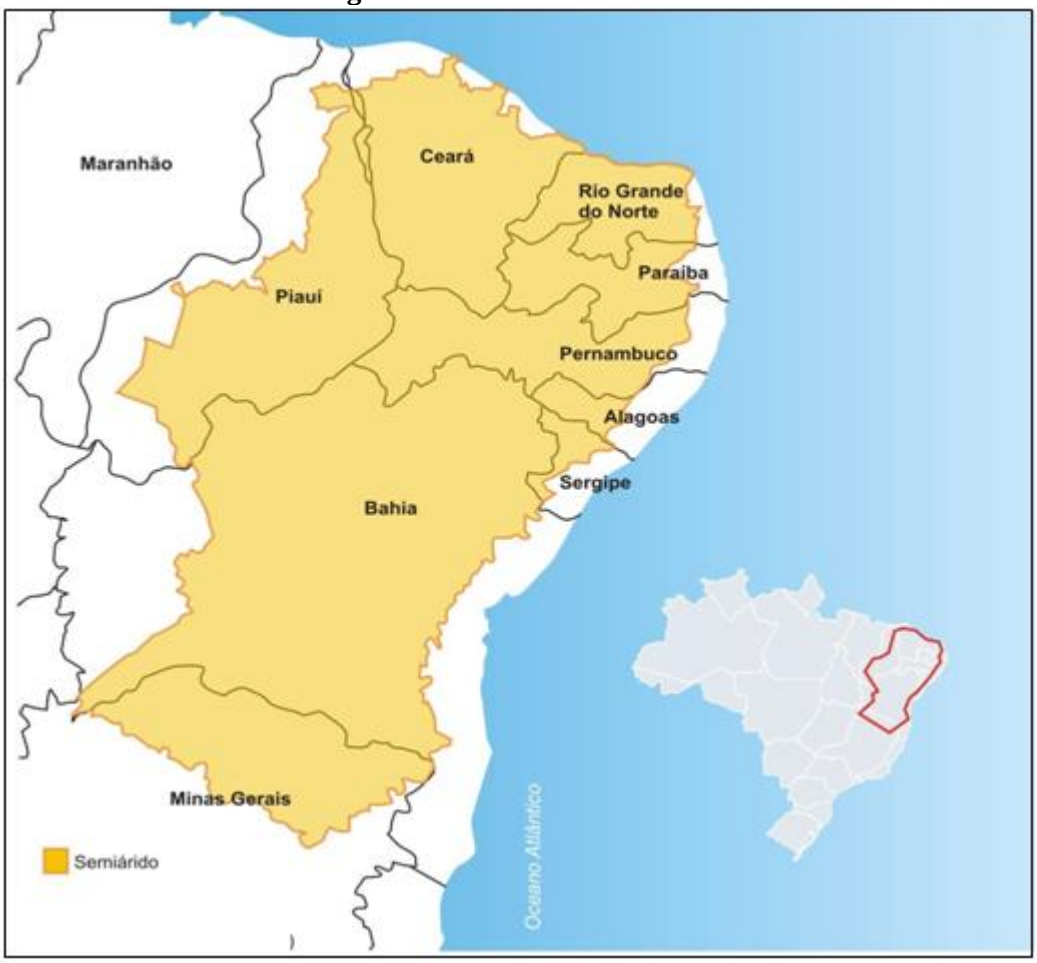
Com a extinção da SUDENE em 2001, o Ministério da Integração Nacional – MI assumiu suas atribuições. Para tanto, visando aperfeiçoar a metodologia de delimitação, para definir efetivamente o espaço semiárido oficial, em 2004, mediante Portaria Interministerial nº 06, foi instituído um grupo de trabalho, sob a coordenação do Ministério da Integração Nacional, para apresentar estudos e propostas de critérios para redefinir o Semiárido e orientar políticas públicas de apoio ao desenvolvimento da região, em particular, do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE (MI, 2005).

Em 2005, o Ministério da Integração Nacional atualizou a abrangência oficial do Semiárido. Para a nova delimitação adotaram-se três critérios técnicos: a) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; b) índice de aridez de até 0,5 – calculado pelo balanço hídrico que relaciona a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial entre os períodos de 1961 a 1990; c) o risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (BRASIL, 2005).

Portanto, a nova definição do Semiárido brasileiro sofreu um acréscimo de 9% de sua área e de 102 municípios, ficando com 982.563,3 Km^2 e 1.133 municípios (Figura 1). Contudo, pesquisas sugerem que convém atualizar o estudo de delimitação do Semiárido a

cada dez anos, considerando mudanças climáticas no longo prazo, haja vista que a semiaridez é uma qualidade do clima, fenômeno estrutural por natureza.

Figura 1 – Semiárido brasileiro



Fonte: Ministério da Integração Nacional (2005).

Os municípios que integram o Semiárido brasileiro possuem benefícios em relação à políticas de crédito e fiscais para o financiamento de atividades produtivas. Some-se a isto, o fato de que o governo tem atuado na promoção e na busca de difusão de tecnologias de convivência com a semiaridez. O qual considera os municípios como unidades integrais e indivisíveis. No tocante ao clima, o Semiárido brasileiro apresenta temperaturas médias anuais de 23 a 27 °C; precipitações delimitadas pela isoieta de 800 mm anuais, marcada por expressiva variabilidade espacial e temporal; insolação média de 2.800 $h.ano^{-1}$; evaporação anual de 2.000 mm; umidade relativa média do ar em torno de 50% (SUDENE, 2000).

De acordo com Alves (1953) apud Campus (2014) a ocorrência de seca no Semiárido brasileiro é registrada desde o século XVII, no entanto, há relatos datados de 1587 sobre ocorrências em comunidades indígenas sertanejas. Para Souza et al. (2001) a seca é um fenômeno natural, caracterizado por fatores climáticos, como os movimentos de massas de ar

atmosférico e das correntes marítimas. Tais movimentos associados à variações de padrões de temperatura da superfície do mar, sobre os oceanos tropicais, influenciam a posição, quantidade, intensidade e frequência das precipitações.

Barnash & Ferral (1973) apud Campos (1997) destacam que a seca deve ser compreendida como uma condição de secura anormal, em relação às necessidades do homem, pois, em qualquer região, a natureza produz uma vegetação em harmonia com o ciclo de umidade disponível. O homem, no entanto, frequentemente viola essa harmonia ao introduzir culturas e animais de pouca adaptação. Todavia, Silva (2006) ressalta que o Semiárido brasileiro é um dos mais chuvosos, considerando que a maioria das zonas semiáridas do mundo possui precipitação pluviométrica média anual da ordem de 80 a 250 mm.

Um dos fatores marcantes na paisagem do Semiárido brasileiro é a presença da vegetação de caatinga, que significa na língua Tupi “Mata Branca” (Loiola et al., 2012) único bioma restrito ao território brasileiro, de relevância biológica e de beleza peculiar, caracterizada pelo aspecto da vegetação esbranquiçada, pela perda das folhas durante a estação seca, ocasionada por adaptações anátomo fisiológicas de proteção para o período seco, como a presença de espinhos, microfilia, cutículas impermeáveis, caducifolia, sistemas de armazenamento de água em raízes e caules modificados (Leal et al., 2005).

Trabalhos realizados por Araújo et al. (2005) e Giulietti et al. (2006), destacam que devido à heterogeneidade do relevo, clima, qualidade dos solos, rede hidrográfica e da ação antrópica, a composição florística da Caatinga não é uniforme, apresentando também uma fisionomia arbórea, todavia, limitada a microclimas específicos caracterizados por manchas de solos ricos em nutrientes e com maior disponibilidade hídrica.

Segundos Leal et al. (2003) a Caatinga é considerado um dos o Biomas mais ameaçados do Brasil. Prado (2003) ressalta que das 47 Unidades de Conservação – UC existentes menos de 1% são de proteção integral, apresentando a menor extensão protegida dentre todos os biomas brasileiros. Conforme discutido por Capobianco (2002) dentre as formações vegetais, considera-se a Caatinga um dos biomas brasileiros mais alterados pelas atividades humanas, sendo o terceiro bioma brasileiro mais modificado pelo homem, sendo ultrapassado apenas pela Mata Atlântica e pelo Cerrado.

A cobertura pedológica do Semiárido é bastante variável, o que contribui para o elevado número mencionado de grandes unidades de paisagem, todavia, estão relacionadas com o clima, material de origem, vegetação e relevo, apresentando como característica fundamental rochas cristalinas, seguidas de áreas sedimentares. Em menor proporção, áreas

de cristalino com predomínio de gnaisses, granitos, migmatitos e xistos com cobertura rasa de sedimentos arenosos ou arenoargilosos (Cunha et al., 2010).

Topograficamente, o Semiárido caracteriza-se por apresentar relevo plano a ondulado com vales abertos. Conforme Jacomine (1996), em consequência da combinação dos fatores de diversidade de material de origem, relevo e regime de umidade do solo, resultou em diversas classes de solos, os quais se apresentam em grandes extensões de solos jovens rasos e solos bem evoluídos e profundos. Esses solos ainda segundo o autor são, respectivamente representados por 19,2% de Neossolos Litólicos; 9,3% de Neossolos Quartzarênicos; 4,4% de Neossolos Regolíticos; 3,6% de Cambissolos; 13,3% de Luvissolos; 9,1% de Planossolos; 21% de Latossolos e 14,7% de Argissolos. Os Neossolos Flúvicos, Vertissolos e Chernossolos, entre outros, perfazem 5,4% espacialmente fracionados.

Para Cunha et al. (2010) o cultivo e manejo dos solos do Semiárido brasileiro deve levar em consideração a combinação das condições climáticas, geomorfológicas, pedológicas e cobertura vegetal. Haja vista a heterogeneidade das condições é importante adotar nas atividades agropecuárias, práticas conservacionistas, conciliando manutenção da capacidade produtiva e conservação de recursos naturais com geração de renda e qualidade de vida.

Martins et al. (2010) ressaltam que o desmatamento da vegetação nativa no Semiárido e a prática das queimadas comuns no preparo do solo, têm provocado ao longo dos anos uma acentuada destruição da cobertura vegetal e degradação do solo, deixando-o descoberto e exposto por mais tempo à ação dos agentes climáticos, reduzindo, consequentemente, seu potencial produtivo, aumentando sua erosão e assoreamento dos corpos hídricos, causando danos, muitas vezes irreversíveis ao meio.

O Instituto Nacional do Semiárido – INSA (2011) adverte que a associação de fatores naturais, potencializados por práticas inadequadas das atividades agropecuárias e minerais, tem fragilizado os solos da região, reunindo características que favorecem o surgimento de núcleos de desertificação, cenário que já se observa em alguns municípios da Paraíba, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

2.2 Aspectos Socioeconômicos

Embora acometido por seu peculiar cenário climático, o Semiárido brasileiro é em função da heterogeneidade das condições de ambientes, a extensão semiárida mais povoada do mundo (Moura et al., 2007; FUNDAJ, 2002) com uma população de 22.598.318 milhões de pessoas, aproximadamente 12% da população brasileira, e apresentando uma população rural na ordem de 8 milhões de habitantes (IBGE, 2010). Todavia, esse espaço geográfico

abriga a parcela mais carente da população brasileira, marcado por grandes desigualdades sociais, principalmente no ambiente rural, que segundo Moura et al. (2007) é motivado pela associação de fatores históricos, geográficos e políticos que remontam centenas de anos.

A economia regional é basicamente composta pela pecuária extensiva de criação de gado bovino e de pequenos ruminantes como caprinos e ovinos, e pelo cultivo de espécies resistentes à estiagem e agricultura familiar de baixo rendimento e baixo nível tecnológico, que comumente entra em acentuado declive em períodos de seca, causando até mesmo perda de lavouras e animais (FUNDAJ, 2002).

Todavia, destaca-se no Vale do Submédio São Francisco a geração de emprego e renda em vários municípios, por conta da produção da fruticultura e horticultura irrigadas, destacando-se entre outros os perímetros irrigados de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), implantados a partir do final da década de 60 (Oliveira & Fárias Filho, 2012). A região constitui-se em um verdadeiro polo de desenvolvimento regional, que vem promovendo uma nova dinâmica no Semiárido, tornando-se um dos principais polos de produção da fruticultura irrigada do País (Mantovani,et al., 2013).

Contudo, em grande parte do Semiárido, a agricultura de sequeiro de estrutura familiar, e a pecuária, principalmente de caprinos e ovinos, são as principais atividades econômicas e o meio de subsistência para grande parte da população, que utiliza na maior parte dos casos, técnicas tradicionais, para o aproveitamento das condições naturais desfavoráveis (IPEA, 2010). Neste sentido, recentes dados publicados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (2013) evidenciam que está havendo um preocupante "despovoamento rural" do Semiárido brasileiro, com êxodo para as sedes dos municípios e capitais dos estados da região Nordeste.

Para Silva (2006) e o MAPA (2013) esta tendência de abandono das áreas rurais está relacionada aos anos sucessivos de secas severas; redução drástica das safras e até perda total; diminuição e morte dos rebanhos de gado; baixa oferta de infraestrutura básica para atender as necessidades da população crescente; dificuldade em oferecer novas oportunidades de trabalho "atrativos urbanos"; e aumento do nível de educação formal da população.

Portanto, o cenário da economia nordestina tem apresentado uma nova dinâmica, as cidades têm absorvido praticamente esse contingente de mão de obra rural, como operários da construção civil, empresas de vigilância, hotelaria, restaurantes, bares, comércio, oficinas mecânicas em geral, entre outras ocupações (MAPA, 2013). Contudo, a vida no Semiárido é possível, e, para isso, as famílias devem adaptar-se ao ambiente respeitando a natureza e associando-se a ela. Nesse sentido, é necessário que seja desconstruído o conceito negativo do

Semiárido e edificado um conceito adequado que favoreça a convivência da população com a região (MDS, 2015b), estimulando, valorizando e adaptando as vocações produtivas locais, presentes nesses espaços.

Para conviver com longos períodos secos e chuvas ocasionais, uma das técnicas mais utilizadas no Semiárido brasileiro tem sido o aproveitamento da água da chuva, armazenando-a em reservatórios, para o uso posterior. Para tanto, o Ministério da Integração Nacional vem maximizando a aplicação de recursos de políticas públicas federais, e juntamente com diversas organizações sociais existentes e centros de pesquisas, vêm unindo esforços na recuperação de autoestima e cidadanias adormecidas pela estagnação e desesperança antes predominantes nesses espaços (MI, 2009).

2.3 O Programa P1+2

O Semiárido do Nordeste brasileiro como qualquer outra região Semiárida do mundo, sempre estará sujeito à secas periódicas. Isto porque uma das características naturais desse tipo de clima é a ocorrência de chuvas irregulares e mal distribuídas geograficamente. Assim, para o sertanejo conviver nessas condições, é necessária a adoção de tecnologias de convivência com a região, como a captação da água de chuva para usá-la tanto nos veranicos que ocorrem no período chuvoso, como após esse período (Moura et al., 2007). Contudo, é reconhecido que essa região dispõe de um potencial que pode ser melhor explorado para o desenvolvimento sustentável de suas populações (PAN BRASIL, 2004).

Diversas tecnologias sociais vêm sendo desenvolvidas, consolidadas, e aprimoradas para fortalecer o convívio com o Semiárido, embasada no conhecimento acadêmico e alicerçada no resgate da valiosa contribuição de saberes das experiências acumuladas da população que ai residem, haja vista sua criatividade de encontrar soluções práticas para os problemas cotidianos para a convivência com o Semiárido.

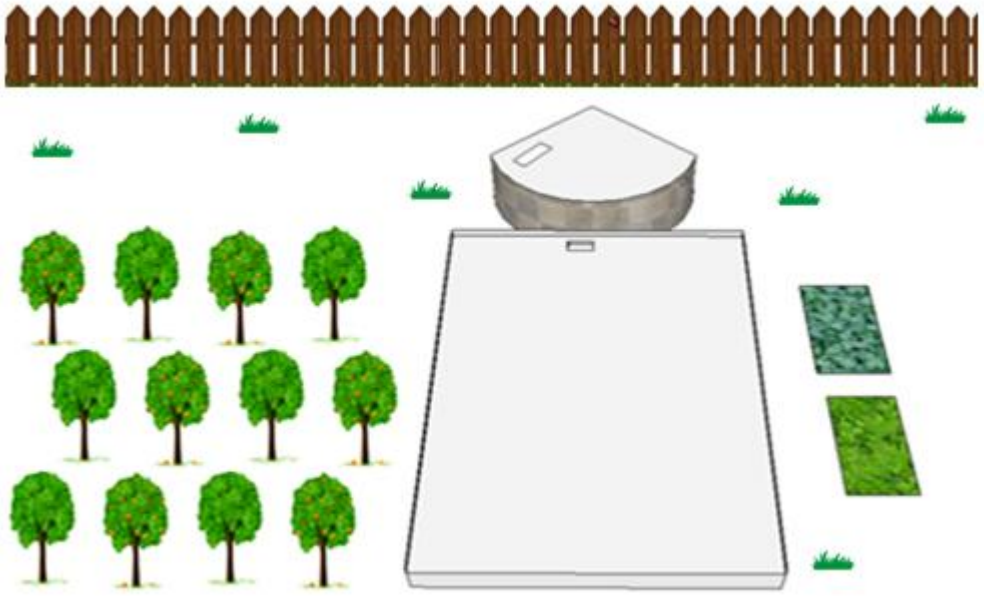
A tecnologia social compreende a introdução de técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social, que podem aliar o saber popular, organização social e conhecimento técnico-científico. Está baseada na disseminação de soluções de baixo custo e de fácil reaplicação, para problemas voltados a demandas do cotidiano como a alimentação, a renda, a saúde, aos recursos hídricos, entre outros, considerando a participação coletiva no processo de organização, desenvolvimento e implementação (FBB, 2015).

Assim, várias tecnologias sociais de eficiência comprovada que adotam estratégias para a convivência com o Semiárido estão sendo reaplicadas por Organizações Não

Governamentais – ONG's ligadas à ASA – Articulação Semiárido Brasileiro, estando entre elas as cisternas de placas, de 52 mil litros, do Programa Uma Terra e Duas Águas – P1+2.

A cisterna de placas de 52 mil litros, é também denominada de "cisterna calçadão" do P1+2. São reservatórios construídos semienterrado de forma cilíndrica, em placas pré-moldadas de cimento (Diaconia, 2008). São chamadas cisternas de produção, pois são destinadas ao armazenamento de água da chuva, visando o uso produtivo, comumente implantado nos quintais das moradias da zona rural. Nesse programa, o reservatório de água está ligado um calçadão com 200 m^2, construído em alvenaria, o qual serve como área de captação da água das chuvas (Figura 2).

Figura 2 – Esquema de uma cisterna de produção do P1+2



Elaborado por Elvis Pantaleão Ferreira (2015).

No Programa Uma Terra e Duas Águas – P1+2 o 1 significa terra para produção, o 2 corresponde a dois tipos de água – a potável para consumo humano, e água para produção de alimentos. As famílias a serem beneficiadas precisam possuir acesso à água para consumo humano, a exemplo das cisternas do Programa Um Milhão de Cisternas – P1MC, e também devem atender aos seguintes critérios: as mulheres serem chefes de família; famílias com crianças de 0 a 6 anos de idade; crianças e adolescentes frequentando a escola; adultos com idade igual ou superior a 65 anos, e ou membro da família residente no domicílio portador de necessidade especial (ASA, 2014).

Também devem ser observados, na escolha das famílias e no tipo de tecnologia que mais se adequada à sua realidade, os seguintes requisitos: as características dos solos; a geologia pela formação rochosa do cristalino, sedimento ou arenito; a localização das

implementações; a lógica de produção seja agricultura, pecuária ou extrativismo; e as formas de manejo (ASA, 2014).

O P1+2 é um projeto de formação e mobilização social para convivência com o Semiárido brasileiro, que visa como objetivo estratégico, assegurar à população rural o acesso à terra e à água, tanto para consumo da família e dos animais, como para produção de alimentos, promovendo a segurança alimentar, animal e vegetal, por meio da construção de processos participativos da população rural (Gnadlinger et al., 2007).

O marco referencial do P1+2 é o "Programa 1-2-1" desenvolvido na China a partir da década de 1990, na região Semiárida do Estado de Gansu, que possibilitou com a água de chuva armazenada em reservatórios, o uso mínimo para salvar as plantas em épocas de escassez de chuva, passando a perenizar o cultivo de hortaliças e frutas, e potencializou a criação de pequenos animais. Dada à semelhança das condições ambientais ao Semiárido brasileiro, esta experiência foi apresentada no final da década de 90 no Brasil, no Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, em Petrolina – PE (Brito et al., 2010).

Essa tecnologia passou a ser experimentada pela sociedade presente no Semiárido brasileiro e encampada enquanto política pública, a qual tem recebido atenção especial do governo federal, instituições de pesquisa e de entidades não governamentais, visando garantir o aumento sustentável da oferta de água para o cultivo de alimentos, segurança hídrica e alimentar para a população do Semiárido brasileiro, proporcionando oportunidades para melhorias na qualidade de vida, e fixando a população rural no campo.

Assim, o avanço do conhecimento tecnológico para a convivência com o Semiárido, incorporado ao acervo de saberes acumulados pelos moradores dessa região, tem proporcionado levar ao campo tecnologias sociais de baixo custo e de comprovada eficiência, possibilitando uma maior oferta de acesso à água e progressos na estruturação produtiva da propriedade.

Até dezembro de 2014 já foram implantadas no Semiárido, 3.080 cisternas tipo calçadão de 52 mil litros. O município de Juazeiro, na Bahia, é aquele que possui o maior número de cisternas calçadão, tendo sido construídas 469 unidades, seguido pelo município pernambucano de São José do Egito, com 184 unidades (ASA, 2014). Esse cenário representa um importante avanço, na articulação de ações e na implementação de soluções capazes de ampliar o acesso à água e contribuir com o desenvolvimento socioeconômico da região.

O Ministério do Desenvolvimento Social – MDS, juntamente com o Ministério da Integração Nacional – MI, e outros órgãos do executivo federal, vêm maximizando e priorizando a aplicação de recursos de políticas públicas federais para o Semiárido. Também

diversas entidades da sociedade civil, ligadas à ASA e centros de pesquisas, vêm unindo esforços na recuperação de autoestimas e cidadanias nesse espaço (MI, 2009).

2.4 Caracterização da agricultura familiar

A agricultura brasileira tem sido comumente subdividida de acordo com características sociais, econômicas e tecnológicas. Ao longo do tempo surgiram várias denominações tais com: a agricultura de subsistência, a pequena agricultura, agricultura de baixa renda e a agricultura comercial ou empresarial (Barros, 2006; Olalde, 2011). Ainda segundo estes autores, também surgiram os termos de agricultura familiar e patronal, esse último qualificado por grandes monocultivos e emprego de alto nível tecnológico.

Para Guanziroli & Cardim (2000) e Olalde (2011) historicamente muitas nomenclaturas foram empregadas para se mencionar o mesmo sujeito: camponês, pequeno produtor, lavrador, agricultor de subsistência, agricultor familiar. A mudança de termos obedece, em parte, à própria evolução do contexto social resultante de novas percepções sobre o mesmo sujeito e às transformações sofridas por esta categoria.

No Brasil, a partir da década de 90, passa a prevalecer a denominação de agricultura familiar, quando o termo é incorporado em políticas públicas, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – PRONAF e com a criação do Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA, além do revigoramento da Reforma Agrária (Kamimura et al., 2010).

Para o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome – MDS (2015a) a agricultura familiar é definida como toda aquela produção que dando ênfase na diversificação, utiliza o trabalho familiar caracterizado pela utilização de métodos tradicionais de cultivo, para mover o processo produtivo, eventualmente complementado pelo trabalho assalariado.

Somente em 2006 a lei brasileira nº 11.326 (Brasil, 2006) conhecida como “Lei da Agricultura Familiar” estabelece uma conceituação legal, para o agricultor familiar e empreendedor familiar rural, como aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos: não detenha área maior do que quatro módulos fiscais, extensão de terra que muda de município para município, variando especificamente para o estado de Pernambuco, de 7 a 70 hectares (Incra, 2014); utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; tenha renda familiar predominantemente originada de atividades vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento; e dirija seu estabelecimento com sua família.

Para Wanderley (2001) a agricultura familiar não é uma categoria social recente, na Ásia, por exemplo, por muitos anos se observa o cultivo de alimentos em propriedades coletivas de subsistências. No continente africano, esse tipo de agricultura é muito praticado, além de haver historicamente uma pecuária nômade. No entanto, a utilização do termo "agricultura familiar", com o significado e abrangência que lhes têm sido atribuídos nos últimos anos, assume ares de novidade e renovação.

Segundo o Comitê Brasileiro para o Ano Internacional da Agricultura Familiar – AIAF (2013), somente a partir de 2008, sob a liderança do Fórum Rural Mundial, e o diálogo destas com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO e demais organizações internacionais, foi possível se chegar a um consenso na adoção mundial do uso do termo "agricultura familiar".

Segundo a FAO (2013) há mais de 500 milhões de estabelecimentos com agricultura familiar no mundo. No Brasil, conforme o último Censo Agropecuário realizado em 2006, os agricultores familiares respondem por 84,4% dos estabelecimentos do país, ocupando 24,3% da área cultivada e respondendo por 32% do PIB do agronegócio brasileiro. A região Nordeste apresenta o maior número dos estabelecimentos familiares, alcançando 58,8% do total (IBGE, 2006; Santos & Gois, 2011).

A agricultura familiar vem ganhando força nos últimos, sendo inegáveis seu papel e importância. É impulsionada pelo debate sobre desenvolvimento sustentável, geração de emprego e renda, segurança alimentar e desenvolvimento local. Tem sido apoiada por agências multilaterais, como a FAO, o Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA e o Banco Mundial, e no âmbito local pelos movimentos sociais do campo.

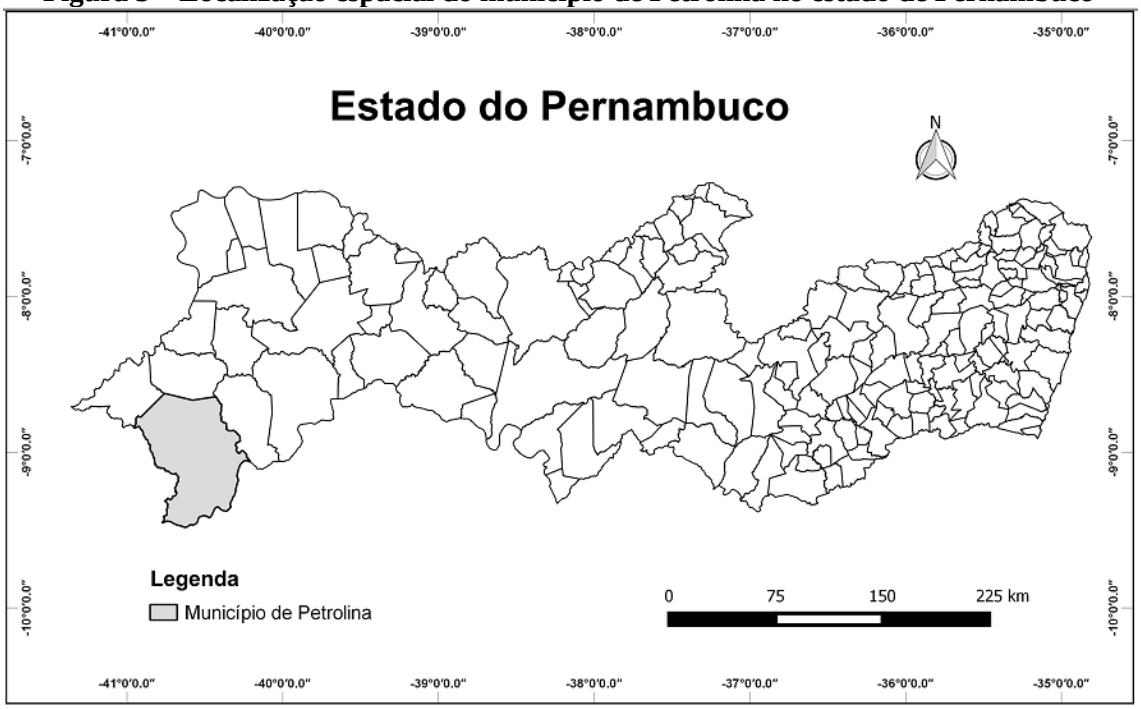
Especificamente no Semiárido brasileiro, a agricultura familiar é atendida por políticas públicas, instituições de pesquisas, e por entidades da sociedade civil, promovendo a melhoria dos agricultores familiares com base na agroecologia, segurança alimentar e nutricional, a educação contextualizada, combate à desertificação, acessos à terra e à água, entre outros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A área está localizada no Semiárido do estado de Pernambuco, especificamente situada na microrregião do Vale do Submédio São Francisco, no município de Petrolina. Este limita-se a norte com Dormentes, a sul com o Estado da Bahia, a leste com Lagoa Grande, e a oeste com o Estado da Bahia e Afrânio (Figura 3). A sede do município está localizada geograficamente a 09° 24' 04'' de latitude sul e 40° 30' 16'' de longitude oeste, distante cerca de 760 km de Recife, capital do estado, cujo acesso é feito pelas BRs 122/428.

Figura 3 – Localização espacial do município de Petrolina no estado de Pernambuco



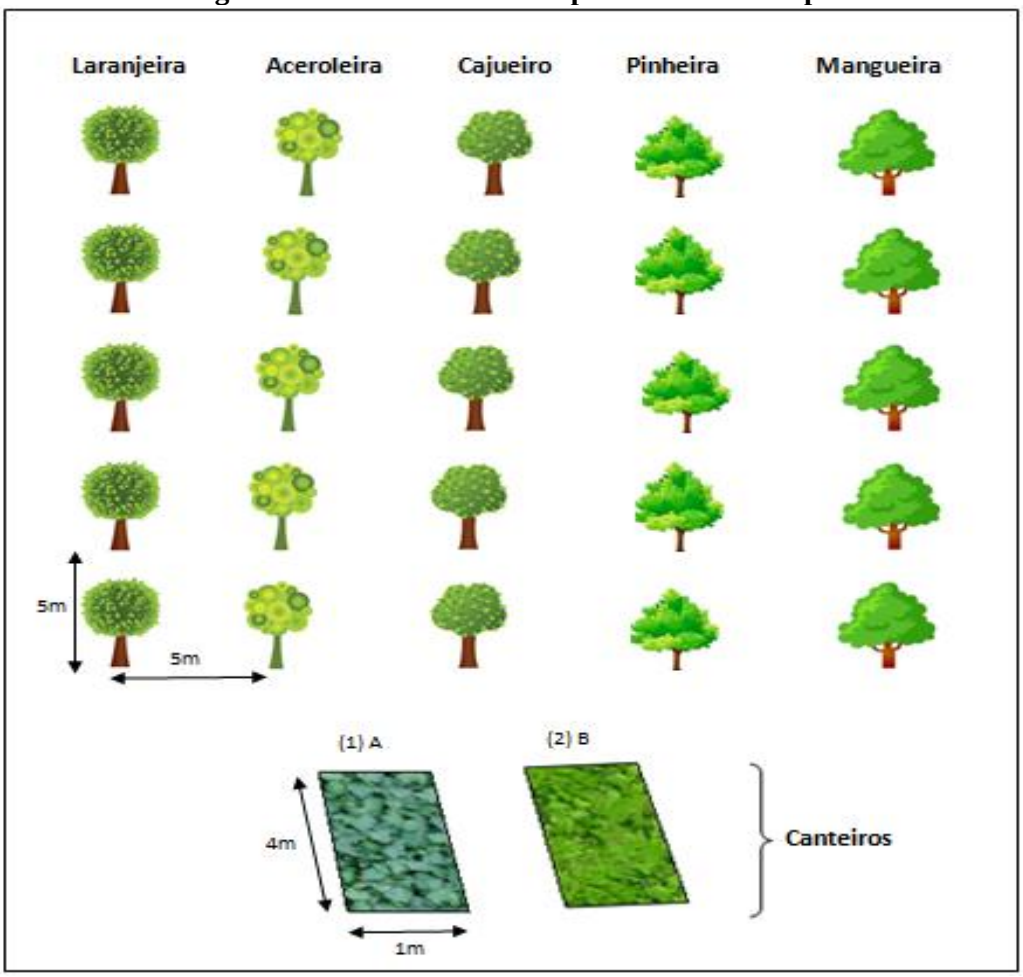
Elaborado por Elvis Pantaleão Ferreira (2015).

A área de estudo está localizada especificamente no Campo Experimental da Caatinga, pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Semiárido, localizada geograficamente a 09° 43' 03'' S e 40° 19' 37'' W, com altitude de 383 metros, com característica da paisagem peculiar do Semiárido nordestino. Conforme o sistema de classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSwh – clima semiárido, caracterizado por ser seco e muito quente, com pluviosidade média anual de 549 mm, com cerca de 90% das chuvas concentradas entre novembro a abril. A temperatura média anual é de 26,3 ºC, variando entre 18,2 e 34 ºC (Teixeira, 2010).

3.2 Experimento, solo, tratos culturais e água

O experimento foi conduzido em campo e composto por cinco espécies de fruteiras comumente cultivadas pelas famílias rurais, a saber, mangueira (*Mangifera indica* L.), pinheira (*Annona squamosa),* cajueiro *(Anacardium occidentale),* aceroleira *(Malphigia glabra L.)* e laranjeira (*Citrus sinensis),* com quatro anos de idade, no espaçamento de 5 metros entre plantas e 5 metros entre linhas. O delineamento das culturas em campo foi composto por dois tratamentos, irrigado[1] e não irrigado, com três repetições para o tratamento irrigado e duas repetições para o tratamento não irrigado, sendo uma planta de cada espécie correspondendo a uma repetição, conforme arranjo [(3x5) + (2x5)], totalizando 25 plantas (Figura 4).

Figura 4 – Delineamento do experimento em campo



Elaborador por Elvis Pantaleão Ferreira (2015).

[1] O termo "irrigado", utilizado neste trabalho refere-re a aplicação de um volume de água mínimo em função da capacidade limitada de armazenamento de água na cisterna do P1+2. Assim, este volume não corresponde à demanda evapotranspirométrica das plantas, mas apenas para mantê-las vivas e produzir para atender ao consumo das famílias.

O experimento também contemplou a avaliação de dois canteiros (1) A e (2) B, tipo leirão, de quatro metros quadrados – 4 m^2 cada, cultivados com hortaliças de modo à igualmente avaliar a possibilidade do cultivo sob diferentes lâminas de água de espécies olerícolas, comumente cultivadas pelas famílias rurais na região, como o pimentão (*Capsicum annuum*), couve folha (*Brassica oleracea*), rúcula (*Eruca sativa*), coentro (*Coriandrum sativum*) e alface (*Lactuca sativa*), conforme pode ser observado também na Figura 4.

Os canteiros foram cultivados em ciclos alternados, com as hortaliças mencionadas anteriormente, em cada ciclo de semeadura até a germinação das plantas. Os canteiros eram cobertos com palhas de palmeiras para minimizar os processos evaporativos e evitar que as sementes fossem comidas por pássaros. As áreas dos canteiros foram cobertas com sombrite preto, 60% de sombreamento, com vistas a reduzir a insolação e diminuir o fluxo da evapotranspiração. Essa prática é comum entre os agricultores familiares da região, que quando não dispõem do sombrite recorrem a outros materiais para a cobertura, como folhas de coqueiro e palmeiras, conforme observado em visitas realizadas em campo.

O solo na área do experimento foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico abrúptico plíntico (Santos et al., 2006).

Quanto aos tratos culturais, os estudos foram conduzidos de forma a representar ao máximo a realidade do agricultor familiar presente no Semiárido. Portanto, na área do experimento, quando necessário, foram realizadas capinas e roçagem manual da vegetação espontânea. No início do período chuvoso foi aplicado apenas adubo orgânico, constituído de 10 kg de esterco curtido de caprino por planta, e 250 kg de NPK, na formulação 10-10-12. Na área dos canteiros foram aplicados 4 $L.m^{-2}$ de esterco de caprino curtido, sendo o mesmo bem misturado ao solo. No pomar efetuou-se a aplicação de cobertura morta na projeção da copa de cada planta, utilizando-se bagaço de coco, objetivando reduzir as perdas de água por evaporação e incidência de plantas espontâneas que também competem com as fruteiras por água e nutrientes do solo, considerados como fatores limitantes.

A água utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho foi proveniente da precipitação pluviométrica ocorrente no ano de 2013, interceptada por uma área de captação da água de chuva, formada por um calçadão de 200 m^2, construído de alvenaria. Esta infraestrutura compõe a cisterna de produção, que tem capacidade para 52 mil litros. Após a cisterna encontrar-se completamente cheia, não mais recebeu água durante a execução da pesquisa.

A pesquisa no tocante ao manejo de água aplicada às fruteiras e às hortaliças, foi conduzida em campo no período de janeiro a dezembro de 2014.

3.4 Aplicação de água às fruteiras e hortaliças

Para a definição da quantidade de água aplicada às fruteiras e às hortaliças, considerou-se como principal critério a limitação do volume da cisterna 52 mil litros. A partir disso, foram dimensionados os volumes a serem aplicados às plantas, delimitando-se em 15 fruteiras de diferentes espécies e a área explorada pelos canteiros em 8 m^2, considerando-se como suficientes para produzir frutas e hortaliças para atender às necessidades das famílias no meio rural.

Estas considerações tiveram como base, estudos prévios em campo realizados por Brito et al. (2012) e Cavalcanti et al. (2012), assim como pesquisas realizadas na Embrapa Semiárido, onde é possível a obtenção de produções durante todo o ano, mesmo em situações de secas, como as ocorridas no período de 2012/2013. Portanto, procurou-se estabelecer um volume crescente aplicado, de modo que não faltasse água às culturas durante todo ano, conforme ocorrência das precipitações pluviométricas.

Para tanto, conforme discutido por Brito et al. (2010) foram estabelecidos três períodos no ano, Período Chuvoso – PC, Intermediário – PI e Seco – PS, compreendidos, respectivamente, entre os meses de janeiro a abril, de maio a agosto e de setembro a dezembro, para as condições do município de Petrolina – PE.

No Período Chuvoso – PC o volume de água aplicado no pomar foi de 8 litros por planta, três vezes por semana, durante 14 semanas do ano; no Período Intermediário – PI cada planta recebeu 12 litros de água, aplicados na mesma frequência durante 18 semanas, e no Período Seco foram aplicados 16 litros de água por planta, três vezes por semana durante 20 semanas, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Estimativa do volume de água da cisterna aplicado às 15 fruteiras

Período do ano	Nº de plantas	Nº de Semanas	Freq. de aplicação /semana	Vol. de água aplicada (L)	Volume total aplicado (L)
PC	15	14	3	8	5.040
PI	15	18	3	12	9.720
PS	15	20	3	16	14.400
Total do volume de água aplicado no pomar					29.160

PC = período chuvoso; PI = período intermediário; PS = período seco.

No tocante ao volume de água aplicado às hortaliças cultivadas nos canteiros A e B, utilizou-se a estratégia para o canteiro "A", aplicar 32 litros de água por dia, sendo a metade pela manhã e a outra metade à tarde. No canteiro "B" foi aplicado 50% deste volume de água, seguindo-se o mesmo critério utilizado no primeiro canteiro (Tabela 2), o que corresponde à uma lâmina de 4 mm dia^{-1}, haja vista que os canteiros apresentam área de 4 m^2 cada.

Tabela 2 – Estimativa do volume de água da cisterna aplicado às hortaliças

Dias do ano	Área do canteiro (m^2)	Lâmina aplicada (mm dia^{-1})	% do Volume aplicado	Volume aplicado (L)
365	4	8	100%	11.680
365	4	4	50%	5.840
Total do volume de água aplicado nos canteiros de hortaliças				17.520

A aplicação da água no pomar foi realizada por gravidade, após a água da cisterna ser aduzida para uma caixa d'água de 2.000 litros, situada sobre pilares de concreto, acerca de dois metros do solo, onde foi conectada a um filtro de linha de 1 polegada, seguido de uma tubulação principal de 25 mm. No sentido perpendicular às fruteiras, foram dispostas mangueiras de polietileno com 12,7 mm, com gotejadores tipo catifa 8,0 mm, atendendo ao espaçamento entre plantas de 5,0 metros.

Para todas as fruteiras do pomar os volumes aplicados foram mediante gotejamento em dias alternados (Figura 5A). Para o cálculo do volume aplicado utilizou-se como estratégia recipientes plásticos, aferidos com o volume a ser aplicado em cada período 8, 12 e 16 litros. Portanto, ao se atingir o nível de referência, foi interrompida a distribuição da água (Figura 5B). Esta estratégia evita preocupações ao produtor com relação ao tempo de aplicação de água preestabelecido. Para os canteiros de hortaliças a aplicação da água ocorreu de forma manual, utilizando-se regador plástico. Tanto no pomar quanto para os canteiros, quando da ocorrência de volume de precipitações pluviométricas, maior ou igual ao volume a ser irrigado em qualquer período, a irrigação era suspensa naquele dia.

O consumo total de água utilizado previsto foi de 46.680 litros. Apresentando, portanto um saldo de 5.320 litros de água no interior da cisterna, importante para compensar perdas por evaporação e infiltração, e para conservar a umidade da estrutura evitando danos físicos como o aparecimento de micro fissuras. Este volume total aplicado foi complementar à água proveniente das chuvas.

Figura 5 – Forma de aplicação de água nas fruteiras (A); técnica utilizada para o controle de aplicação do volume de água – período intermediário (B)

Foto: Elvis Pantaleão Ferreira (2014).

3.3 Determinação dos atributos físicos do solo

Amostras de solo foram coletadas na área do experimento, nas camadas de 0,0 a 0,2 m e 0,2 a 0,4 m, a fim de se realizar a caracterização física e química. Essa última camada abrange a profundidade efetiva do sistema radicular para o grupo das culturas frutíferas (Pires et al., 1999). As amostras deformadas foram coletadas com auxílio de um trado, depositadas em sacos plásticos e devidamente identificadas. As amostras com estrutura preservada foram coletadas por meio de um trado tipo Uhland, composto por cilindros de aço inoxidável, com uma das bordas cortantes de 50 mm de diâmetro por 53 mm de altura, os quais, após a coleta, foram devidamente identificados e acondicionados (Figura 6).

Figura 6 – Equipamentos utilizados para a coleta de solos

Foto: Elvis Pantaleão Ferreira (2014).

a) Granulometria – Foi determinada pelo método da pipeta seguindo recomendações da Embrapa (1997), com dispersão de 20 g de Terra Fina Seca ao Ar – TFSA com hidróxido de sódio 1 mol L^{-1}.

As areias foram separadas em areia grossa, média e fina, por tamisação úmida em peneira com malhas 1,00 – 0,50 mm; 0,50 – 0,25 mm; e 0,25 – 0,053 mm de diâmetro e fracionadas conforme a classificação granulométrica adotada pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBSC (Amaral Filho et al., 2008). Com base na Lei de Stokes calculou-se o tempo de sedimentação para as partículas de silte e de argila.

b) Argila Dispersa em Água – Mesmo método adotado para a análise granulométrica, suprimindo apenas o dispersante químico (Embrapa, 1997).

c) Grau de Floculação – Obtido com base na equação abaixo (Embrapa, 1997).

$$GF = \left(\frac{argila\ total - argila\ dispersa\ em\ água}{argila\ total}\right) \text{x } 100 \qquad \text{Equação (1)}$$

d) Porosidade do Solo – Obtida com base na equação abaixo (Embrapa, 1997).

$$p = \left(1 - \frac{Ps}{Pp}\right) \qquad \text{Equação (2)}$$

Sendo p = porosidade ($cm^3.cm^{-3}$); Pp = densidade de partículas ($g.cm^{-3}$); Ps = densidade do solo ($g.cm^{-3}$).

e) Densidade do Solo – Foi obtida pelo método convencional do "anel volumétrico", com base na equação abaixo (Embrapa, 1997).

$$Ds = \frac{ms}{Vc}\ ;\ onde\ Ds = \frac{ms}{Ab\ x\ h} \qquad \text{Equação (3)}$$

Sendo, Ds = densidade do solo em $g.cm^{-3}$; ms: massa do solo seca em (g) após secagem a 105 – 110 ºC; Vs = volume do cilindro em cm^{-3}; Ab = área da base do cilindro em cm^2; h = altura do cilindro (cm).

f) Densidade de Partículas – Determinada pelo método do balão volumétrico (Equação 4). com base na equação abaixo (Embrapa, 1997).

$$Dp = \frac{Ms}{50 - Va} \qquad \text{Equação (4)}$$

Sendo, Dp = densidade de sólidos em $g.cm^{-3}$; Ms = massa de solo em g; e Va = volume gasto na amostra em cm^3.

g) Determinação da Condutividade Elétrica do Solo – A determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE_{es}) foi realizada por meio da relação do extrato solo/água 1:2,5. Para isto, pesaram-se 20 g de Terra Fina Seca ao Ar –TFSA em recipientes apropriados e adicionados 50 ml de água destilada. Em seguida, foram agitados em agitador tipo Wagner, a 50 rpm, durante 15 minutos. Após este procedimento, as amostras ficaram em repouso durante 60 minutos, e só então se realizou uma nova agitação, pelo mesmo período de tempo. Após a segunda agitação, procederam-se às leituras da condutividade elétrica, utilizando-se condutivímetro digital de bancada, previamente calibrado (Molin et al., 2005).

h) Curva Característica de Água no Solo – Foram coletadas seis amostras de solo com estrutura não deformada, nas camadas de 0,2 m e 0,4 m, as quais foram utilizadas para obtenção das respectivas umidades, às tensões de 1, 3, 6, 10, 333 e 1500 kPa. Os equipamentos utilizados em laboratório foram mesa de tensão, para os pontos de baixas tensões, seguido pela câmara de pressão de *Richards* (Klute, 1986).

Após o equilíbrio, as amostras foram retiradas do equipamento e, determinadas suas massas por pesagem. Ao final, as amostras foram secas em estufa a 105 – 110 ^{o}C, por 48 horas, e após o equilíbrio térmico em dessecador, foram determinadas as massas de sólidos. Em seguida, procederam-se os cálculos de densidade do solo, umidades a base de massa e de volume. Dessa forma foram obtidos os dados para a construção da curva característica de retenção de água no solo.

Os dados de umidades à base de volume (θ) foram tabulados e ajustados em função da tensão da água no solo, utilizando-se o modelo potencial proposto por Van Genuchten (1980), pela função que relaciona o potencial matricial com o teor de umidade do solo (Equação 5). Para isso, utilizou-se o software "Retention Curve" – RetC para a determinação dos parâmetros dessa equação.

$$\theta = \theta r + \frac{(\theta s - \theta r)}{[1 + (\alpha . \Psi)^{n}]^{m}} \qquad \text{Equação (5)}$$

Em que: θ refere-se ao conteúdo volumétrico atual de água, em $cm^3.cm^{-3}$; θr é a umidade residual em $cm^3\ cm^{-3}$; θs é a umidade de saturação, em $cm^3\ cm^{-3}$; Ψ é a tensão com que a água está retida no solo em kPa; α, m e n são constantes empíricas. Para o cálculo do valor de m, foi utilizada a expressão m = 1 – 1/n, conforme recomendado por Mualem (1976).

3.5 Determinação dos atributos químicos do solo

Os métodos utilizados para a determinação das análises químicas do solo, descritos abaixo, seguiram o Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes, editado pela Embrapa Solos (Embrapa, 1999). Assim, após as coletas, as amostras compostas foram encaminhadas ao laboratório de solos, secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2 mm, obtendo-se assim a Terra Fina Seca ao Ar – TFSA e procedidas as análises químicas de pH em $CaCl_2$, cátions trocáveis (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ e Na^+), acidez trocável (Al^{3+}), acidez potencial (H^+; Al^{3+}), teor de matéria orgânica e fósforo disponível.

O potencial de hidrogênio pH foi determinado pelo princípio potenciométrico da concentração efetiva de íons H^+ na solução do solo, por meio de eletrodo combinado, imerso em suspensão solo/solução de cloreto de cálcio $CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1} na proporção 1:2,5. Com isso almejou-se reduzir possíveis efeitos sazonais de sais que interferem nas medidas de pH do solo, por causa do aumento da concentração eletrolítica (Ebeling et al., 2008).

A determinação dos cátions trocáveis Al^{3+}, Ca^{2+}, Mg^{2+} ocorreu com a extração por solução de cloreto de potássio KCl 1 mol L^{-1}, sendo o Al^{3+} determinado volumetricamente com solução de hidróxido de sódio NaOH 0,025 mol L^{-1} e solução de azul de bromotimol como indicador.

O Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados pelo método complexométrico com solução de ácido etilenodiamino tetra-acético – EDTA 0,025 mol L^{-1}, negro de Eriocromo-T e ácido calcon carbônico como indicador. A determinação do Na^+ e K^+ ocorreu por meio da solução extratora duplo ácida Mehlich-1 que consiste de uma mistura dos ácidos (HCl 0,05 mol L^{-1} + H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}) e determinados pelo método direto de fotometria de chama.

A extração da acidez potencial do solo H^++Al^{3+} ocorreu com solução de acetato de cálcio [$(CH_3COO)_2.Ca.H_2O$)] 0,5 mol L^{-1} a pH 7,0 e determinado por titulação alcalimétrica do extrato, com solução de hidróxido de sódio NaOH 0,025 mol L^{-1}, empregando-se como indicador a fenolftaleína.

O fósforo disponível no solo foi determinado por colorimetria pelo método do complexo fosfo-molíbdico empregando-se ácido ascórbico (vitamina C) como redutor, tendo como extrator o Mehlich-1. A adição de uma solução de molibdato em meio ácido, a uma solução que contem fósforo condiciona a formação de um complexo fosfo-molíbdico incolor que, após a sua redução apresenta cor azul. A intensidade da cor azul desenvolvida é função da concentração de P na solução.

A determinação da matéria orgânica foi feita pelo método *Walkley-Black* através de oxidação do CO_2 utilizando-se solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,2 mol L^{-1} e ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), com aquecimento em bloco digestor e determinado por titulometrica da quantidade de dicromato ainda não oxidado, por meio de sulfato ferroso amoniacal "*sal de Mohr*" Fe $(NH_4)_2(SO4)_2.6H_2O$ a 0,05 mol L^{-1} em meio ácido, empregando-se como indicador difenilamina.

A partir dos dados das análises químicas foram obtidos os seguintes valores: SB (Soma das bases) = K^+ + Mg^{+2} + Ca^{+2} + Na^+; CTCefet. (Capacidade de troca catiônica efetiva) = SB + Al^{+3}; CTCpot. (Capacidade de troca catiônica potencial) = SB + (H + Al); V (Saturação por bases) = SB / CTCefet.; m (Saturação por Alumínio) = (Al^{+3} / CTCefet.) x 100; C.O = M.O (Matéria orgânica) = C. O. x 1,724.

3.6 Determinação dos atributos físico-químicos da água

a) Condutividade elétrica – Com vistas à classificação da água destinada à irrigação, no tocante à ameaça de salinização do solo foi determinada a condutividade elétrica – CE. Para tanto, procedeu-se uma coleta de uma amostra de água no interior da cisterna, sendo a mesma armazenada em frasco plástico novo, tipo Poli Tereftalato de Etileno – PET, de 1000 ml. No laboratório, após agitação manualmente da água, foi retirada uma alíquota de 200 ml para a determinação da condutividade elétrica, com um condutivímetro digital de bancada, previamente calibrado (Rheinheimer & Souza, 2000).

A análise da Relação de Absorção de Sódio – RAS da água, que indica o efeito do sódio trocável, nas condições físicas do solo quanto a perigo de alcalinização ou sodificação, foi realizada no laboratório agroambiental da Embrapa Semiárido.

b) Potencial de Hidrogênio (pH) – Após a coleta de uma amostra de água no interior da cisterna e armazenamento em frasco plástico novo, tipo Poli Tereftalato de Etileno – PET de 1000 ml, foi determinado com a utilização de pHmetro de bancada, previamente calibrado com solução padrão 4,0, 7,0 e 10,0. No laboratório, foi retirada uma alíquota de 200 ml para a determinação do pH (Silva et al., 2011). O valor referencial assumido neste estudo, para classificar a água, foi conforme diretrizes propostas para interpretação da qualidade da água para irrigação segundo Ayers & Westcot (1999).

3.7 Monitoramento do conteúdo de água no solo

A mensuração da umidade volumétrica do solo foi realizada pelo método indireto, através da Reflectometria no Domínio da Frequência – FDR "*Frequency Domain Reflectometry*", técnica não destrutiva, capaz de permitir a repetitividade no espaço e no tempo (Marinho & Morais, 2009). Para Silva et al. (2008) o método apresenta-se como um dos mais utilizados para aferir a umidade do solo, por apresentar leituras seguras, respostas rápidas e podem efetuar medidas contínuas por longos períodos.

O medidor de umidade volumétrica do solo utilizado foi o modelo *HH2*, sensor de perfil de umidade *Delta – T*, composto por um display com teclado e coletor de dados. Conforme manual do fabricante, apresenta leitura do conteúdo de umidade volumétrica do solo em $cm^3\ cm^{-3}$; escala de medição 0,005 a 0,6 $cm^3\ cm^{-3}$; precisão ± 0,005 $cm^3\ cm^{-3}$, 0 a 70 °C, tempo de estabilização 1 segundo; tempo de resposta < 0,5 segundos (Figura 7).

O sensor de perfil de umidade do solo possui uma haste selada com 0,035 m de diâmetro por 1,0 m de comprimento, com sensores eletrônicos em forma de anéis em aço inoxidável, arranjados e fixos em intervalos de 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,60 e 1,0 m (Figura 7).

Figura 7 – Medidor do conteúdo de umidade do solo utilizado

Foto: Elvis Pantaleão Ferreira (2014).

Para a aferição da umidade do solo, a haste foi inserida em um tubo de acesso, o qual foi colocado no solo a uma distância de 0,4 m do caule das fruteiras (Figura 8), conforme recomendações de Nascimento et al. (2012). Para as hortaliças o tubo de acesso foi implantado no centro dos canteiros. Nos momentos em que não estavam sendo realizadas as aferições das umidades no local, os tubos de acesso permaneceram vedados para impedir perda evaporativa ou entradas de água e/ou impurezas.

Figura 8 – Visualização do tubo de acesso no pomar para aferição da umidade do solo

Foto: Nilton de Brito Cavalcanti (2014); Elvis Pantaleão Ferreira (2014).

Após se inserir a sonda no tubo de acesso, um sinal analógico de tensão contínua de 100 MHz foi aplicado aos anéis de aço, gerando um campo eletromagnético que se estende por aproximadamente 0,1 m para dentro do solo. Os conteúdos de água no solo, nas vizinhanças dos anéis, determinam suas propriedades dielétricas, sendo então convertidas em conteúdo de umidade do solo por meio do princípio de reflectometria (Delta – T, 2008).

Assumiram-se os dados de calibração, conforme estudos realizados “in loco” por Nascimento et al. (2012). O conteúdo de água no solo foi monitorado durante todo o ano de 2014, em todas as espécies cultivadas no pomar, nos intervalos de 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,60 e 1,0 m de profundidade em cada planta. Nos canteiros o tubo de acesso foi instalado no centro destes. A frequência de monitoramento do conteúdo de água no solo no pomar ocorreu no período da manhã, momentos antes da aplicação da água, três vezes por semana, em seis intervalos de profundidades no perfil do solo, em 25 plantas durante um ano (52 semanas), conforme esquematização [25x52x3x6], totalizando 23.400 leituras.

Nos dois canteiros o monitoramento do conteúdo de água no solo também ocorreu durante todo o ano de 2014 no período da manhã, momentos antes da aplicação da água, por 365 dias, em seis intervalos de profundidades, em dois canteiros de hortaliças [365x6x2], totalizando 4.380 leituras.

Considerando-se que o cenário apresenta alta demanda hídrica, foi discutido o limite inferior de disponibilidade de água no solo – fator (f) de 0,7 para o grupo das fruteiras e 0,5 para as hortaliças, conforme discutido por Bernardo et al. (2013). O fator de disponibilidade de água no solo é um parâmetro entre a capacidade de campo e a umidade crítica para uma dada cultura, que limita a parte da água disponível do solo que a planta pode utilizar sem causar maiores prejuízos à produtividade (Mantovani et al., 2013).

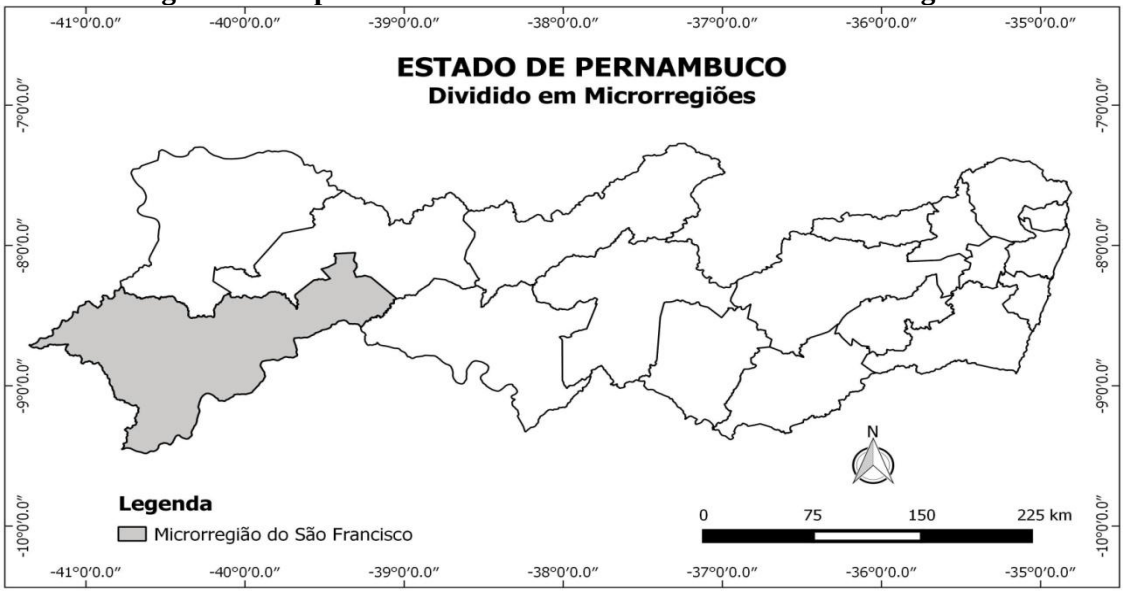
3.8 Análise dos dados

O tratamento estatístico utilizado para análise dos dados seguiu, inicialmente, uma tabulação dos dados em planilha eletrônica em seguida submetida à análise Estatística Descritiva Clássica – EDC, com o objetivo de se observar o comportamento geral dos dados, utilizando-se cálculo das medidas estatísticas de tendência central do universo pesquisado. Em seguida utilizou-se a Análise Exploratória de Dados – AED, para a retirada dos dados inconsistentes "*outliers"*, estes foram eliminados com base no critério de Vuolo (1996) e Cunha et al. (2002) que consideram "*outliers"* aqueles dados abaixo da barreira inferior, estimados pela: média ($\overline{X}$) menos dois desvio padrão (DP); e a cima da barreira superior: média ($\overline{X}$) mais dois desvios padrão (DP), conforme a expressão [($\overline{X}$ – 2*DP);($\overline{X}$ + 2*DP)]. Em seguida foram esboçados gráficos de forma a inferir sobre o comportamento da umidade volumétrica média, no perfil do solo, nos períodos chuvoso, intermediário e seco.

3.9 Levantamento em campo de comunidades contempladas com o P1+2

Concomitantemente à pesquisa do manejo da água de chuva realizada no campo, foi realizado, entre os meses de junho a outubro de 2014, levantamento da situação atual do uso de cisternas de produção em três comunidades rurais, a saber: Assentamento Lindolpho Silva (09° 04' 57''S e 40° 41' 28''W), Campo Verde (08° 34' 00'' S e 41° 08' 20'' W) e Baixa da Boa Vista (08° 30' 06''S e 40° 35' 12''W), situadas, respectivamente, nos municípios de Petrolina, Afrânio e Dormentes, localizadas na microrregião do Vale do Submédio São Francisco (Figura 9), no Estado de Pernambuco, contemplados com as cisternas do P1+2.

Figura 9 – Mapa do Estado de Pernambuco com suas microrregiões



Elaborado por Elvis Pantaleão Ferreira (2015).

As avaliações consistiram em se conhecer as atividades rotineiras, referentes ao uso da água da cisterna quanto à forma, frequência e volume aplicado às fruteiras e às hortaliças, equipamentos utilizados, produção e manejo das culturas exploradas e suas reais contribuições na melhoria da qualidade de vida das famílias. Além disto, fornecer subsídios que contribuam para o fortalecimento do referido Programa na região e para uma melhor qualidade de vida das famílias contempladas.

Como respaldo metodológico foi realizada pesquisa exploratória e qualitativa "in loco", onde as situações foram observadas e registradas da forma como ocorreram, mediante contato direto e interativo do pesquisador com a situação objeto de estudo, apresentando como característica essencial o enfoque descritivo. Adicionalmente aplicou-se o método da Entrevista Semiestruturada, conforme recomendações de May (2004) e Gil (2008). Assim, as entrevistas foram guiadas por um roteiro de informações preestabelecidas e conduzidas a partir de uma linguagem simples e adequada ao público, para a obtenção de informações detalhadas, posteriormente usadas em uma análise qualitativa. Nessas entrevistas, o pesquisador colocou-se numa postura de ouvinte, mediante ambiente amigável e estimulador, permitindo aos entrevistados discorrerem livremente sobre o assunto, gerando informações ricas em relatos de suas experiências, aspirações e opiniões.

A primeira comunidade visitada foi o Assentamento Lindolpho Silva, situado em Petrolina – PE, em que as informações levantadas foram adquiridas junto à presidente da Associação dos Moradores, além de dados complementares obtidos mediante os diálogos feitos com outras pessoas da comunidade. Nos municípios de Dormentes e Afrânio utilizou-se a mesma metodologia e as entrevistas foram realizadas nas comunidades Baixa da Boa Vista e Campo Verde, respectivamente.

As três comunidades componentes da pesquisa foram contempladas, em 2010, com cisternas de produção tipo calçadão, construídas por meio de convênios firmados entre o MDS e a ASA, inseridas nas políticas do Programa Uma Terra e Duas Águas – P1+2 do governo federal.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

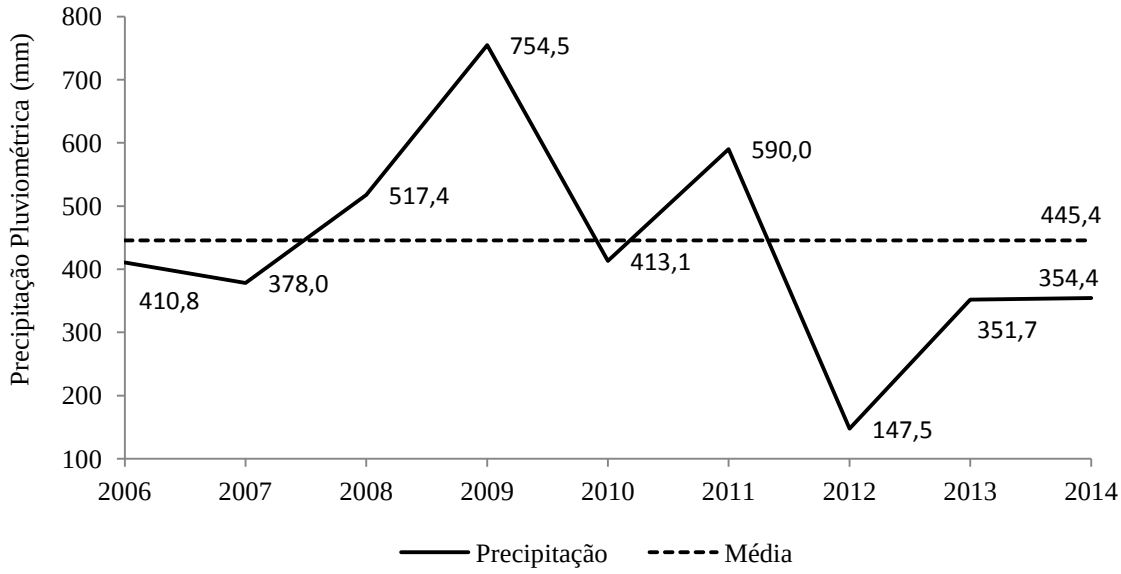
4.1 Precipitação Pluviométrica e qualidade da água

Mediante levantamento das precipitações pluviométricas ocorridas de 1963 a 2009 para a região de Petrolina – PE, dados publicados por Teixeira (2010) registram um total

anual médio da ordem de 549 mm. No Gráfico 1 é apresentado um panorama das recentes precipitações pluviométricas para a região de Petrolina – PE entre os anos de 2006 a 2014. Durante este período a média total anual correspondeu a 445, 4 mm.

É oportuno mencionar que a partir de 2006 teve início na Embrapa Semiárido, as pioneiras pesquisas no tocante ao uso otimizado da água de chuva para a produção de alimentos, utilizando como tecnologia social para convivência com o Semiárido, a cisterna de produção, semelhante ao modelo do P1+2 usado na política do governo federal.

Gráfico 1 – Precipitação pluviométrica anual para a região de Petrolina – PE (2006 a 2014)



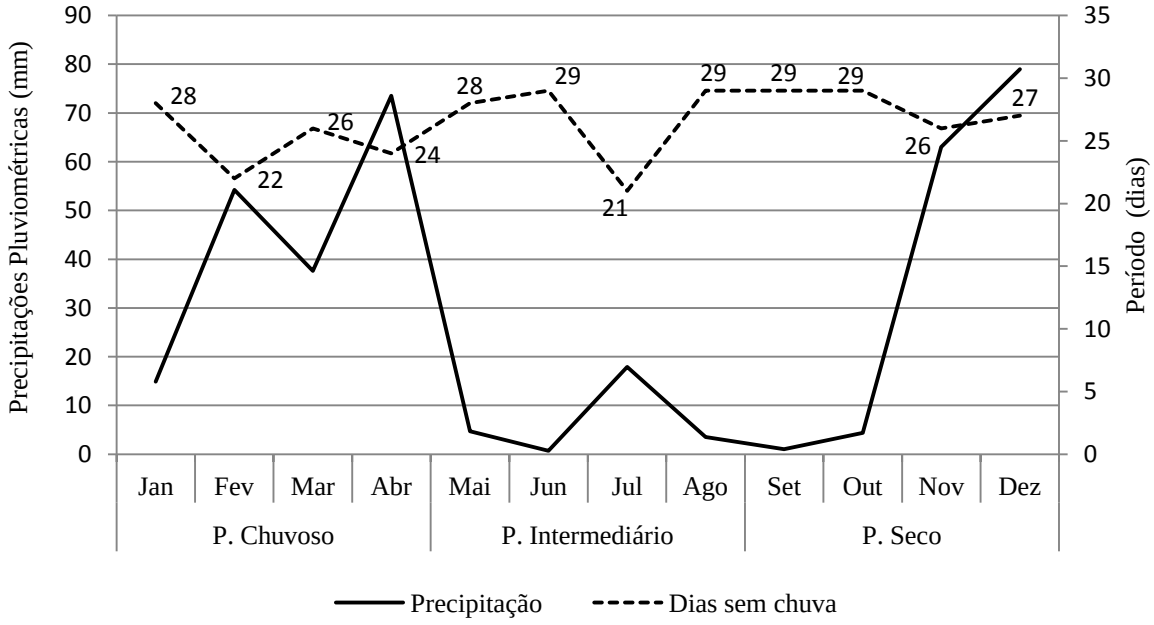
Elaborado por Elvis Pantaleão Ferreira (2015).

No período compreendido entre 2006 e 2014, o ano de 2012 foi o mais crítico quanto ao índice precipitado (Gráfico 1), apresentando precipitação pluviométrica total de 26,86% da média histórica. Dados publicados pelo MAPA (2013) ressaltam que foi um ano de seca severa em todo o Semiárido, semelhante a episódios marcantes vividos em décadas passadas. Esta situação, promove a desestruturação da economia do meio rural e afeta de forma significativa toda a população. Todavia, em 2013, choveu pouco mais que o dobro de 2012, ainda assim permanecendo 36% abaixo da média histórica. Para o ano de 2014, quando se desenvolveu a presente pesquisa sobre o manejo da água da cisterna de produção, a precipitação pluviométrica foi ligeiramente superior ao ano de 2012 e semelhante a 2013, representando ainda assim, 64,55 % da média histórica.

No tocante à distribuição das chuvas para o ano de 2014, os dados apresentados no Gráfico 2, permitem acenar que a área de estudo apresenta intensa irregularidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas. O Gráfico 2, ainda revela que durante o período

chuvoso o mês de abril foi o mais chuvoso, quando ocorreu uma precipitação de 73,5 mm, seguido pelo mês de dezembro durante o período seco, quando foram registrados 79 mm, que para efeito de umidade no solo esse volume precipitado contribuirá para as atividades agrícolas do ano seguinte (2015). Observa-se também que os dias com precipitações pluviométricas são inferiores aos dias sem precipitações, em todos os meses do ano, sucedido de forma oscilante, apresentando certa similaridade entre agosto a outubro.

Gráfico 2 – Distribuição mensal da precipitação pluviométrica e o número de dias sem chuvas para o ano de 2014, na área de estudo



Elaborado por Elvis Pantaleão Ferreira (2015).

O período chuvoso compreendido entre os meses de janeiro a abril (Gráfico 2) é responsável pelo maior aporte de água ao solo, ocasião em que são registradas as maiores umidades relativas do ar, que variam em média de 66% a 73% (Teixeira, 2010). Tal fato contribui para a redução dos processos evapotranspirométricos, favorecendo a manutenção da umidade do solo e contribuindo para diminuição da frequência de irrigação às culturas, poupando a água armazenada na cisterna para uso posterior.

Durante o período intermediário e seco, há a necessidade de se aplicar às culturas um maior volume de água da cisterna, motivado pelas baixas precipitações pluviométricas. Especificamente no período seco é caracterizado como o período mais quente do ano, o qual apresenta temperaturas que podem variar de 29,6 °C a 33,9 °C, que associada à baixa umidade relativa do ar, menor que 55% (Teixeira, 2010), faz com que haja maior frequência de dias irrigados. Houve exceção no final do período seco, quando foi registrado o maior índice pluviométrico do ano de 2014, na ordem de 79 mm.

Qualquer que seja a água destinada a um sistema irrigado é indispensável realizar, previamente, uma avaliação de sua qualidade (Mantovani et al., 2013). Embora a água destinada à irrigação das culturas deste experimento seja proveniente da chuva, comumente atribuída como de boa qualidade, Souza et al. (2007) e Audry & Suassuna (2009) ressaltam que é importante conhecer alguns indicadores de sua qualidade, haja vista possíveis implicações, basicamente do pH, que podem ocorrer pela poluição do compartimento atmosférico, por fontes naturais ou antrópicas, nos momentos da precipitação pluviométrica, o que não se espera das áreas rurais do Semiárido brasileiro.

Souza et al. (2007) comentam que, para fins de irrigação, o monitoramento da água é imprescindível, caso a fonte hídrica esteja localizada em solo originalmente salino, ou em regiões onde a evapotranspiração seja muito alta, causando a concentração dos sais presentes nas águas de superfície, ou a fonte receba quaisquer despejos de indústria. Logo, considerando que as águas de precipitação pluviométrica sejam de qualidade superior (Jaques, 2005), optou-se apenas na determinação do pH, concentração total de sais solúveis e na razão de adsorção de sódio, com vistas a classificar a água, no tocante ao perigo de salinização e alcalinização do solo.

A água usada neste trabalho apresentou pH igual a 6,75; concentração total de sais solúveis, igualmente denominada de condutividade elétrica (CE) igual a 0,06 dS m^{-1} a 25°C; e razão de adsorção de sódio (RAS), igual a 0,23 (Tabela 3). Deste modo, a água não apresenta restrição para uso pelas plantas conforme limites discutidos e apresentados por Ayers & Westcot (1999). Portanto, de modo geral, a água é classificada como C1S1, considerada de excelente qualidade para fins de irrigação (Bernardo et al., 2013). A classificação C1, quanto ao perigo de salinização, indica baixo nível de sais. O S1, relativo ao perigo de alcalinização ou sodificação, indica que a água apresenta baixa concentração de sódio.

Tabela 3 – Análise da água armazenada na cisterna

	Parâmetros	**Sigla**	**Unidade**	**Valor**
Cátions	Cálcio	Ca^{2+}	mmol/L	0,41
	Magnésio	Mg^{2+}	mmol/L	0,29
	Sódio	Na^{+}	mmol/L	0,21
	Potássio	K^{+}	mmol/L	0,09
	Soma		mmol/L	1,00

Ânions	Carbonatos	CO_3^{2-}	mmol/L	0,00
	Bicarbonatos	HCO^-_3	mmol/L	0,44
	Sulfatos	SO_4^{2-}	mmol/L	0,00
	Cloretos	Cl^-	mmol/L	0,45
	Soma		mmol/L	0,89
	pH	-	-	6,75
	C.E (25°C)	-	ds/cm	0,06
	Dureza Total	$CaCO_3$	mg/L	3,48
	Relação de adsorção de sódio	RAS	-	0,23
	Classificação da água	-	-	C1S1

As aplicações de água ao pomar, ocorreram de forma crescente, recebendo as plantas volumes distintos em cada período, tendo-se sempre os limites de 8, 12, 16 litros por planta, aplicados três vezes por semana, nos períodos chuvoso, intermediário e seco, respectivamente. Houve oscilação apenas na frequência, haja vista ser inversamente proporcional ao número de dias com precipitação pluviométrica (Tabela 4).

O consumo de água aplicado no pomar durante os períodos chuvoso, intermediário e seco, foi, respectivamente, de 5.760, 10.584 e 12.096 litros (Tabela 4), totalizando 28.440 litros de água aplicados às fruteiras durante o ano de 2014. O volume crescente de aplicação de água observado, diz respeito ao crescente número de dias sem chuvas, culminando em um maior número de dias que as plantas receberam água armazenada na cisterna. O mês que teve o menor número de aplicações de água foi abril, seguido pelo mês de dezembro, quando ocorreram precipitações de 73,5 mm e 79,0 mm, respectivamente.

Tabela 4 – Precipitação pluviométrica ocorrida (mm), número de dias sem chuvas e aplicação de água às fruteiras

PERÍODOS	CHUVOSO				INTERMEDIÁRIO				SECO				TOTAL
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	-
Dias P.	3	6	5	6	3	1	10	2	1	2	4	4	47
Subtotal	20				16				11				
P (mm)	14,9	54,2	37,6	73,5	4,7	0,7	17,9	3,5	1	4,4	63	79	354,4
Subtotal	180,2				26,8				147,4				
Nº dias aplic. Água	12	10	11	7	12	13	11	13	13	14	9	6	131
Subtotal	40				49				42				
L/período	5.760				10.584				12.096				28.440

Dias P = dias com precipitações; P (mm) = precipitação; Nº dias aplic. Água = números de dias com aplicação de água; L/período = litros de água aplicados por período.

Ressalta-se que os 354,4 mm de precipitação pluviométrica ocorridos em 2014, durante o experimento (Gráfico 1), possibilitaram uma contribuição de aproximadamente 708,8 litros de água por planta, considerando que cada planta possui uma microbacia de aproximadamente 0,8 m de raio. Condição que permitiu a retenção da água das chuvas em cada planta. Somando-se a água das chuvas com 1.896 litros de água da cisterna, cada planta recebeu em média durante a pesquisa 2.604,8 litros por planta durante o ano de 2014.

No tocante ao volume de água armazenado na cisterna e utilizado nos canteiros é observado na (Tabela 5). Para o canteiro 1 foram utilizados 3.424, 3.680 e 3.456 litros durante os períodos chuvoso, intermediário e seco respectivamente, e no segundo canteiro foram utilizados 50% desses valores, totalizando um volume de 15.840 litros de água, cerca 10% menor que o previsto (Tabela 2), haja vista a ocorrência de dias sem irrigações, poupados pela incidências de precipitações significativas. O limite máximo do volume adotado de água, destinado à cada aplicação de água, por canteiro, foi de 32 e 16 litros por dia. Esse volume correspondeu às lâminas de 8,0 mm e 4,0 mm para os canteiros 1 e 2 respectivamente, haja vista ambos terem dimensões de 4 m^2.

O volume total de água aplicado aos canteiros 1 e 2 no período seco, foi ligeiramente menor (6%) em relação ao período intermediário. O fato é atribuído às expressivas precipitações pluviométricas ocorridas no final do período seco, durante os meses de novembro e dezembro. Nesta ocasião houve redução na frequência de dias irrigados, o que refletiu ao final do período seco, um volume total de água aplicado aos canteiros menor que o volume aplicado no período intermediário.

Foram aplicados às culturas 44.280 litros de água, sendo 64,22% no pomar e 35,77% nos canteiros. Houve, portanto um saldo de 7.720 litros de água no interior da cisterna, que corresponde à uma lâmina de 273,1 mm de água presentes na cisterna. Esse volume é importante para manter uma reserva (volume morto) para que na ocasião de um possível cenário de prolongamento do período seco, haja água para manter as culturas vivas, além de compensar eventuais perdas por evaporação e infiltração e perdas por usos da água pelo agricultor.

Diaconia (2008) em sua obra “Construção da Cisterna Calçadão 52.000 litros”, comenta que é importante sempre manter a presença de água na cisterna para conservar a umidade da estrutura e evitar danos físicos como o aparecimento de micro fissuras nas juntas das placas, devido aos processos de dilatação e contração, causados pela diferença de temperatura, o que pode levar à perda da capacidade de contenção de água.

Tabela 5 – Precipitação pluviométrica ocorrida (mm), número de dias sem chuvas e aplicação de água aos canteiros 1 e 2

PERÍODOS	CHUVOSO				INTERMEDIÁRIO				SECO				TOTAL
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	-
Dias P.	3	6	5	6	3	1	10	2	1	2	4	4	47
Subtotal	20				16				11				
P (mm)	14,9	54,2	37,6	73,5	4,7	0,7	17,9	3,5	1	4,4	63	79	354,4
Subtotal	180,2				26,8				147,4				
Nº dias aplic. água	28	25	30	19	27	30	27	31	30	31	25	21	324
Subtotal	102				115				107				
L/cant. 1	896	832	960	736	864	960	864	992	960	992	800	704	10.560
Subtotal	3.424				3.680				3.456				
L/cant. 2	448	416	480	368	432	480	432	496	480	496	400	352	5.280
Subtotal	1.712				1.840				1.728				
Total (L)	5.136				5.520				5.184				15.840

Dias P = dias com precipitações; P (mm) = precipitação; Nº dias aplic. Água = números de dias com aplicação de água; L/período = litros de água aplicados por período. L/cant. 1 e 2 = litros de água aplicados aos canteiros 1 e 2.

4.2 Características químicas e físicas do solo da área experimental

4.2.1 Atributos químicos do solo

A fertilidade do solo é um dos componentes mais importantes dos sistemas produtivos, essencialmente em culturas como as frutíferas e as hortaliças. Segundo Prezotti & Guarçoni (2013), é um dos essenciais parâmetros para uma agricultura sustentável. Para tanto, encontra-se na Tabela 6 a caracterização química do solo da área experimental. As classes de referência, alto, médio e baixo, utilizadas para a interpretação, foram baseadas nas tabelas de interpretação de análise de solo para o estado de Pernambuco (Cavalcanti, 1998).

Tabela 6 – Caracterização química das amostras do solo

Prof.	pH	Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H+Al	K	P	Na	M.O
m	($CaCl_2$)	--------- $cmol_c\ dm^{-3}$ ----------				------ mg dm^{-3} ------			dag Kg^{-1}
0,0 – 0,2	6,1	0,0	2,5	0,6	1,6	150	20	61	1,4
0,2 – 0,4	6,0	0,0	1,9	0,4	1,6	140	7	46	1,0

Prof.	SB	t	T	m	V	PTS
m	---------- $cmol_c\ dm^{-3}$ ----------			---------- % ----------		
0,0 – 0,2	3,5	3,5	5,1	0	68,5	5,2
0,2 – 0,4	2,7	2,7	4,3	0	62,4	4,7

SB: soma de bases trocáveis; CTC (t) = capacidade de troca catiônica efetiva; CTC (T) = capacidade de troca catiônica; m = índice de saturação por alumínio; V = índice de saturação por bases; PTS = porcentagem de sódio trocável, também denominado de índice de saturação de sódio do solo.

Os valores da acidez ativa (pH) e acidez trocável (Al^{3+}) nas profundidades de 0,0 a 0,2 e 0,2 a 0,4 metros são classificados, respectivamente, como acidez fraca e baixa acidez trocável (Tabela 6). Ressalta-se que o pH foi determinado em $CaCl_2$ considerado por Davey & Conyers, (1988) apud. Ebeling et al. (2008) uma determinação mais precisa do que o pH em água, pela atividade do íon na solução do solo ser menos afetada por sais presentes no solo.

A acidez potencial (H+Al) apresenta-se baixa, não trazendo limitações ao desenvolvimento das culturas, provavelmente, devido à fraca acidez ativa e a ausência de alumínio trocável Al^{3+} na solução do solo. Estas condições são favoráveis ao desenvolvimento das plantas, por não causarem toxidez às culturas (Horst et al., 2010), haja vista que cátions de alumínio na solução do solo, especialmente nas formas monoméricas inorgânicas implicam negativamente na absorção de nutrientes e no crescimento radicular (Echart & Molina, 2001).

Os teores de cálcio foram classificados como médios para ambas as profundidades, com teores variando entre 2,5 a 1,9 $cmol_c\ dm^{-3}$, sendo este último atribuído à camada de 0,2 a 0,4 m (Tabela 6). O menor valor de cálcio, encontrado na camada mais profunda, pode ser atribuído ao consumo deste pelas culturas. Meurer (2006) discorre que deficiência desse elemento geralmente é encontrada em solos ácidos, característica não observada no solo pesquisado. Klaus (2007) comenta que além do cálcio possuir importante papel no crescimento das raízes e brotos, assim como no aumenta à tolerância ao estresse por calor, vento e frio, ele também promove melhoria na estrutura, na permeabilidade e na infiltração de água no solo.

Os teores de magnésio obtidos foram ligeiramente baixos, variando de 0,4 a 0,6 $cmol_c\ dm^{-3}$, apresentado uma relação de Ca:Mg de 4:1 para ambas as profundidades (Tabela 6). Dados apresentados por Prezotti et al. (2007) e Salvador et al. (2011) apontam que a maior parte das culturas apresenta um bom balanço nutricional quando a relação de Ca:Mg varia de 3:1 a 4:1. Dentre outras funções Malavolta (2006) e Vitti et al. (2006) destacam que o magnésio é um ativador enzimático essencial de transferência de energia no processo de fotossíntese.

Os teores de fósforo decresceram em função da profundidade, apresentando maior valor de 20 mg dm^{-3} na primeira camada de 0,0 – 0,2 m, sendo classificado como baixo (Tabela 6). Esta característica é inerente ao solo estudado. Esse comportamento pode ser atribuído à baixa mobilidade deste elemento, concentrando-se na parte mais superficial do solo, ou pode estar associado à formação de precipitados de fosfato de cálcio de baixa solubilidade (Rheinheimer & Anghinoni, 2001). Corrêa et al. (2011) apontam que baixos teores de fósforo caracterizam a maioria dos solos de regiões tropicais, onde as argilas possuem grande capacidade de adsorção do fósforo, que torna o solo um competidor da planta, aliado à baixa solubilidade do mesmo.

Os teores de potássio apresentaram valores médios para ambas as profundidades (Tabela 6). Assim como o nitrogênio, as plantas exigem grande quantidade de potássio, importante em vários processos essenciais, como a ativação enzimática, fotossíntese, regime hídrico, formação de aminoácidos e síntese de proteínas (Malavolta, 2006).

O valor de sódio, apenas na camada mais superficial, pode ser classificado como ligeiramente alto por apresentar uma concentração maior que 50 mg dm^{-3} (Tabela 6). Este fato pode estar associado às elevadas taxas de evaporação e baixos índices pluviométricos, promovendo a ascensão capilar de sais para a superfície do solo, à medida que a água é evaporada ou consumida pela planta, bem como pelas características mineralógicas do solo

(Mantovani et al., 2013). Para Pereira (1998) e Mota & Oliveira (1999) os solos do Semiárido brasileiro, em virtude das características de clima, relevo, geologia e drenagem, é comum apresentarem condições favoráveis à ocorrência do predomínio de sódio e outros sais. Para Erthal et al. (2010), elevadas concentrações de Na^{+} na solução do solo podem causar deterioração da estrutura do solo, pela dispersão dos coloides e subsequentes entupimentos dos macroporos, causando decréscimo na permeabilidade à água e aos gases.

No tocante à matéria orgânica (Tabela 6) os teores variaram de 1,4 a 1,0 dag Kg^{-1} em função da profundidade, classificados como baixos, contudo, observou-se um maior conteúdo na camada superficial, próximo ao limite superior dessa classe de 1,5 dag Kg^{-1}. Embora haja um aporte contínuo de cobertura morta nessa área, pela prática do acúmulo de bagaço de coco na projeção da copa das plantas, acredita-se que os baixos teores de MO estão relacionados às condições ambientais da região, particularmente, temperatura e umidade, interferindo diretamente na taxa de decomposição desse material (Cardoso et al., 2013).

A soma de bases trocáveis do solo (SB) e os valores da capacidade de troca catiônica efetiva (t) apresentaram classificação média para ambas as profundidades variando de 2,7 a 3,5 $cmol_c\ dm^{-3}$ (Tabela 6). A capacidade de troca catiônica (T) apresenta um decréscimo em função da profundidade, classificada como média a baixa, respectivamente, nas profundidades estudadas. A (T) é uma característica do solo e somente pode ser alterada pela adição de matéria orgânica, ou em decorrência de processos erosivos, nesse caso havendo perda da camada superficial (Prezotti et al., 2007). Logo, como o solo nessa área apresenta maior (T) na camada superficial, é possível que a adição de bagaço de coco na projeção da copa das plantas tenha contribuído para a elevação do teor de matéria orgânica, o que reflete uma melhor condição para reter cátions, aliado ao fato de o local não apresentar acidez ativa e trocável em concentrações elevadas.

A saturação de bases (V) maior que 50% (Tabela 6) indica que o solo possui natureza eutrófica, sendo caracterizado como solo de boa fertilidade natural, devido seu alto valor das bases, especialmente cálcio Ca^{2+}, que influi positivamente para reduzir a acidez do solo. O solo não apresenta problemas quanto à saturação por alumínio e quanto ao índice de saturação por sódio. Conforme Amorim et al. (2010) o solo da área de estudo, foi classificado quanto à sodicidade em função da PST, como não sódico, para ambas as camadas.

Conforme os dados apresentados, trata-se de uma área que não oferece limitações ao desenvolvimento das culturas, embora apresente alguns atributos ligeiramente abaixo dos

valores referenciais. Considerando que se tem o recurso água como fator limitante ao desenvolvimento das culturas, não se espera neste trabalho, diante das características e limitações do solo e água, atingir o potencial máximo de produtividade das culturas, mas, busca-se refletir as condições vivenciadas pelos agricultores familiares do Semiárido brasileiro.

4.2.2 Atributos físicos do solo

4.2.2.1 Caracterização física do solo

Os resultados de uma produção agrícola são essencialmente dependentes das características climáticas, do solo e das plantas, bem como das relações entre estes. Esta interação se estabelece pelo fato do solo constituir-se no principal substrato para suporte e fixação dos vegetais, além de servir como reservatório de água e fonte de nutrientes indispensáveis ao desenvolvimento das culturas. Na Tabela 7 é apresentada especificamente a classificação granulométrica.

Tabela 7 – Classificação granulométrica do solo

Prof.	Granulometria						Classe Textural
	Areia*				Silte	Argila	
	G	M	F	Total			
m	---------- % ----------						----
0,0 – 0,2	45,3	24,3	10,8	80,4	7,8	11,8	Franco arenosa
0,2 – 0,4	24,0	16,4	27,0	67,4	8,1	24,5	Média

*G: grossa; M: média; F: fina.

De acordo com a composição granulométrica do solo nas profundidades pesquisadas 0,0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 m, a textural do solo foi classificada como franco arenosa e média, respectivamente (Tabela 7). A redução das frações de areia e aumento das frações finas, observados na camada de 0,2 a 0,4 m, principalmente da fração argila, apresentou um incremento de cerca de 50% em relação à camada mais superficial, proporcionando maior quantidade de poros e, consequentemente, maior capacidade de retenção e armazenamento de água no perfil do solo.

Tal fato é favorável ao sistema de cultivo do solo, uma vez que a água é um dos fatores de maior limitação. Além desta característica, a presença de maior teor da fração argila pode favorecer uma maior adsorção de nutrientes ao longo do tempo, assim como, ao

desenvolvimento das culturas nos meses mais secos do ano, comumente ocorridos entre setembro a dezembro.

A quantidade da fração areia maior que 80% registrada na camada de 0,0 a 0,2 m (Tabela 7), evidencia o caráter permeável, e assim, com baixa retenção de água, proporcionando uma passagem rápida de água nos poros, alcançando logo às camadas mais profundas, favorecendo a perda de nutrientes por lixiviação. Portanto, solos de textura arenosa apresentam comumente limitações hídricas pela sua maior drenabilidade (Klein, 2008; Macedo, 2014).

Diante dessa característica textural, inerente ao solo, a análise granulométrica tem sido utilizada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – MAPA (2008) como ferramenta tecnológica que norteia a concessão de financiamentos ao produtor rural, em face do zoneamento agrícola de risco climático. Auxiliando também no adequado manejo conservacionista do solo, manejo das irrigações, manejo das adubações, entre outras.

Quanto ao grau de floculação das argilas apresentados na Tabela 8, a camada do solo de 0,2 a 0,4 m apresenta melhor grau de estabilidade dos agregados, em relação à camada mais superficial, apresentando grau de floculação maior que 20% e teor de argila natural menor que 9%. A inexistência da prática mecânica de revolvimento do solo, associado a presença de matéria orgânica (Tabela 6), podem ter contribuído para os baixos teores de argila natural promovendo uma maior agregação das partículas, devido à ação cimentante da matéria orgânica (Prado & Centurion, 2001). Estudos realizados por Donagemma et al. (2003) descrevem que baixo índice de argila natural contribui positivamente para o não selamento de parte dos poros subsuperficiais do solo, evitando aumento da densidade, decréscimo na permeabilidade à água, aos gases e da taxa de infiltração.

Tabela 8 – Caracterização física do solo

Prof.	**Argila Natural**	**Grau de Floculação**	**CEes** $_{1:2,5}$	**Densidade**		**Porosidade total**
				Solo	Partículas	
m	g Kg^{-1}	%	µS cm^{-1}	----- Kg dm^3 -----		%
0,0 – 0,2	8,81	24,50	50,90	1,47	2,57	42,80
0,2 – 0,4	8,72	20,20	47,80	1,42	2,56	44,53

Argila Natural = ADA (argila dispersa em água); CE_{es} = condutividade elétrica do extrato de saturação.

A camada superficial de 0,0 a 0,2 m apresentou um ligeiro incremento de argila natural (Tabela 8). Este comportamento pode estar associado, sobretudo ao efeito acumulativo de sódio e potássio nesta camada (Tabela 6) haja vista que esses elementos são

considerados importantes dispersantes (Homem et al., 2012), podendo proporcionar a dispersão de argila no solo, e contribuir para a desagregação das partículas com o impacto das gotas de água sobre a superfície (Donagemma et al., 2003).

Embora a região apresente taxa de evaporação, ultrapassando o valor da precipitação pluviométrica anual (Teixeira, 2010), promove a ascensão capilar de sais para a superfície do solo à medida que a água for evaporada ou consumida pela planta. A análise da concentração de sais solúveis (CEes), evidenciou baixos valores de sais solúveis em ambas as camadas (Tabela 8), caracterizado-as como solo não salino, conforme discutido por Oliveira et al. (2002). A baixa concentração de sais solúveis é importante por não interferir na absorção de água e nutrientes da planta. Caso fosse alta esta concentração, ocasionaria aumento da pressão osmótica da solução do solo, o que poderia levar à seca fisiológica e ao desequilíbrio nutricional (Oliveira et al., 2002), e também o selamento superficial do solo e formação de camadas impermeáveis em subsuperfície (Barros et al., 2006).

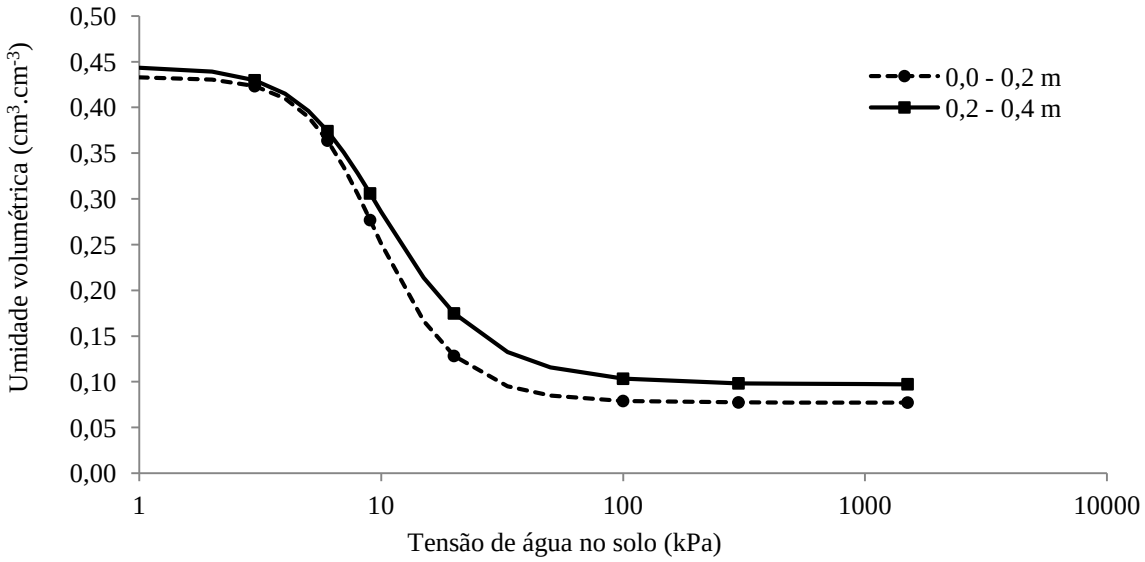
No tocante à densidade do solo, é observada uma diminuição em função da profundidade, estando este comportamento associado à predominância no solo de partículas de texturas finas, como o silte e argila, (Tabela 7), proporcionando uma menor densidade do solo e um aumento da porosidade total e, consequentemente maior capacidade de retenção e armazenamento de água.

De modo geral é importante destacar que agricultores familiares, tendo cisterna de produção e explorando horta e pomar, em solos com condições físicas e químicas melhores que as apresentados neste estudo (Tabela 6 e Tabela 7), poderão propiciar maior capacidade de armazenamento de água no solo, influenciando positivamente na umidade do solo, e consequentemente, tendo melhores condições de cultivo e produção.

4.2.2.2 Curva Característica de Retenção de Água no Solo

Mediante a textura arenosa/média do solo, (Tabela 7) adotou-se a tensão de 10 kPa para a Capacidade de Campo – CC. Para White (2005) e Bernardo et al. (2013) a CC é caracterizada pelo máximo conteúdo de água no solo retido contra a força gravitacional. O Gráfico 3 apresenta as Curvas Características de Retenção de Água no Solo – CCRAS para as camadas de 0,0 a 0,2 e 0,2 a 0,4 metros.

Gráfico 3 – Curvas Características de Retenção de Água no Solo (CCRAS) para as camadas de 0,0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 metros



Verificou-se que a umidade de saturação para as duas profundidades de 0,0 – 0,2 e 0,2 – 0,4 metros apresentaram valores próximos a 0,45 cm^3cm^{-3}, sendo os conteúdos de água na Capacidade de Campo – CC de 0,2565 e 0,2859 cm^3cm^{-3} e no Ponto de Murcha Permanente – PMP de 0,0772 e 0,0973 cm^3cm^{-3}, respectivamente para estas camadas.

As Curvas Características de Retenção de Água no Solo – CCRAS para ambas as profundidades têm a tendência de um traçado semelhante (Gráfico 3). No entanto, verifica-se um decréscimo pouco expressivo da umidade volumétrica do solo, o que corresponde à entrada de ar nos macroporos, relacionada à predominância da fração do solo composta por areia, correspondente a cerca de 80% para a camada de 0,0 a 0,2 m e 70% para a camada de 0,2 a 0,4 m (Tabela 7). Aos 3 kPa aproximadamente inicia-se o ponto de inflexão, momento em que a força de sucção mátrica é suficiente para iniciar a drenagem de água dos macroporos (Fredlund & Xing,1994; Gerscovic, 2001).

No Gráfico 3, a partir de 3 kPa até cerca de 100 kPa observou-se uma perda brusca do conteúdo de água no solo com o aumento da tensão. Segundo Miguel et al. (2006) essa é uma característica típica de solos de texturas grosseiras (Tabela 7), cuja água retida nos macros e meso poros é drenada rapidamente com o aumento das tensões.

Na CCRAS da profundidade de 0,2 – 0,4 metros, verificou-se que, a partir das tensões maiores que 10 kPa, há maior presença de água retida para os mesmos valores de tensão, que a camada mais superficial, apresentando um aporte de pouco mais que 34,59% de água disponível que a curva referente à profundidade de 0,0 a 0,2 m. Esta característica

está associada à maior quantidade de frações finas nessa camada do solo, principalmente de argila (Tabela 7). Um aumento destas frações geralmente leva a um incremento da quantidade de água retida sob um mesmo valor de tensão, pela maior quantidade de poros e, consequentemente, maior capacidade de armazenamento de água no solo. Estudos realizados por Miller et al. (2002) e Reichardt & Timm (2012), confirmam esse comportamento.

As culturas que dispõem de um sistema radicular que exploram a camada do solo mais superficial 0,0 a 0,2 m, tendem a apresentar dificuldade para a absorção de água e adsorção de nutrientes. Além disso, essa camada esta sujeita a uma maior perda de umidade por evaporação, por encontrar-se mais exposta, diferentemente das camadas subjacentes. Por isso quando a camada superficial do solo é cultivada com hortaliças, há necessidade de uma maior frequência de aplicação de água de reposição, do que culturas com sistema radicular que explorem o solo em profundidade.

No limite inferior da curva, observou-se que a partir de tensões maiores que 1000 kPa há um comportamento insignificante nos valores de umidade em ambas as profundidades, com o aumento da tensão, sendo esse momento da curva definido como teor de umidade residual (Gerscovich, 2001). Fredlund & Xing (1994) definem como teor de umidade residual, o conteúdo de umidade do solo a partir do qual é necessária grande variação na tensão, para remover variações pouco significativas no conteúdo de umidade.

Os solos com predomínio da fração argila, por reterem maior quantidade de água, podem oferecer melhores condições aos sistemas de cultivo que utilizam a cisterna de produção, haja vista a água ser um dos fatores de maior limitação. Por outro lado, os solos de textura arenosa/média apresentam baixa capacidade de retenção de água, e alta demanda evaporativa (Urach, 2007). Considerando a área do experimento como sendo de textura arenosa, adotou-se como estratégia para o controle da umidade e temperatura do solo, manter a projeção da copa das plantas protegidas com cobertura morta com bagaço de coco, para minimizar a perda de água e manter maior tempo de umidade do solo.

Dados publicados por Bertoni & Lombardi Neto (2008) destacam que a cobertura morta no solo além de contribuir para manutenção da temperatura e umidade do solo, proporciona também redução na desagregação do solo, menor incidência de plantas daninhas e melhora o aporte de matéria orgânica que retém cerca de três vezes o seu peso em água.

4.3 Conteúdo de água no perfil do solo

4.3.1 Área do pomar

Os resultados da umidade volumétrica no perfil do solo, das unidades experimentais dos tratamentos que receberem água da cisterna (Tabela 1), para os períodos chuvoso, intermediário e seco, respectivamente, e dos tratamentos que apenas receberem água da chuva, serão apresentados e discutidos a seguir.

Para a área do pomar adotaram-se os dados da Curva Característica de Retenção de Água no Solo – CCRAS para a camada de 0,40 m, apresentando para tanto umidade na Capacidade de Campo – CC de 0,2859 cm^3 cm^{-3} e no Ponto de Murcha Permanente – PMP 0,0973 cm^3 cm^{-3}, considerando que grande parte de exploração do sistema radicular das plantas frutíferas compreendem essa profundidade (Pires et al., 1999).

Foi discutido também o limite inferior de disponibilidade de água no solo – fator (f) igual a 0,7 (Bernardo et al., 2013), o qual corresponde a cerca de 50% da Capacidade de Campo, ou seja, a umidade mínima que as fruteiras podem ser submetidas sem afetar significativamente sua produção.

A) Período Chuvoso

A1. Tratamento com irrigação

No Gráfico 4 observa-se que durante o Período Chuvoso – PC, compreendido entre os meses de janeiro a abril, a umidade média do solo a 0,10 m de profundidade permaneceu em cerca de 80% da Capacidade de Campo – CC, oscilando de 0,2064 a 0,2584 cm^3 cm^{-3}. Concomitantemente, com o aumento da profundidade registra-se um acréscimo da umidade do solo, até cerca de 0,30 m, momento em que o solo atinge a máxima umidade com cerca de 90% da Capacidade de Campo. É possível, neste caso, que devido à textura arenosa do solo (Tabela 7), haja garantia de um maior fluxo de água e, consequentemente, maior gradiente de infiltração, onde a força da gravidade prevalece contra a ação da capilaridade favorecendo o fluxo de água para as camadas mais profundas, podendo também, mover-se segundo gradientes de outros potencias, porventura presentes (Libardi, 2005).

Esse processo é denominado redistribuição da água (Loyola & Prevedello, 2006) se caracteriza por aumentar a umidade de camadas mais profundas às expensas de água contida nas camadas superficiais inicialmente umedecidas. Ainda nesse contexto, observa-se no Gráfico 4 um perfil definido de umidade do solo, formado pela linha sinuosa na

profundidade de 0,10 a 0,40 m. Tal linha pode ser atribuída ao movimento da água no solo, formando o chamado bulbo molhado ou úmido, comumente observado em cultivos submetidos à aplicação de água localizada, como ocorreu neste experimento, para os tratamentos que receberam água da cisterna.

Convém salientar que a área molhada pelo bulbo, corresponde a uma área maior, do que a visualizada na superfície do solo, neste caso refletindo a menor umidade em superfície, corroborando com os dados apresentados por Pires et al. (1999), ao destacarem que a área molhada, corresponde à faixa de 0,10 a 0,20 m, podendo se estender até 0,30 m de profundidade, onde normalmente situa-se o maior diâmetro molhado. Deve-se ressaltar, que em solos com perfil não uniforme, como ocorre no solo da pesquisa em curso, apresentam em geral, maior movimento lateral de água que o mesmo solo com perfil uniforme (Bernardo et al., 2013).

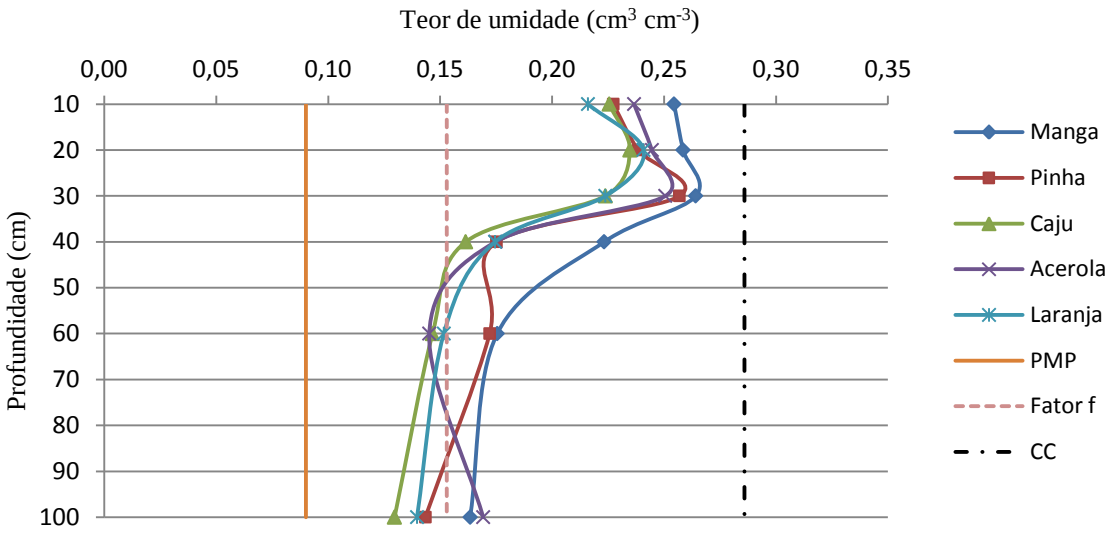


Gráfico 4 – Perfil da umidade do solo com fruteiras irrigadas durante o período chuvoso

A redistribuição da água no solo ocorre em todas as direções, com maior ou menor facilidade, sendo a forma e o tamanho do bulbo úmido, dependentes das características do solo, do volume de água aplicado e frequência (Libardi, 2005). Contudo, em solos de textura grosseira, o movimento vertical da água predomina e o bulbo fica mais alongado quando comparado à mesma quantidade de água aplicada em solos de textura argilosa (Cook, 2006; Maia & Levien, 2010).

A alta umidade do solo observada durante o período chuvoso, quando comparada à dos períodos intermediário e seco, está associada à água proveniente das precipitações pluviométricas ocorridas, que corresponderam a 180,2 mm, incrementados pelo aporte de

8,0 litros por planta aplicados por gotejamento, numa frequência de três vezes por semana, o que equivaleu a um volume de água ofertado de 5.760 litros, aplicados nesse período.

É possível também que o clima mais ameno, com a ocorrência de menores valores de temperatura média, maior umidade relativa do ar e ventos mais calmos, proporcionou durante o período chuvoso uma menor taxa de evaporação, permitindo assim, um maior conteúdo de água no solo. Dados climatológicos, publicados por Teixeira (2010), assinalam que durante os meses de janeiro a abril, para a região de Petrolina – PE ocorrem a maior umidade relativa do ar, variando em média de 66% a 73%; os menores valores da velocidade média do vento, oscilando de 1,6 a 1,8 m s^{-1} e temperatura média entre 26,9 °C a 26,2 °C.

Acredita-se também que os maiores valores de umidade do solo registrados especificamente para a cultura da mangueira (Gráfico 4), a qual recebeu a mesma quantidade de água que as demais espécies, podem estar associados à arquitetura das plantas, que por possuir maior copa e maior área foliar em relação às demais culturas, proporcionam maior área sombreada, minimizando os processos evaporativos. Situação inversa foi observada para a cultura da laranjeira.

A crescente variação de retenção de umidade no perfil do solo, registrado até os 0,30 m, possivelmente está associada à maior concentração da fração argila do solo na profundidade de 0,20 a 0,40 m, em cerca de 50%, em relação à camada mais superficial (Tabela 7). Assim como a presença da zona ramificada das raízes, caracterizada por apresentar uma consistência mais lenhosa, onde há menor taxa de absorção de água e nutrientes (Cintra et al., 1996; Konrad et al., 2001). Ainda segundo os autores estudando o desenvolvimento e distribuição do sistema radicular em plantas frutíferas, observaram que a região ramificada das raízes, são responsáveis em grande parte pela fixação dos vegetais ao solo.

A diminuição da umidade do solo, observada entre 0,30 e 0,40 m de profundidade, provavelmente está associada à zona de absorção das raízes, logo, há uma maior exploração do sistema radicular das plantas frutíferas no perfil do solo, contribuindo para a redução crescente do conteúdo de água no solo (Gráfico 4). Trabalhos realizados em plantas frutíferas por Cintra et al., 1996 e Soares et al. (1998) evidenciam que a zona pilosa das raízes, situadas acima da zona de distensão, onde as raízes apresentam a maior taxa de crescimento, são responsáveis pelo maior percentual de absorção de água e nutrientes, haja vista o potencial hídrico dos pêlos radiculares ser mais baixo que a da água do solo, acarretando entrada da água para seu interior.

Dos 0,60 m até 1,0 m de profundidade, observou-se uma variação muito pequena da umidade, com uma performance praticamente constante, com exceção para as culturas da pinheira e mangueira, que apresentaram um decaimento na umidade do solo. No entanto, o teor de umidade na mangueira permaneceu mais elevado em todo perfil do solo. Possivelmente este comportamento esteja associado à parcela muito pequena de raízes em busca de água. No tocante à umidade crítica representada pela linha, correspondente ao fator f, caracterizada como a umidade mínima em que as culturas podem ser submetidas sem comprometer a produção, esta permaneceu acima até os 0,40 m de profundidade, para todas as culturas, persistindo a maior profundidade para as culturas da mangueira e pinheira.

A2. Tratamento sem irrigação

No Gráfico 5 observa-se que o comportamento da umidade média do solo, para o tratamento cujas fruteiras não receberam água da cisterna, mas apenas aquela proveniente das chuvas, apresenta menores valores em todo perfil do solo avaliado, ao se comparar com o tratamento em que as fruteiras além da chuva também receberam água da cisterna no mesmo período. Salienta-se que a umidade média registrada no perfil do solo diz respeito apenas ao volume de 180,2 mm precipitados neste período.

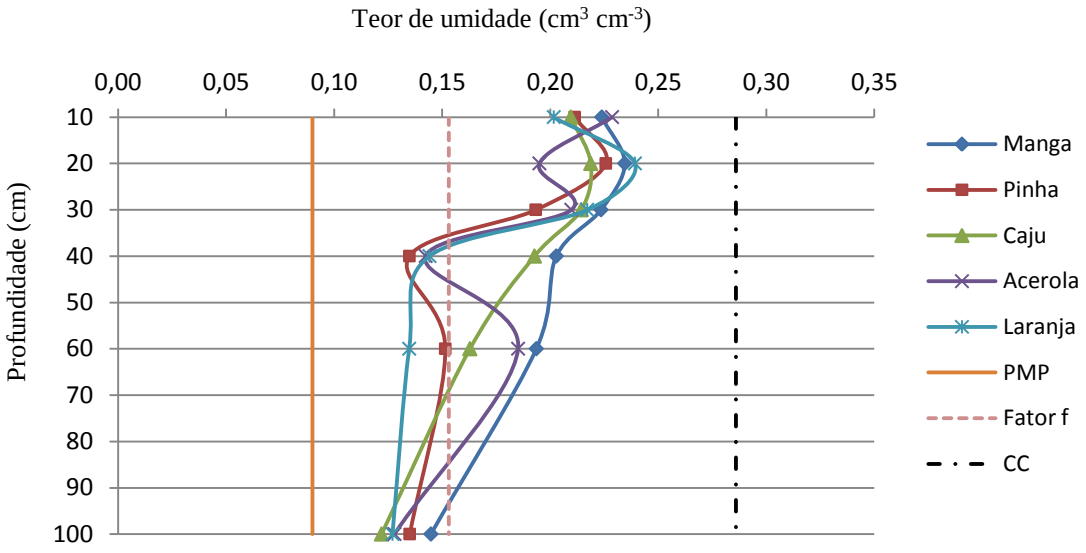


Gráfico 5 – Perfil da umidade do solo com fruteiras não irrigadas durante o período chuvoso

De modo semelhante à situação anterior (Gráfico 4) com exceção da camada superficial, o teor de umidade na mangueira permaneceu também mais elevado, conforme apresentado no Gráfico 5. Uma característica particular observada neste tratamento, cujas fruteiras não receberam água da cisterna, é para a cultura da aceroleira, onde ocorreu uma

perda contínua de umidade no solo até 0,20 m. Este fato pode estar associado ao maior consumo de água pela planta, no intervalo de 0,10 a 0,20 m, assim como a variações da quantidade da fração areia do solo, promovendo uma rápida drenagem interna da água, e refletindo um maior aporte de umidade na camada seguinte.

Entre os intervalos de 0,30 a 0,40 m é observada uma perda acentuada da umidade, de forma mais notória para as culturas da pinheira, aceroleira e laranjeira, o que pode estar associada à zona de maior densidade das raízes e consequente maior demanda por água. A partir dos 0,60 m há um acentuado decréscimo da umidade do solo, caracterizado pela pouca quantidade de água que atinge essa profundidade, convergindo para 0,1349 cm^3 cm^{-3} a 1,0 m de profundidade, para a maioria das culturas. Na Figura 10 é apresentada uma visão parcial da área de estudo, no período chuvoso.

Figura 10 – Vista parcial do pomar no período chuvoso

Foto: Nilton de Brito Cavalcanti (2014).

B) Período Intermediário

B1. Tratamento com irrigação

Neste período observa-se que o comportamento da umidade média do solo, para as culturas da mangueira e pinheira, apresentaram valores em 15% acima da umidade crítica entre 0,20 e 0,50 m de profundidade (Gráfico 6), sendo as demais culturas com valores abaixo. Durante este período foram aplicados 12 litros de água por planta, por gotejamento, numa frequência de três vezes por semana, o que correspondeu a um total de 10.584 litros. Mesmo assim não foram suficientes para evitar que a 0,10 m de profundidade, a umidade do

solo para grande parte das culturas, permanecesse em torno de 20% acima do Ponto de Murcha Permanente.

A perda acentuada de umidade, observada na porção mais superficial do perfil do solo, notadamente entre 0,10 e 0,20 m, é atribuída à menor taxa de precipitação pluviométrica ocorrida entre os meses de maio a agosto, que compreende o período intermediário. Neste período foi registrado um acúmulo de apenas 26,8 mm de chuva, o que corresponde a somente 15% do volume precipitado no período chuvoso, associado à diminuição da umidade relativa do ar variando entre 65 – 60% (Teixeira, 2010) e da textura arenosa do solo, favorecendo o aumento da taxa de transferência de vapor d'água para a atmosfera, motivado pelo ar aquecido à superfície do solo nas horas mais quentes do dia.

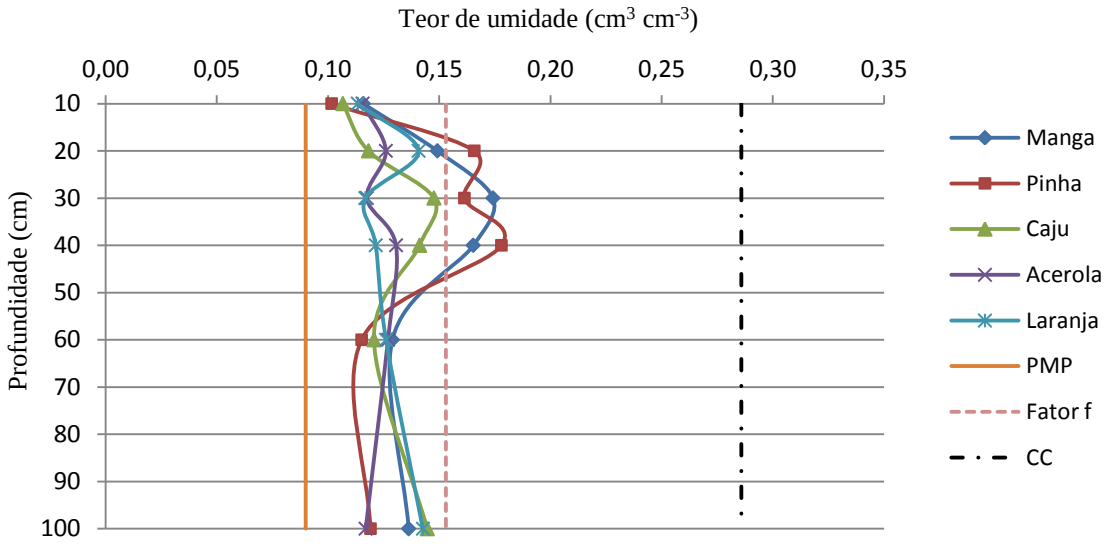


Gráfico 6 – Perfil da umidade do solo com fruteiras irrigadas durante o período intermediário

Observa-se no gráfico acima, que a partir de aproximadamente 0,15 e 0,20 m de profundidade, as umidades no perfil do solo para as culturas da pinheira e mangueira, apresentam-se acima da umidade crítica, persistindo até os 0,47 m de profundidade, indicando, portanto, a possibilidade que ainda nesse momento, que corresponde ao período intermediário situado entre maio a agosto, essas culturas estavam diante de valores de umidade do solo, que caso permanecesse, poderiam produzir sem afetar de maneira significativa a produção. É possível que mudanças espaciais nas propriedades físicos hídricas do solo, assim como a dimensão da área foliar das culturas e sua relação com o tamanho da área sombreada, possam ter proporcionado esse comportamento.

Aos 0,30 m de profundidade, a umidade média do solo para as culturas da laranjeira e aceroleira, diminuiu consideravelmente quando comparada com das demais culturas, após

um acréscimo do conteúdo de água no solo na camada anterior. Esse comportamento pode indicar que o sistema radicular dessas culturas, diante de baixa disponibilidade de água, também explora as camadas mais superficiais do solo, em busca de água. Pesquisas realizadas por Coelho et al. (2002) e Santos et al. (2005) com fruteiras submetidas a déficits hídricos, mostram um desenvolvimento do sistema radicular em direção às camadas superficiais, entre 0,10 e 0,30 m, influenciado pela redistribuição da água no perfil do solo.

Um ligeiro aumento na ordem de 15% da umidade média do solo é observado no Gráfico 6, na profundidade de 1,0 m, em relação ao período chuvoso, o que pode estar associado a contribuição do teor de umidade advindo do período anterior acrescido do período intermediário, aumentado assim umidade do solo com o passar do tempo.

Nesse sentido, estudos publicados por Reichardt & Timm (2012) comprovam que mesmo cessando a chuva ou a irrigação, o movimento da água dentro do perfil do solo pode continuar persistindo por dias ou meses, cessando por impedimentos físicos do solo ou quando o potencial matricial passa a ter maior importância que o gravitacional, à medida que o solo perde água. Contudo, grande importância deve ser dada às camadas mais superficiais, onde há a máxima concentração das raízes e maior exigência por água para atender às necessidades das plantas.

Ressalta-se que, nas condições estudadas o volume de água aplicado advindo da cisterna, acrescentado pelas precipitações pluviométricas, não atende às necessidades das plantas. No entanto, o propósito é a manutenção das fruteiras com um requerimento mínimo de água e a obtenção de produção, mesmo que em pequena escala, de modo a promover a inserção de frutas e hortaliças na dieta alimentar de famílias rurais do Semiárido brasileiro.

B2. Tratamento sem irrigação

O comportamento da umidade média do solo, do tratamento em que as plantas não receberam água da cisterna, é apresentado no Gráfico 7. Na profundidade de 0,10 m apresenta valores de umidade média do solo, praticamente comum a todas as culturas, na ordem de 0,09667 $cm^3\ cm^{-3}$, correspondendo a 7% acima do Ponto de Murcha Permanente. Esse comportamento é igualmente observado até a camada de 0,20 m, embora registrando um ligeiro aumento da umidade. A partir dos 0,20 m de profundidade são registrados para todas as culturas, valores médios de umidade do solo ligeiramente acima de 20% do Ponto de Murcha Permanente, com exceção para as culturas da mangueira e aceroleira.

Dos 0,40 m até 1,0 m de profundidade (Gráfico 7), as linhas de umidades do solo apresentam valores pouco oscilantes, refletindo uma menor sinuosidade das curvas de umidades, quando comparado aos tratamentos que receberam água da cisterna. Observa-se também que todas as linhas de umidades de extração de água pelas raízes das culturas, permanecem abaixo da umidade mínima, característica associada a não aplicação de água a esse tratamento.

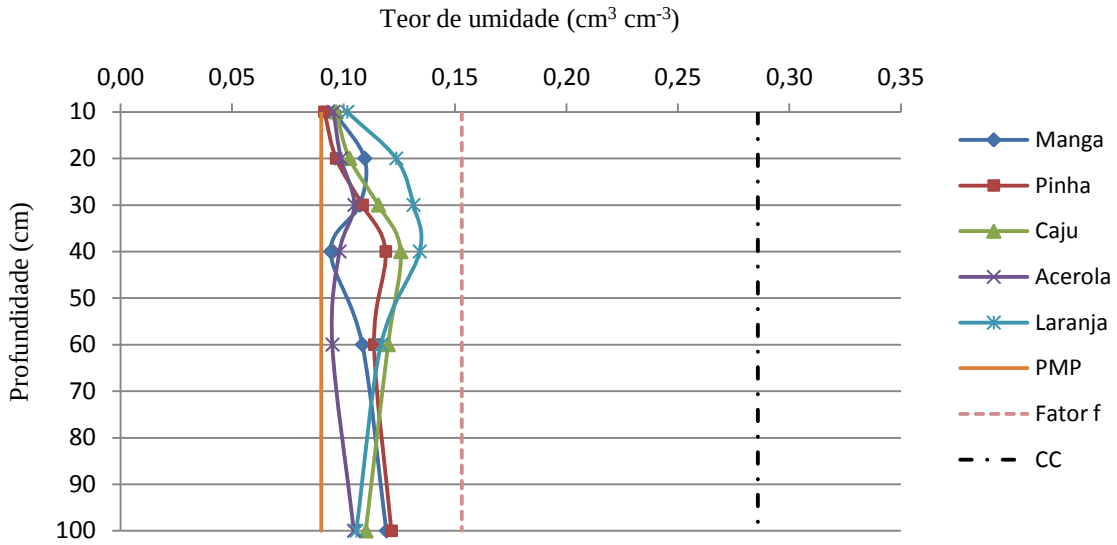


Gráfico 7 – Perfil da umidade do solo com fruteiras não irrigadas, período intermediário

C) Período Seco

C1. Tratamento com irrigação

Os teores de umidades para o tratamento cujas plantas receberam água da cisterna, durante o período seco, que compreende aos meses de setembro a dezembro, podem ser observados no (Gráfico 8). Neste período, registrou-se um total de 147,4 mm de precipitação pluviométrica, com maior concentração das chuvas, cerca de 95%, nos meses de novembro a dezembro, sendo 63 mm e 79 mm respectivamente, concentradas em apenas 4 dias, conforme observado no Gráfico 2.

Nessa ocasião ocorreu o maior número de dias com aplicação de água às fruteiras, destacando-se os dois primeiros meses deste quadrimestre. Neste último período de realização dos estudos, as culturas receberam 16 litros de água por planta, três vezes por semana, totalizando no final do quadrimestre 12.096 litros, aplicados de modo semelhante aos períodos anteriores. Desse volume total, 75% foram aplicados nos dois primeiros meses e o restante em novembro e dezembro.

Verifica-se no (Gráfico 8), que mesmo sendo administrados 16 litros de água por planta, a 0,40 m de distância do caule, os resultados obtidos acenam que o comportamento das umidades médias do solo, na camada mais superficial, apresentou para todas as culturas, baixos valores de umidade do solo, em torno de 10% a cima do Ponto de Murcha Permanente – PMP. Contudo, observa-se um aumento gradativo da umidade do solo até 0,20 m de profundidade, variando de 0,1087 cm^3 cm^{-3} a 0,1543 cm^3 cm^{-3}, o que possivelmente está associado aos seguintes fatores: aporte de água aplicada às culturas; ao volume precipitado registrado no final desse período; associada à maior concentração da fração argila do solo na profundidade de 0,20 a 0,40 m, cerca de 50%, em relação à camada mais superficial (Tabela 7).

Embora tenha apresentado um importante incremento da umidade do solo na camada subsuperficial, não foi suficiente para ficar acima da umidade mínima (0,153 cm^3 cm^{-3}). Segundo Coelho et al. (2008) nessas condições o crescimento das plantas poderá ser afetado, ocasionando redução na produção. Observa-se também para a cultura da mangueira, seguida da cultura do cajueiro, um aumento distinto da umidade do solo, característica registrada igualmente nos períodos anteriores. Tal fato pode estar associado, possivelmente, além da arquitetura das plantas, a um possível desnível da área, ou à variações espaciais nas propriedades físico hídricas do solo, fazendo com que a água precipitada flua em direção à essas culturas.

Nas camadas seguintes até 0,60 m, é observado um declínio da umidade no solo, seguida por uma intersecção das umidades a 0,60 m, em 0,1158 cm^3 cm^{-3}, apresentando cerca de 20% acima do Ponto de Murcha Permanente – PMP, comportamento praticamente uniforme até 1,0 m.

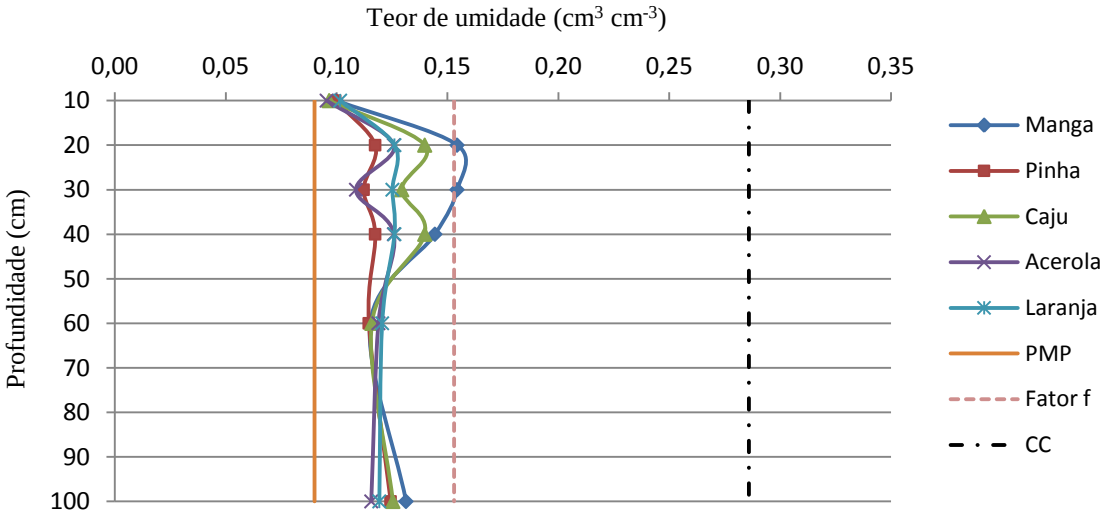


Gráfico 8 – Perfil da umidade do solo com fruteiras irrigadas durante o período seco

O baixo teor de umidade, notadamente na camada mais superficial do solo e em profundidade observado no Gráfico 8, é possível que esteja associado a fatores climatológicos que afetam esse período do ano, conforme informações agrometeorológicas publicados por (Teixeira, 2010), competindo portanto, pela quantidade de água adicionada ao solo. Dentre os fatores climatológicos que afetam esse período, tem-se o menor índice de umidade relativa do ar registrado para esse período, abaixo de 55%, época das maiores velocidade do vento, o dobro do período chuvoso, chegando a atingir 3,3 $m.s^{-1}$.

Este período do ano apresenta as maiores temperaturas, oscilando entre 26,5 ºC a 28,1 ºC, e evapotranpiração potencial atingindo 166,67 mm. Essas condições, associados à textura arenosa/média do solo, com cerca de 80% da fração areia registrados na profundidade 0,0 a 0,20 m, têm contribuído para a intensificação do fluxo de vapor d'água do solo para a atmosfera.

Quanto à diminuição dos valores de umidade, observada a partir dos 0,40 m (Gráfico 8), é possível que esteja associada à maior densidade do sistema radicular em torno dessa camada, e sua capacidade de interceptar e absorver a umidade do solo, assim como os elementos dissolvidos que são carreados pela água por fluxo de massa, diminuindo assim o avanço da umidade para as camadas subjacentes. É possível também que o volume de água aplicado às plantas, juntamente com a contribuição da precipitação pluviométrica ocorrida nesse período, tenham sido insuficientes para atingir camadas mais profundas do solo. Nascimento et al. (2012) descreveram comportamentos da umidade do solo semelhantes aos encontrados neste trabalho, avaliando-se a umidade do solo em plantas frutíferas a 0,40 m do caule, irrigadas com água armazenada em cisterna do P1+2, em condições semelhantes à essa pesquisa.

C2. Tratamento sem irrigação

O comportamento da umidade média do solo para os tratamentos não que receberam água da cisterna durante o período seco, está apresentado no Gráfico 9. Houve para todas as culturas baixos valores de umidade do solo, muito próximos ao Ponto de Murcha Permanente – PMP, persistindo até os 0,20 m, quando comparados aos das mesmas plantas que também não receberam água no período anterior.

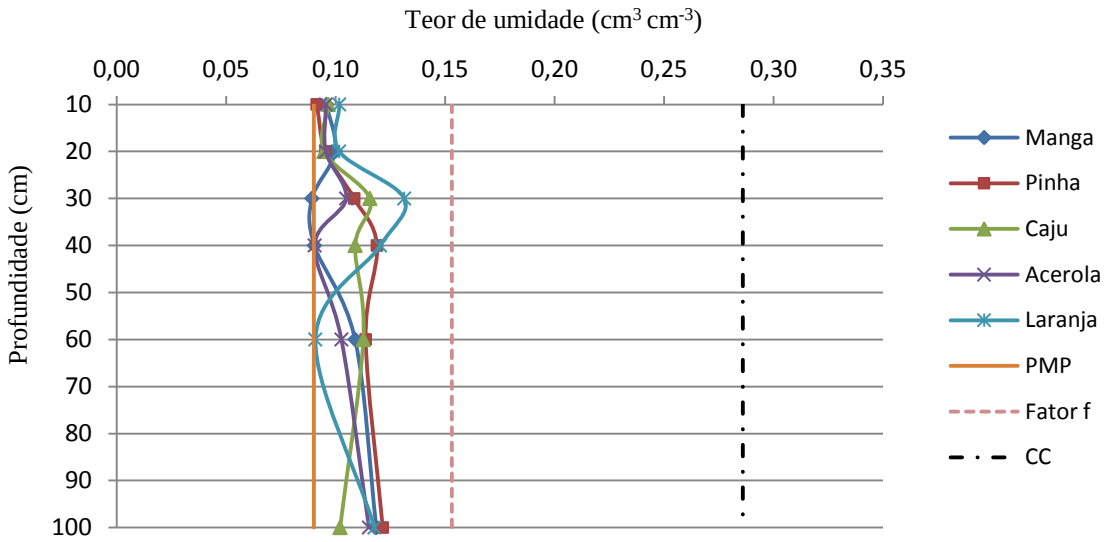


Gráfico 9 – Perfil da umidade do solo com fruteiras não irrigadas durante o período seco

Apesar dos baixos teores de umidade do solo, observa-se no Gráfico, acima entre 0,20 a 0,40 m de profundidade, maiores valores de umidade, que podem estar associados à presença da maior quantidade da fração argila do solo (Tabela 7), variando de 11,82% na camada de 0,0 a 0,20 m, para 24,51% na camada de 0,20 a 0,40 m, proporcionando maior capacidade de armazenamento de água no solo. Os valores muito baixos da umidade do solo, observados para essas plantas, estão associados aos fatores climáticos desse período e à ausência de aplicação de água para as culturas desse tratamento.

Diferente do tratamento que recebeu água da cisterna, neste período o teor de umidade do solo explorado para a mangueira, apresentou valores de umidade igual ao Ponto de Murcha Permanente. Esta espécie teve comportamento diferente das demais culturas, o que pode estar relacionado à grande demanda por água, e possivelmente essa condição fez com que uma planta de mangueira não resistisse (Figura 11B). No tocante à umidade do solo a 1,0 m, praticamente não houve alteração do comportamento, em relação às plantas do período intermediário que também não receberam água da cisterna.

Figura 11 – Vista parcial do pomar no período seco. (A) planta de mangueira que recebeu água da cisterna; (B) planta de mangueira que não recebeu água da cisterna

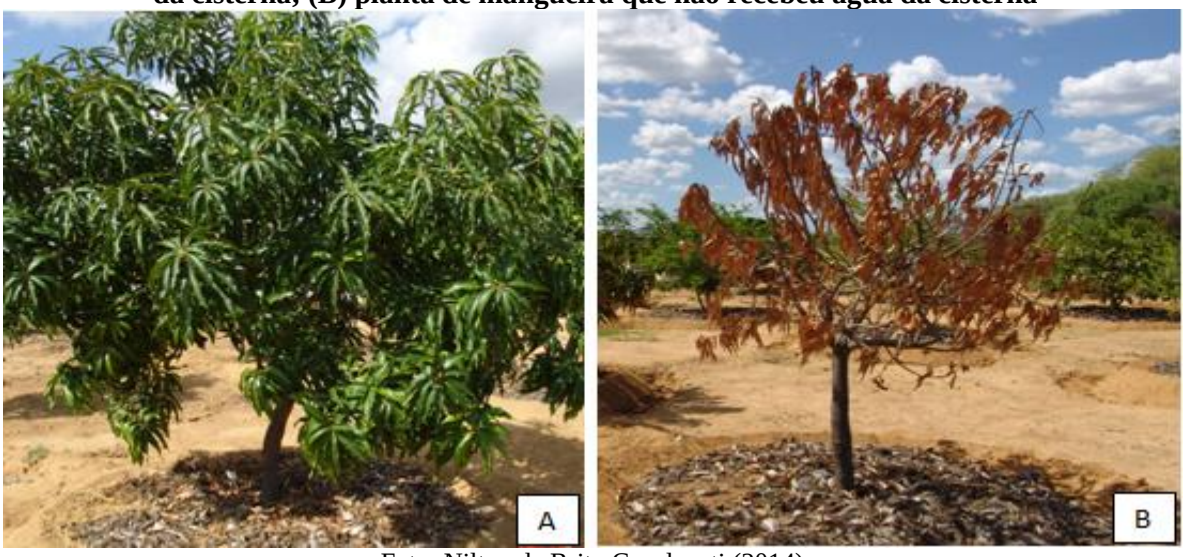


Foto: Nilton de Brito Cavalcanti (2014).

Um fator que pode está refletindo nos baixos teores de umidade, observados durante o experimento, pode ser a aferição do conteúdo de água no solo, obtido pelo sensor, pois o raio de alcance é de apenas 0,10 m ao redor do tudo de acesso, e que corresponde à faixa de extensão do campo eletromagnético (Delta – T, 2008). Como os tubos de acesso estão dispostos a 0,40 m do caule das plantas, é possível que a uma distância mais próxima do caule, sejam registrados maiores teores de umidade.

Guimarães et al. (2010) e Costa (2014) alertam que as medidas realizadas por sensores de umidade, que utilizam princípio de reflectometria, podem ser afetadas por variações na densidade e composição do solo, rochas próximas às hastes, raízes, bolsas de ar, dejetos no subsolo, e em menor escala, influenciadas pela condutividade iônica dos sais dissolvidos na umidade do solo, quando superior a 250 mS m^{-1}. Todavia, a análise da concentração de sais solúveis no extrato de saturação do solo, nas profundidades de 0,0 a 0,2 e 0,2 a 0,4 m, apresentaram valores inferiores a 0,20 mS m^{-1}, caracterizando o solo como não salino, conforme discutido por Bernardo et al. (2013) e Mantovani et al. (2013), portanto, não interferindo na leitura da umidade do solo.

Todas as plantas submetidas aos tratamentos com aplicação de água da cisterna e sem aplicação de água, dispunham de cobertura morta com cascas de coco, cobrindo um raio de 1,5 metros do caule da planta, visando sobretudo, criar um microclima e evitar perdas de umidade. Portanto, acredita-se que sem esse procedimento teriam sido registrados menores teores de umidade em todos os períodos e espécies cultivadas.

Além do processo de evapotranspiração potencializado, sobretudo pela radiação solar, temperatura da superfície, temperatura e umidade relativa do ar e o vento (Santos &

Carlesso, 1998) a diminuição no teor de umidade na parte superficial do perfil do solo, observada em todos os períodos, é possível que esteja também associado à estrutura do solo. Sua menor densidade aparente, assim como sua maior porosidade total, contribuem para um aumento na condutividade hidráulica, drenando rapidamente a água para as camadas subjacentes, impulsionado também pela maior quantidade de frações grossas do solo.

Além dos fatores já mencionados, as baixas umidades do solo, também estão relacionadas ao volume racionado de água destinado às culturas. Haja vista o volume limitado de 52 mil litros de água da cisterna do P1+2, não permitir atender à demanda evapotranspirativa das culturas, comumente praticada em agricultura convencional irrigada.

Durante o experimento que compreendeu os períodos chuvoso, intermediário e seco, observou-se em algum momento valores de umidade do solo muito próximos ao Ponto de Murcha Permanente – PMP, conceito que pressupõe o limite mínimo de disponibilidade de água para as plantas, quando a tensão de água no solo é de aproximadamente, 1.500 kPa. Entretanto, estudos realizados por Sykes (1969) e Griffin et al. (1989) apud Procópio et al. (2004), ressaltam que diferentes espécies de plantas podem desenvolver estratégias para extrair água em limites inferiores, como a *Nicotiana attenuata, Cassia fasciculata, e a Agropyron intermedium*, que conseguiram extrair água do solo a 1.610 kPa, 3.470 kPa e 3.860 kPa, respectivamente, por meio de modificações em suas características morfológicas e fisiológicas, as que determinam suas habilidades competitivas pela água do solo.

É possível que as plantas que não receberam água da cisterna, durante os períodos intermediário e seco, tenham resistido e conseguido se adaptar às baixas condições de umidade, registradas a 0,40 m do caule. Cabe observar também que os valores de umidade do solo, quando próximos ao PMP, se encontravam sobretudo, a 0,10 m no perfil do solo, para a grande parte das culturas. Ainda nesse contexto, pesquisas realizadas por Van Lier & Libardi (1997) e Procópio et al., (2004) apontam que o potencial da água no solo no PMP pode variar significativamente entre solos, espécies, estádio fenológico da planta, histórico de estresse hídrico e adaptação das plantas ao ambiente.

De modo geral, o avanço da umidade no solo até cerca de 0,30 m de profundidade, onde foram observados os maiores valores de umidade do solo, durante todo o experimento, é possível que tenha ocorrido devido à quantidade de poros de menor diâmetro, registrados na camada de 0,20 a 0,40 m (Tabela 7). Esta camada apresenta, em relação à camada mais superficial, maior valor da fração silte e o dobro da fração argila, que, por possuírem maiores superfícies específicas e maior quantidade de poros, promovem aumento do efeito da capilaridade e eleva a capacidade de retenção de água (Libardi, 2005).

Nas condições estudadas o volume de água aplicado advindo da cisterna, acrescentado pelas precipitações pluviométricas, não atende às necessidades das plantas. No entanto, o propósito é a possibilidade da manutenção de fruteiras em pequena escala, com um requerimento mínimo de água, com quantidade dimensionada com base no volume de água armazenado na cisterna do P1+2 (52 mil litros), de modo a promover a inserção de frutas e hortaliças na dieta alimentar das famílias rurais do Semiárido brasileiro.

4.3.2 Canteiro de hortaliças

O fornecimento de água às hortaliças ocorreu mediante uso de regador plástico, conforme observado na Figura 12, sendo aplicados 32 litros de água por dia para o canteiro 1 e 50% desse volume para o canteiro 2, distribuídos em partes iguais pela manhã e à tarde, conforme Tabela 5. A aplicação de água totalizou um consumo de 15.840 litros durante todo o experimento.

Figura 12 – Vista parcial dos canteiros cultivados com hortaliças

Foto: Nilton de Brito Cavalcanti (2014).

Com vistas a inferir a relação entre os volumes de água em cada canteiro e o comportamento da umidade volumétrica do solo, adotaram-se os dados da Curva Característica de Retenção de Água no Solo – CCRAS (Gráfico 3), para a camada de 0,0 a 0,2 m, considerando-se que para as hortaliças em estudo, a profundidades efetivas dos sistemas radiculares se encontrarem abrangendo esse intervalo de profundidade (Pires et al., 1999). Os dados utilizados foram Capacidade de Campo – CC de 0,2565 cm^3 cm^{-3} e Ponto de Murcha Permanente – PMP 0,0772 cm^3 cm^{-3}, sendo o limite inferior do fator de disponibilidade de água no solo f = 0,5 considerando-se um cenário de alta demanda hídrica,

o qual corresponde a 65% da Capacidade de Campo. Esta umidade é mínima para que as hortaliças não tenham suas produções comprometidas.

Embora o volume de água administrado ao canteiro 2 tenha sido de 16 litros de água por dia, metade do volume aplicado ao canteiro 1, observa-se no Gráfico 10 que não houve uma diferença expressiva nos valores de umidade do solo, registrados entre 0,10 a 0,20 m de profundidade. As médias destes valores corresponderam à 0,2262 cm^3 cm^{-3} para o canteiro 1 e 0,2087 cm^3 cm^{-3} para o canteiro 2. Pelo fato dos canteiros estarem elevados à aproximadamente 0,10 m do solo, é possível que esta condição tenha proporcionado uma rápida percolação da água neste espaço, apresentando valores de umidade semelhantes em profundidade, para cada canteiro.

A partir de 0,20 m de profundidade para o canteiro 2, observa-se uma perda notória de umidade do solo, em consequência do menor volume de água que foi aplicado em relação ao aplicado no canteiro 1, associado ao consumo de água pelas plantas e por processos evapotranspirativos (Santos & Carlesso, 1998). Mesmo diante do volume de água aplicado, num total de 5.280 litros durante todo o experimento, ter sido metade daquele destinado ao canteiro 1, os teores de umidade no perfil do solo permaneceram, até 0,40 m, dentro da faixa do limite mínimo de disponibilidade de água, proporcionando um bom desenvolvimento sem afetar a produção. É possível se adotar o critério de aplicação de água do canteiro 2, pois além de atender às demandas hídricas para o grupo das hortaliças, ainda apresenta uma umidade do solo além da zona da profundidade efetiva do sistema radicular adotada para as hortaliças.

Para o canteiro 1, o volume aplicado de 32 litros de água por dia, totalizou um consumo de 10.560 litros durante todo o experimento, sendo responsável por manter um maior nível de umidade à maior profundidade, apresentando baixa oscilação até 0,40 m, variando entre 0,2262 cm^3 cm^{-3} a 0,2104 cm^3 cm^{-3}, seguido de uma diminuição acentuada da umidade do solo.

É possível que o decréscimo do conteúdo de água no solo, esteja associado ao consumo de água pelas plantas e, sobretudo, pela perda de umidade do solo oportunizada por processos evaporativos, colaborando assim, para que menores teores de umidade se redistribuam de forma decrescente para as camadas inferiores (Santos & Carlesso, 1998). A partir dos 0,60 m de profundidade as umidades dos canteiros 1 e 2 apresentaram igual comportamento, atingindo 1,0 m de profundidade com umidade média do solo de 0,1356 cm^3 cm^{-3}, correspondente a cerca de 50% da Capacidade de Campo.

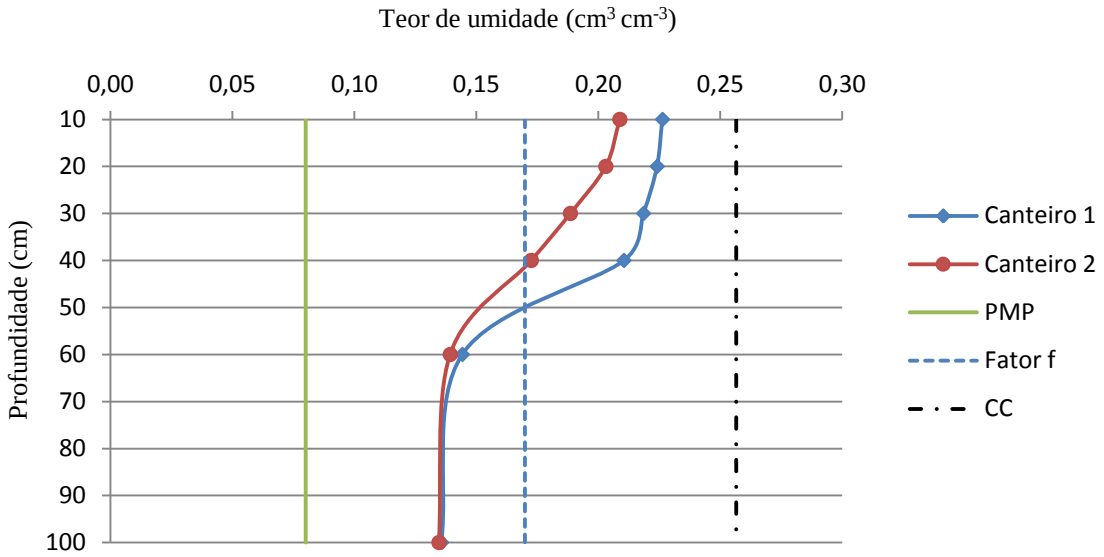


Gráfico 10 – Perfil da umidade do solo na horta, nos canteiros 1 e 2

4.4 Desenvolvimento vegetativo do pomar

A seguir são apresentados dados do desenvolvimento vegetativo de todas as plantas no pomar, que receberam água da cisterna e as que não receberam, referentes a um ano de observação, momento em que foram conduzidos os experimentos com o manejo da água armazenada na cisterna. Na Tabela 9, constam os dados referentes ao início do experimento, e na Tabela 10 os dados ao final da pesquisa.

Tabela 9 – Dados do desenvolvimento vegetativo do pomar no início do experimento

Culturas	Pl.	---------- Caule ----------			---------- Copa ----------	
		Alt. (m)	Circunf.(cm)	Diâm. (cm)	Alt. (m)	Diâm. (cm)
Manga	1	2,11	28,32	12,03	1,71	3,1
	2	2,83	29,18	12,05	2,31	3,23
	3	2,88	27,42	10,08	2,79	3,48
	4	2,91	34,12	12,03	2,7	3,51
	5	2,34	27,56	10,02	2,25	4,41
Pinha	1	2,78	38,39	13,09	2,59	2,41
	2	3,77	30,12	11,97	2,85	2,11
	3	2,41	29,45	10,91	2,11	2,25
	4	2,38	31,49	11,21	2,77	3,1
	5	2,12	24,78	10,05	2,71	3,71
Caju	1	1,86	35,71	12,87	1,54	3,01

	2	2,35	34,18	11,05	2,05	2,91
	3	2,11	36,79	11,03	1,95	3,21
	4	2,32	30,15	11,43	1,96	2,97
	5	1,97	38,35	10,07	1,92	3,12
Acerola	1	1,32	25,16	9,01	1,25	1,9
	2	1,53	24,38	10,03	1,41	2,81
	3	1,61	18,45	6,34	1,55	2,11
	4	1,47	24,12	7,51	1,45	2,05
	5	1,55	21,17	9,09	1,41	2,11
Laranja	1	0,96	9,17	2,35	0,62	1,12
	2	0,88	11,46	3,11	0,67	1,33
	3	0,91	15,78	3,89	0,77	1,48
	4	0,84	7,08	6,46	0,63	0,94
	5	0,58	7,76	4,27	0,54	0,62

Pl. = planta; Alt. = altura em metros; Circunf. = circunferência em cm; Diâm. = diâmetro em cm.

Tabela 10 – Dados do desenvolvimento vegetativo do pomar no fim do período do experimento

Culturas	**Pl.**	---------- **Caule** ----------			---------- **Copa** ----------	
		Alt. (m)	Circunf.(cm)	Diâm. (cm)	Alt. (m)	Diâm. (cm)
Manga	1 a	2,64	43,04	15,01	2,22	3,70
	2 a	2,99	37,07	13,05	2,39	3,60
	3 a	3,58	34,02	12,08	2,68	3,75
	4 b	3,12	37,00	13,00	2,68	3,3
	5 b	*	*	*	*	*
Pinha	1 a	2,93	45,21	14,90	2,70	3,56
	2 a	3,90	38,04	14,04	3,08	3,60
	3 a	2,78	38,01	12,07	2,61	3,45
	4 b	2,53	35,02	12,11	2,98	3,12
	5 b	2,96	29,04	11,03	2,76	3,82
Caju	1 a	2,12	46,15	15,12	1,69	4,60
	2 a	2,73	42,08	15,24	2,46	4,45
	3 a	2,60	41,01	14,13	2,37	4,40
	4 b	2,45	35,02	12,60	2,33	4,30
	5 b	2,18	43,00	12,00	2,21	4,17

Acerola	1 a	1,75	32,14	13,15	1,68	3,97
	2 a	2,00	34,21	13,98	1,94	4,10
	3 a	1,96	27,09	12,04	1,98	3,80
	4 b	1,89	27,03	12,04	1,87	3,25
	5 b	1,91	27,10	12,59	1,84	3,17
Laranja	1 a	1,10	13,09	12,01	0,98	1,47
	2 a	1,12	15,12	15,01	0,97	1,89
	3 a	1,78	19,18	19,11	1,68	1,98
	4 b	1,10	10,00	10,00	0,95	1,12
	5 b	0,68	9,120	7,10	0,78	0,73

Pl. = planta; Alt. = altura em metros; Circunf. = circunferência em cm; Diâm. = diâmetro em cm; (a) = plantas que receberam água da cisterna; (b) = plantas que não receberam água da cisterna; (*) = planta que não resistiu à escassez de água.

Mediante análise comparativa dos dados coletados no início e no final do experimento (Tabela 9 e Tabela 10), observa-se que as plantas das cinco culturas (fruteiras) que receberam água da cisterna, apresentaram uma melhor variação individual de crescimento do caule e copa, que as plantas que não receberam água. Os melhores resultados foram observados para as plantas 1a, 2a e 3a das culturas aceroleira, cajueiro e a pinheira, as quais apresentaram taxa de crescimento individual superior às demais culturas, mesmo para aquelas 4b e 5b que não receberam água da cisterna, principalmente no tocante à circunferência do caule, concomitante com a altura e diâmetro da copa.

Possivelmente essa particularidade esteja associada à peculiar resistência dessas culturas em campo, quando diante de baixos conteúdos de água no solo. Dados apresentados por Teixeira & Azevedo (1995) e Guanziroli et al. (2009) evidenciam que são espécies que resistem a períodos com acentuadas deficiências hídricas, e possuem importante habilidade de extrair água do solo. Isso fez com que essas culturas mantivessem, além de um desenvolvimento vegetativo melhor que as demais culturas, uma produção significativa, conforme será discutido a seguir.

Dentre as plantas que não receberam água da cisterna, a única que não resistiu à escassez de água, foi a planta 5b de mangueira. As demais plantas da mesma cultura (1a, 2a, 3a e 4b) embora tenham resistido, apresentaram baixos crescimentos do caule e copa, com exceção da 4b que reduziu a copa, motivada pela limitação da planta em manter ou produzir nova área foliar, diante de baixas umidades do solo. Esse retardamento no desenvolvimento também foi registrado para as plantas (4b e 5b) da cultura da laranjeira, do tratamento que

não recebeu água da cisterna, comportamento que influenciou no menor desempenho de produção dessas culturas, conforme será abordado adiante.

4.5 Produção de frutas e hortaliças

4.5.1 Cultivo de fruteiras

Por meio do fornecimento da água advinda da cisterna do P1+2, aplicada às fruteiras de forma crescente, durante os três períodos do ano, na ordem de 8, 12 e 16 litros por planta, três vezes por semana, foi possível a obtenção de produção para todas as espécies que receberam água da cisterna (Tabela 11). A aplicação de água nos períodos intermediário e seco foi de 12 e 16 litros por planta, respectivamente, proporcionou baixos valores de umidade no perfil do solo, até aproximadamente 0,40 m de profundidade, na ordem de 60% abaixo da Capacidade de Campo.

No decorrer do experimento foi possível manter as plantas em produção, obtendo-se um total de 262,73 Kg de frutas (Tabela 11), com destaque para a acerola que contém elevado teor de Ácido Ascórbico (Vitamina C). Esta realidade de produção de frutas pode ser inserida, no cardápio das famílias dos pequenos agricultores do Semiárido brasileiro, apesar da ocorrência de grande seca nos anos anteriores.

Tabela 11 – Dados de produção de três plantas que receberam água da cisterna

Culturas	Plantas	Nº de frutos	Peso médio (Kg)	Peso Total (Kg)
Manga	1	2	0,15839	0,317
	2	17	0,15231	2,590
	3	5	0,15687	0,785
			Subtotal:	3,692
Pinha	1	110	0,17652	19,418
	2	138	0,17831	24,607
	3	109	0,17942	19,557
			Subtotal:	63,582
Caju	1	107	0,18951	20,278
	2	59	0,18742	11,058
	3	20	0,18763	3,753
			Subtotal:	35,089
	1	7.626	0,00778	59,331

Acerola	2	6.762	0,00754	50,989
	3	6.548	0,00684	44,789
			Subtotal:	155,109
	1	2	0,17730	0,355
Laranja	2	11	0,17251	1,898
	3	18	0,16670	3,000
			Subtotal:	5,253
Total (Kg)				262,73

Diante da produção obtida, observa-se que a aceroleira (*Malphigia glabra L.*), a pinheira (*Annona squamosa*) e o cajueiro *(Anacardium occidentale)* apresentaram um melhor desenvolvimento vegetativo, culminando em uma maior quantidade de frutos por unidade de produção, alcançando uma produção de 155,109 kg; 63,582 kg e 35,089 kg, respectivamente, e com menor expressão a laranjeira (*Citrus sinensis)* 5,253 Kg e a mangueira (*Mangifera indica* L.) 3,692 Kg (Tabela 11).

As características peculiares da aceroleira (*Malphigia glabra L.*), da pinheira (*Annona squamosa*) e do cajueiro *(Anacardium occidentale),* quanto à resistência e adaptabilidade às condições do clima da região, associada à adição de água racionada da cisterna de produção, permitiram mantê-las produtivas em níveis apreciáveis. As demais espécies, embora, também comumente cultivadas pelas famílias rurais da região, e inseridas na pesquisa, não responderam bem aos volumes de água administrados durante o ano.

Contudo, a presença de cisterna de produção do P1+2 é uma alternativa que pode promover melhorias na dieta alimentar das famílias rurais, por meio do consumo diário de frutas, considerando-se que a produção total de frutas obtida em três plantas, foi de 262,73 Kg durante o ano, que corresponde a possibilidade de consumo de 0,72 Kg de frutas por dia por família.

Embora as plantas tenham recebido suprimento hídrico durante todo o ano, conforme dimensionamento baseado no volume da cisterna do P1+2 (Tabela 4), ressalta-se que os níveis de produção aqui obtidos, ainda que considerados baixos quando comparados ao sistema de irrigação convencional, são importantes, por refletirem condições extremas de umidade do solo e de outros insumos necessários ao aumento do potencial produtivo, aos quais as plantas foram submetidas.

Na Figura 13 são apresentadas algumas plantas do pomar com frutos: (a) mangueira; (b) pinheira; (c) laranjeira; (d) cajueiro e (e) aceroleira.

Figura 13 – Aspectos de produção do pomar

Fonte: Elvis Pantaleão Ferreira (2014); Nilton de Brito Cavalcanti (2014).

Na Tabela 12 são apresentados os dados de produção para os tratamentos que não receberam água da cisterna, pois tiveram a contribuição apenas das precipitações

pluviométricas. É possível inferir que mesmo diante de escassos teores de umidade, registrados no perfil do solo, notadamente durante o período intermediário e, sobretudo no período seco, houve produção não desprezível, para as culturas da aceroleira (*Malphigia glabra L.*) e pinheira (*Annona squamosa*).

Tabela 12 – Dados de produção para os tratamentos de fruteiras não irrigadas

Culturas	Plantas	Nº de frutos	Peso médio (Kg)	Peso Total (Kg)
Manga	1	-	-	-
	2*	-	-	-
			Subtotal	-
Pinha	1	89	0,17530	15,602
	2	75	0,17221	12,916
			Subtotal	28, 518
Caju	1	5	0,16792	0,839
	2	-	-	-
			Subtotal	0, 840
Acerola	1	3.682	0,00629	23,160
	2	4.267	0,00637	27,181
			Subtotal	50,341
Laranja	1	-	-	-
	2	-	-	-
			Subtotal	-
Total				79,70

* A planta não resistiu aos baixos teores de umidade do solo.

Para a cultura do cajueiro *(Anacardium occidentale)* apenas uma planta produziu. As demais espécies não produziram. Para a cultura da mangueira (*Mangifera indica* L.) uma planta não resistiu aos baixos índices de umidade no solo. Para Bernardo et al. (2013) um dos fatores mais importantes observados nas baixas produções das culturas, está diretamente correlacionado com o suprimento de hídrico. Os autores comentam ainda que, quando o déficit hídrico persiste por períodos longos, o efeito pode ser drástico, podendo reduzir significamente a produção ou até mesmo ocasionar a perda da planta.

Embora não tenham sido realizados estudos quanto à distribuição espacial do sistema radicular das espécies cultivadas, e demais características morfológicas e fisiológicas, supõe-

se que para as culturas da aceroleira e pinheira, haja um diferencial capaz de determinar habilidades competitivas para extrair água do solo, pois mesmo submetidas às mesmas condições de baixa umidade do solo das demais culturas, conseguiram uma produção significativa.

Em razão da não aplicação de água da cisterna a essas plantas, quando comparada à produção individual para as culturas da aceroleira (*Malphigia glabra L.*) e pinheira (*Annona squamosa*), observa-se que estas produziram cerca de 40% e 50% menos que as plantas que receberam água da cisterna. Isto reforça que a cisterna pode contribuir de forma significativa para a produção de alimentos, destinados ao consumo pelas famílias rurais do Semiárido.

4.5.2 Cultivo de hortaliças

Os dados de cultivo e produção das hortaliças, cultivadas nos canteiros 1 e 2, com água de chuva armazenada na cisterna, são apresentados na Tabela 13. Para as espécies de hortaliças que tiveram como unidade de medida de produção o molho, também denominado de maço, estes foram padronizados com cerca de 40 mm de diâmetro. Embora com diâmetros uniformes, o peso verde variou conforme cada espécie: rúcula 200 g/molho; couve folha 180 g/molho; alface 225 g/molho; coentro molho 190 g/molho e o peso médio do fruto do pimentão de 95 g.

Tabela 13 – Produção das hortaliças cultivadas com irrigação

Espécies de hortaliças	Produção obtida				
	Unidade	Canteiro 1 (Un.)	Canteiro 2 (Un.)	Total (Un.)	Total (Kg)
Rúcula (*Eruca sativa*)	Molho	56	42	98	19,6
Couve folha (*Brassica oleracea*)	Molho	48	54	102	18,36
Pimentão (*Capsicum annuum*)	Fruto	94	43	137	13,01
Coentro (*Coriandrum sativum*)	Molho	173	102	275	52,25
Alface *(Lactuca sativa)*	Molho	42	34	76	17,10

Espécies de hortaliças	Informações gerais sobre o cultivo				
	Tipo de plantio	Espaçamento (cm x cm)	Início colheita (dias)[1]	Produção Kg/m^2*	Produção Kg/m^2**
Rúcula (*Eruca sativa*)	Mudas	25 x 25	80	2,8	2,1
Couve folha (*Brassica oleracea*)	Mudas	30 x 30	90	2,43	2,16
Pimentão (*Capsicum annuum*)	Mudas	25 x 25	100	2,24	1,02
Coentro (*Coriandrum sativum*)	Direto/sulco	10/Linha	50	8,22	4,84
Alface *(Lactuca sativa)*	Mudas	25 x 25	90	2,37	1,91

[1] Após a germinação ou transplantio; *Canteiro 1; ** Canteiro 2.

De modo geral, todas as espécies de hortaliças cultivadas apresentaram bom desenvolvimento. Dentre elas, o coentro apresentou maior rendimento, alcançando 8,22 Kg/m^2 para o canteiro 1 e 4,84 Kg/m^2 para o canteiro 2, seguido pela rúcula e alface, as quais apresentaram 2,80 Kg/m^2 e 2,37 Kg/m^2 para o canteiro 1, e 2,10 Kg/m^2 e 1,91 Kg/m^2 para o canteiro 2, respectivamente. Diante da produção obtida, é possível apontar que um dos motivos registrados para que as famílias da região normalmente prefiram cultivar o coentro, como constatado nas visitas em campo, esteja associado ao seu maior rendimento e menor tempo para a colheita, e consequente possibilidade da venda do excedente, melhorando também a renda familiar.

As produções obtidas nos canteiros 1 e 2 alcançaram um total de 120,32 Kg durante o experimento, conforme a Tabela 13. Desse total, 59,08% correspondeu à produção do canteiro 1 e 40,93% à produção do canteiro 2. Não houve, portanto, diferença expressiva entre as produções. Observou-se que o volume de água dimensionado e aplicado na forma de 32 litros por dia para o canteiro 1 e 50% desse volume para o canteiro 2, pouco influenciou na produção das hortaliças, apresentando um aumento produtivo em torno de 20%, considerado baixo, para um volume de 50% de água a mais aplicado. Logo, a recomendação de se aplicar apenas uma lâmina correspondendo a 4 mm/dia, conforme dimensionado para o canteiro 2, subdividida em duas vezes, é possível ser adotada pelas

famílias contempladas com o P1+2, principalmente, considerando que se tratou de ano de extrema seca.

Durante o experimento foram aplicados 10.560 litros de água para o cultivo das hortaliças no canteiro 1 e 5.280 litros para o canteiro 2, os quais totalizaram um consumo de 15.840 litros de água durante todo o experimento. Considerando-se a produção individual de hortaliças de cada canteiro, temos uma relação de 148,54 litros de água por quilo de hortaliças produzido para o canteiro 1, e 107,24 litros de água por quilo de hortaliças produzido para o canteiro 2.

Portanto, considerando-se a relação água/produção, o canteiro 2 apresentou melhor resultado. Ressalta-se a importância do conhecimento da relação entre o consumo de água e a produção das hortaliças, em virtude da baixa capacidade de extração de água do solo, da grande maioria das hortaliças, exigindo uma maior frequência de aplicação de água (Marouelli et al., 2006; Donato, 2014). Por outro lado, a maior parte dessa água aplicada, perde-se por processos evapotranspirativos e por infiltração no solo.

Conforme Silveira et al. (2011), o Brasil apresentou para o ano de 2010 um consumo médio de hortaliças de 27,08 kg/per capita/ano. Na região Nordeste o consumo per capita anual foi de 22,08 kg, que corresponde a 60,49 gramas por dia por habitante. Considerando-se a produção obtida, somente para o canteiro 2 com 49,23 Kg de hortaliças, é possível então suprir uma família de 4 pessoas com um consumo diário de 33,71 gramas, que corresponde a um valor de pouco mais que o dobro da oferta quando comparada à média per capita anual de hortaliças para a região Nordeste. Desta forma promove-se o consumo de alimentos saudáveis e importantes para a segurança alimentar e nutricional pelas famílias rurais do Semiárido brasileiro.

Mediante um cenário que apenas fosse cultivado o canteiro 2, consumindo apenas 5.280 litros, obter-se-ia um saldo de 10.560 litros de água presentes na cisterna, que ao ser redimensionando para ser aplicado às 15 fruteiras no pomar, poderiam aumentar a oferta de água aplicada durante o período seco, de 16 litros por planta para 24,3 litros, por 20 semanas, numa frequência de 3 vezes por semana. Com esse aumento significativo da oferta de água a ser aplicado às fruteiras, acredita-se que seria possível além de melhorar a disponibilidade de água no solo, refletir também em um acréscimo na produção de frutas.

Na Figura 14 são apresentadas algumas imagens dos canteiros cultivados com as diferentes espécies de hortaliças: (a) coentro; (b) couve e rúcula; (c) pimentão e alface; (d) pimentão e (e) alface, (f) couve folha.

Figura 14 – Aspectos de produção dos canteiros (1) e (2)

Fonte: Nilton de Brito Cavalcanti (2014).

A partir da análise dos dados de produção, obtidos na pesquisa, cultivando-se apenas um canteiro de 4 m^2, com plantios alternados das hortaliças rúcula (*Eruca sativa*), couve folha (*Brassica oleracea*), pimentão (*Capsicum annuum*), coentro (*Coriandrum sativum*), alface (*Lactuca sativa*), ou com outras, caso o agricultor desejar, desde que sejam aplicados

16 litros de água por dia, dividido em duas vezes, pela manhã e à tarde, durante 365 dias totalizando um volume de 5.840 litros, é possível que uma cisterna com capacidade de 52 mil litros de água, como atualmente está sendo construída pelo Programa P1+2 em diferentes comunidades do Semiárido brasileiro, proporcione um cultivo diversificado, de frutas e hortaliças saudáveis. Isto proporcionaria um consumo significativo e regular, importante na promoção e manutenção da saúde.

4.6 Contextualização do uso da água da cisterna do P1+2 por comunidades contempladas na microrregião do Vale do Submédio São Francisco

As fruteiras comumente cultivadas nas comunidades são aquelas ofertadas às famílias, após a conclusão da construção da cisterna de produção, como a aceroleira (*Malpighia emarginata*), coqueiro (*Cocos nucifera*), laranjeira (*Citrus x sinensis*), tangerineira (*Citrus reticulata*), pinheira (*Annona squamosa*), mamoeiro (*C. papaya*), cajueiro (*Anacardium occidentale*), mangueira (*Mangifera indica* L.) e maracujazeiro (*Passiflora edulis f. flavicarpa),* além de outras introduzidas pelas famílias. Na ocasião desta pesquisa foi observada uma quantidade de três a quatro exemplares de cada espécie.

Um episódio de ausência no planejamento para o uso adequado da água da cisterna, marcou a comunidade Lindolpho Silva no ano de 2012. Na expectativa de que a água da cisterna pudesse proporcionar a produção para a comercialização, algumas famílias fizeram amplas plantações de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa)* sendo observados até 100 mudas de maracujazeiros por família conforme relatado por Brito et al. (2012). Essa quantidade de plantas resultou na falta de água na cisterna, necessária para completar o ciclo da cultura. Isto forçou algumas famílias a recorrerem inicialmente à compra de água, via carro pipa. Tal prática se tornou economicamente insustentável com o aumento da demanda hídrica, exigida pelas plantas durante seu desenvolvimento, resultando na perda total das plantações em pomares de algumas famílias.

Dados publicados por Brito et al. (2010), assinalam que a água armazenada em uma cisterna de produção, se bem manejada, é suficiente para manter um pequeno pomar, com aproximadamente 30 fruteiras. Todavia, segundo Brito et al. (2012) a partir de 2012 é recomendado um pomar com no máximo, 25 plantas, considerando-se que é preferível cultivar um pequeno pomar, do que perder a maior parte dos frutos em anos de precipitações

atípicas, fato comum na região, semelhante ao ano de 2012, quando ocorreu precipitação pluviométrica total de apenas 26,86% da média histórica.

Após a crise e baixa produção da cultura do maracujá, foi utilizada a partir de junho de 2013 uma nova opção para a produção de alimentos e ao incremento da renda das famílias. Iniciou-se uma tímida criação de galinhas caipiras de corte e postura, semi confinadas, em consórcio com os quintais produtivos, que logo se tornou uma atividade crescente, haja vista a peculiar adaptação das aves ao clima da região. Aliado a este fato, surgiu a garantia de comercialização da carne pelo Programa de Aquisição de Alimentos – PAA, do governo federal, assim como a boa receptividade dos ovos ao mercado local e consumo pelas famílias.

O PAA é um programa coordenado pela Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, do MDS, instituído pela Lei nº 10.696/2003, que promove a aquisição de alimentos produzidos por agricultores familiares, diretamente, ou por meio de suas associações e ou cooperativas, eliminando a presença dos atravessadores que, muitas vezes estabeleciam uma relação predatória e desleal junto aos produtores. A comercialização é feita a preço recompensador, destinando os produtos à formação de estoques governamentais ou a programas sociais (CONAB, 2010).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2010), o PAA é um instrumento que vem fortalecendo os segmentos locais e regionais de agricultores familiares, assim como assentados da reforma agrária, silvicultores, aquicultores, extrativistas, pescadores artesanais, indígenas, integrantes de comunidades remanescentes de quilombos rurais e demais povos e comunidades tradicionais.

Dados levantados junto à presidente da comunidade Lindolpho Silva, indicam que há na comunidade um total de 1200 aves, entre corte e postura, criadas em consórcio com os quintais produtivos. As aves de corte são comercializadas entre 90 e 120 dias (Figura 15), em feiras locais e junto ao PAA, garantindo anualmente a compra de 5.000 reais por família. Segundo dados coletados, o retorno rápido da venda vem motivando a criação de aves na comunidade, ao contrário da tradicional criação de caprinos, cujo retorno financeiro demora entre 1,5 a 2 anos.

Figura 15 – Fruteiras em consórcio com a criação de galinhas na comunidade Lindolpho Silva

Foto: Elvis Pantaleão Ferreira (2014).

Foi relatado também que o sucesso ora vivenciado pelas famílias é atribuído a cursos de capacitação, promovidos junto à comunidade por Sindicatos, SENAI, PRORURAL, ATER, EMBRAPA e ONGs, que mediante a cisterna de produção do P1+2, garantem a água para o consumo das aves, que é ascendente com o aumento da taxa de crescimento das produções das mesmas. Contudo, é importante que a criação de aves seja limitada à capacidade de suporte de água presente na cisterna, pois também há a necessidade de ter água disponível para o uso das culturas.

Cabe ressaltar que o treinamento ofertado à comunidade, possibilitou conhecimento sobre a criação de aves, incluindo o manejo sanitário, o preparo da ração na propriedade, registros e anotações, e o uso do esterco das aves para a adubação das culturas. Deste modo, as famílias dia a dia vêm obtendo experiências, habilidades e destreza para aperfeiçoar a criação. Observou-se que essa comunidade apresenta perfil empreendedor de estrutura coletiva, o que se torna uma grande vantagem competitiva.

Dados divulgados pelo Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA (2012), que atua junto a pequenos agricultores familiares no Semiárido no Sertão do São Francisco, evidenciam que desde 2012 estão sendo implementados na região diversos projetos para a criação de galinhas caipiras. Para a Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola – EBDA (2014), a criação de galinhas se constitui num importante segmento para proporcionar às famílias uma alimentação rica em proteínas, além de seus excrementos utilizados como adubos para as culturas. Além disto, tal atividade agrega renda aos agricultores familiares com a comercialização dos seus produtos.

As cisternas de produção presentes nas comunidades também vêm contribuindo para a manutenção da criação de caprinos e ovinos nos períodos de estiagens prolongadas,

apresentando-se como uma alternativa complementar à renda das famílias. Todavia, apesar do progresso, a pesquisa pôde mostrar nas comunidades estudadas, que algumas cisternas do Programa P1+2 estão improdutivas.

No tocante à comunidade Campo Verde, depoimentos das famílias quanto ao cultivo das fruteiras revelaram problemas de ataques por cupins às plantas, causando danos às culturas e levando à morte de algumas. Segundo Ferreira & Barrigossi (2006), algumas espécies de cupins são consideradas como praga de solo, caracterizados como um grupo de insetos capazes de causarem danos à parte subterrânea da planta, raízes e coleto, podendo levar à redução severa na produção e até morte do vegetal. Estes mesmos autores relatam que o caso de ataque de cupins rizófilo (*Syntermes molestus*), constitui-se em grande preocupação face às ameaças que oferecem para a manutenção do plantio, principalmente em condições de solo arenoso e de baixa umidade, o que facilita seu deslocamento pela área. Tais características podem ser observadas na localidade, contudo, não se tem informações exatas no tocante ao acometimento de cupins na região, pois os dados limitam-se apenas às informações das famílias. Este fato não foi ressaltado nas demais comunidades.

Conforme o relato das famílias, o ataque de cupins às plantas frutíferas tem desmotivado o cultivo, pois embora tenham feito uso de técnicas agroecológicas, com o uso de galinhas, caldas naturais com alho e cebola, entre outras, não se obteve o controle, optando-se pelo cultivo de hortaliças, cujo excedente da produção, em alguns casos, foi comercializado. Depoimentos e dados coletados nas comunidades revelaram que embora haja plantas frutíferas nos quintais, cultivados com a água da cisterna, as comunidades Baixa da Boa Vista e Campo Verde apresentaram maior habilidade para o cultivo de hortaliças. Especificamente no cultivo de cebolinha (*Allium cepa*), coentro (*Coriandrum sativum*), alface (*Lactuca sativa*), pimentão (*Capsicum annuum*) e esporadicamente, o tomate (*Solanum lycopersicum*), pois destacaram ser difícil o cultivo deste último.

Cabe ressaltar que também é comum o plantio de ervas medicinais para o uso pela família, como o alecrim (*Rosmarinus officinalis*), malva (*Malva sylvestris*), romã (*Punica granatum*), entre outras, irrigados com a água da cisterna. Foi observado em algumas famílias, o uso de palhas de coco e/ou sombrite para amenizar o sol sobre os canteiros das hortaliças (Figura 16).

Figura 16 – Cultivo de coentro e pimentão nas comunidades Baixa da Boa Vista (A) e Campo Verde (B)

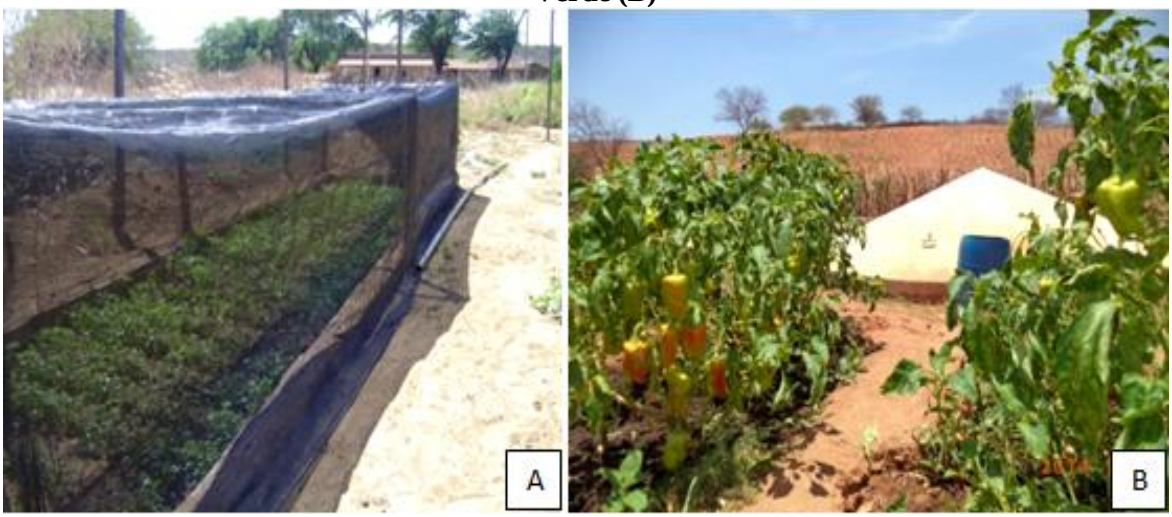


Foto: Elvis Pantaleão Ferreira (2014).

Relatos das famílias dessas comunidades enfatizam que até meados de 2012, o cultivo de hortaliças possibilitava atender o consumo da família, compartilhar com os familiares e comercialização da produção excedente em feiras locais. Relataram que nos anos anteriores houve certa regularidade das chuvas, permitindo maior área cultivada e maior frequência de abastecimento da cisterna. Todavia, afloraram relatos que "*a partir de 2012 até os dias de hoje as chuvas foram poucas*", comprometendo a recarga das cisternas e dos barreiros, permitindo o cultivo de hortaliças apenas para o consumo da família. No entanto, apesar das poucas chuvas na região, está sendo possível o cultivo permanente em menor escala com a água da cisterna.

Dados publicados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2013) corroboram que em 2012 e 2013 a precipitação pluviométrica do Semiárido foi muito abaixo da média histórica, o que foi vivenciado até 2014, ano da presente pesquisa, comprometendo a prática das atividades agrícolas, principalmente a dos agricultores familiares. Provocou assim, desestruturação da economia do meio rural e afetou a recarga dos reservatórios que abastecem as comunidades rurais e urbanas. Tais fatos foram registrados nas entrevistas com as comunidades.

Depoimentos das comunidades revelaram que a cisterna do P1+2 foi uma grande ajuda diante o período de secas prolongadas e ausência de água nas fontes hídricas tradicionais, as quais em geral não são perenes, permitindo a manutenção da criação dos animais, assim como para produção de alimentos. Conforme foi registrado no depoimento de uma moradora da localidade Campo Verde "*a cisterna foi uma grande benção, pois sem ela*

não haveria nada para colher no quintal" e de outra moradora da comunidade Baixa da Boa Vista, que afirmou *"a cisterna possibilitou a permanência de muitas famílias no campo"*.

A pesquisa também permitiu registrar que algumas cisternas do P1+2 não estão sendo devidamente destinadas ao cultivo de frutas e hortaliças, ou à dessedentação de animais, mas sendo utilizada como uma segunda fonte de reserva para abastecimento doméstico. Dados coletados sinalizam que a presença do aumento na perfuração de poços artesianos e construção de novos barreiros, podem estar levando algumas famílias a utilizarem a água da cisterna de produção, para finalidades domésticas.

De modo geral, em todas as comunidades visitadas não utilizam defensivos agrícolas nas culturas, adotando-se apenas práticas de bases agroecológicas em suas atividades agropecuárias, tais como cobertura morta (Figura 17) e adubação com esterco de aves e de pequenos ruminantes. Além de promoverem melhor nutrição às planta, redução das perdas de umidade do solo por evaporação e aumento da conservação dos recursos naturais, tais práticas contribuem com a melhor qualidade de vida, pela produção e consumo de alimentos saudáveis.

Figura 17 – Cobertura morta usada nas fruteiras

Foto: Elvis Pantaleão Ferreira (2014).

As cisternas de produção do P1+2 têm promovido a permanência das famílias no campo e contribuído com a segurança alimentar e nutricional das mesmas, uma vez que garantem o acesso regular e permanente a alimentos saudáveis, como frutas e hortaliças, livres de agroquímicos. Nesse sentido, estudos realizados por Araújo et al. (2011) e Brito et al. (2012) ratificam a possibilidade de se cultivar em pequena escala várias espécies de frutas e de hortaliças, incrementando melhorias significativas na dieta das famílias, atuando

na redução de possíveis doenças, principalmente em crianças, cuja alimentação deve ser diversificada em vitaminas e minerais.

No tocante ao modo como vem ocorrendo o fornecimento de água às culturas, não há uma metodologia clara. A forma de aplicação é bastante variável em frequência e volume, sendo as culturas irrigadas com baldes, regadores e mangueiras. Nesse sentido, observou-se que nas comunidades presentes nos três municípios, embora a água seja aplicada com o uso de baldes e regadores, comumente em dias alternados, muitas famílias retiram água da cisterna com uso de bomba de água de ½ CV (Cavalo Vapor), alimentada por energia elétrica, direcionando a água às plantas com auxílio de mangueira (Figura 18).

Figura 18 – Uso de bomba para retirada de água nas cisternas

Foto: Elvis Pantaleão Ferreira (2014).

É oportuno destacar que a praticidade do uso da bomba com mangueira tem contribuído para um gasto de água excessivo junto às plantas, pois não há qualquer mecanismo de controle do volume aplicado. Aliem-se a este fato, alguns casos de cultivo de muitas plantas e ao uso da água da cisterna para finalidades domésticas.

Nesse contexto, cabe destacar que uma técnica simples e de fácil confecção que visa auxiliar ao produtor com relação ao tempo e volume de aplicação de água às plantas, utilizada no Campo Experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, é o uso de recipiente plástico, aferido com o volume definido para ser aplicado. Esta estratégia evita ao produtor o uso impulsivo de aplicação da água. Por conta dos fatos relatados anteriormente, existem depoimentos que é pouco o volume de água de 52 mil litros presentes na cisterna, para o cultivo de frutas, hortaliças e manutenção de pequenos rebanhos de caprinos e ovinos. Por conta disto torna-se necessário que algumas famílias reabasteçam a cisterna com carros

pipas, quando há recurso financeiro. Porém, na concepção do programa P1+2 a água é para ser utilizada em uma atividade ou outra, e que o uso da água seja sustentável.

Dados apresentados por El-Deir (2012) e Gheyi et al. (2012) descrevem que o meio rural no âmbito dos pequenos agricultores familiares, no Semiárido, tem passado por mudanças tecnológicas nos últimos anos, com a inserção de insumos e sistemas de irrigação, impulsionados principalmente pelo crédito rural que objetiva a modernização no modo de produção e possibilitando melhor qualidade de vida. É necessário, portanto, uma introdução de tecnologias pautadas na capacitação e acompanhamento dos agricultores para uso correto dessas técnicas.

Embora todas as famílias contempladas com as cisternas de produção tenham sido capacitadas em cursos de treinamento e intercâmbios, no tocante ao adequado uso da cisterna, há necessidade de melhor acompanhamento técnico de cunho pedagógico. Desta forma, serão estabelecidos elos de reflexão, para orientar e disciplinar as famílias, de forma que a água seja administrada e dimensionada corretamente às culturas e criações de animais, para que o recurso água não venha a faltar no período de estiagem. Para Alvarenga et al. (2011) o diálogo com a realidade, em momentos de socialização do conhecimento, utilizando-se de linguagem simples, é uma importante ferramenta que permite a reflexão sobre as possibilidades de mudanças e inovação para melhor solidez de qualquer programa.

Experiências relatadas por El-Deir (2012) e Gheyi et al. (2012) demonstram que o processo de transformação das comunidades rurais do Semiárido, pode se dar por meio de atividades extensionistas e pela estruturação de projetos coletivos, cuja responsabilidade seja compartilhada por todos. Enfatizam também que o trabalho das organizações não governamentais é decisivo, considerando seu comprometimento com a região e o estreitamento das relações de confiança junto à comunidade, agindo como agentes facilitadores do processo de construção coletiva em espaços informais.

Por fim, pode-se observar que a implantação das cisternas do P1+2, tem se constituído em importante instrumento para a permanência da população no campo e melhoria da dieta alimentar das famílias, bem como o fortalecimento dos laços de identidade para o convívio com a região. Todavia, para melhor sucesso e solidez do programa é essencial um acompanhamento sistemático das famílias, para o efetivo e adequado uso das cisternas, assim como uma metodologia para o uso da água da cisterna para a produção de alimentos.

5. CONCLUSÕES

O conteúdo de água registrado no perfil do solo, para o tratamento irrigado, nos diante dos períodos considerados, foi maior durante o período chuvoso, registrando-se a 0,3 m de profundidade o valor de 0,2584 cm^3 cm^{-3}. Para a mesma profundidade nos períodos intermediário e seco, foram registrados respectivamente 0,1741 cm^3 cm^{-3} e 0,1087 cm^3 cm^{-3}.

Foi possível a obtenção de 262,73 quilos de frutas em 15 fruteiras, destacando-se as culturas da aceroleira (*Malphigia glabra L.*), pinheira (*Annona squamosa*) e o cajueiro (*Anacardium occidentale*) com as maiores produções por unidade.

No perfil do solo para o canteiro 1, onde foram aplicados 32 litros de água por dia, foram registrados maiores teores de umidade do solo em maior profundidade alcançando a 0,4 m valor de 0,2104 cm^3 cm^{-3}. Para o canteiro 2, que recebeu 50% de água do canteiro 1, o teor de umidade correspondeu a 0,1724 cm^3 cm^{-3}, não havendo diferença expressiva entre as produções.

O critério de aplicação de água do canteiro 2, além de atender às demandas hídricas para o grupo das hortaliças, resultou num saldo de 10.560 litros de água na cisterna, podendo permitir o redimensionamento de aplicação de água às fruteiras durante o período seco.

A cisterna do Programa P1+2 proporciona um cultivo perene e diversificado de frutas e hortaliças saudáveis, possibilitando um consumo significativo e de forma regular, importante na promoção e manutenção da saúde da população do campo.

Há necessidade de melhor acompanhamento técnico de cunho pedagógico quanto ao uso racional e eficiente da água da cisterna do P1+2, de forma que a água seja administrada e dimensionada corretamente às culturas e criações de animais, para que o recurso água não venha a faltar no período de estiagem.

REFERÊNCIAS

AIAF – **Ano Internacional para a Agricultura Familiar**. (2013). Disponível em<< http://www.aiaf2014.gov.br/>>. Acesso em 12 de Abril 2015.

ALVARENGA, A. T.; VASCONCELLOS, M. P.; ADORNO, R. C. F. A contribuição das ciências sociais e humanas na pesquisa, no ensino e na formação em saúde. **Revista Saúde e Sociedade**. v. 20, p. 9 – 11, n° 1. São Paulo Jan./Mar. 2011.

AMARAL FILHO, J. ASSIS JÚNIOR, R. N.; MOTA, J. C. A. **Física do solo**: Conceitos e aplicações. Fortaleza – CE. Imprensa Universitária, 2008. 290 p.

AMORIM, J. R. A.; CRUZ, M. A. S.; RESENDE, R. S.; BASSOI, L. H.; SILVA FILHO, J. G. Espacialização da porcentagem de sódio trocável do solo no Perímetro Irrigado Califórnia, em Canindé de São Francisco, Sergipe – SE. **Boletim de Pesquisa**, 61. Embrapa Tabuleiros Costeiros, p. 17, Dez. 2010.

ARAÚJO, F. S.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V.; MARTINS, F. R. Repartição da flora lenhosa no domínio da caatinga. **Análise das variações da biodiversidade do bioma caatinga:** Suporte a estratégias regionais de conservação. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Brasília, 2005.

ARAÚJO, J. O.; BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N. B. Água de chuva armazenada em cisterna pode incrementar qualidade nutricional da dieta das famílias. **Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, Fortaleza, v. 6, n. 2, 2011. 1 – 5 p.

ASA – **Articulação Semiárido Brasileiro**. Disponível em << http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=1151>>. Acesso em 23 de Nov. 2014.

AUDRY, P.; SUASSUNA, J. A qualidade da água na irrigação do trópico Semiárido – Um estudo de caso. In: Seminário Franco Brasileiro de Pesquisa em Irrigação, 1990, Recife. **Anais Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação, Pesquisa e Desenvolvimento**. Recife – PE, 11 a 13 de dezembro de 2009.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, FAO. **Estudos Irrigação e Drenagem**, 29 revisado 1. 1999, 153p.

BARROS, G. A. C. Agricultura familiar. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada** – CEPEA, ESALQ/USP. 2006. 1 – 3 p.

BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ, V. H.; RUIZ, H. A. Recuperação de solos afetados por sais pela aplicação de gesso de jazida e calcário no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, 2006. 59 – 64 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. Ed. 5º reinpressão. Viçosa – MG: Ed. UFV, 2013. 625 p.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 6.ed. São Paulo, Ícone. 2008. 355 p.

BRASIL. **Decreto nº 63.778, de 11 de Dezembro de 1968**. Dispõe sobre a inclusão de municípios na área do Polígono das Secas. Disponível em<<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-63778-11-dezembro-1968-405144-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em 12 de Abril 2015.

BRASIL. **Decreto-lei nº 9.857, de 13 de Setembro de 1946**. Dispõe sobre a criação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Disponível em<<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/Del9857.htm>>. Acesso em 12 de Abril 2015.

BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.

BRASIL. **Lei nº 175, de 7 de Janeiro de 1936**. Dispõe sobre o plano de defesa contra os efeitos da seca. Disponível em<<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/230371.pdf>>. Acesso em 12 de Abril 2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília, DF, p. 32, 2005.

BRASIL. **Portaria nº ° 89 de 16 de Março de 2005**. Atualiza a relação dos municípios pertencentes à região Semiárida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste.

BRITO, L. T. L.; ARAÚJO, J. O. A.; CAVALCANTI, N. B.; SILVA, M. J. Água de chuva armazenada em cisterna produz frutas e hortaliças para o consumo pelas famílias rurais: Estudo de caso. **8° Simpósio Brasileiro de captação e manejo de água de chuva**. Campina Grande – PB, 14 a 17 de agosto de 2012.

BRITO, L. T. L.; CAVALCANATI, N. B.; PEREIRA, L. A.; GNADLINGER, J.; SILVA, A. de SOUZA. **Água de chuva armazenada em cisterna para produção de frutas e hortaliças**. Petrolina – PE: Embrapa Semiárido (Documentos, 230), 2010. 30 p.

CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos Avançados**. v. 28, n. 82. 2014. 65 – 88 p.

CAMPOS, J. N. B. Vulnerabilidades Hidrológicas do Semi-Árido Às Secas. **Revista Planejamento e Políticas Públicas/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).** Brasília DF – Brasil. n° 16, p.1 – 38, 1997.

CAPOBIANCO, J. P. R. Os biomas brasileiros. In: CAMARGO, A.; CAPOBIANCO, J. R. P.; OLIVEIRA, J. A. P. (Org.) **Meio ambiente Brasil**: avanços e obstáculos pós-Rio-92. São Paulo: Estação Liberdade: Instituto Socioambiental/FGV. 2002. 117 – 155 p.

CARDOSO, J. A. F.; LIMA, A. M. N.; CUNHA, T. J. F; AMARAL, A. J.; OLIVEIRA NETO, M. B.; HERNANI, L. C. Carbono orgânico nas frações humificadas da matéria orgânica de solos arenosos sob cultivo de mangueira no semiárido Brasileiro. **I Reunião Nordestina de Ciência do Solo.** 22 a 26 Setembro de 2013, CCA/UFPA – Areia/PB.

CAVALCANTI, F. C. (Coord). **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**. 2ª Aproximação. Instituto Agronômico de Pernambuco – IPA. Recife, PE, p. 198, 1998. Disponível em << http://www.ipa.br/publicacoes_tecnicas.php>>. Acesso em 27 de Março de 2015.

CAVALCANTI, N. B.; BRITO, L. T. L.; ARAÚJO, J. O. Produção de fruteiras irrigadas com água de chuva na região semiárida do nordeste. **8° Simpósio Brasileiro de captação e manejo de água de chuva**. Campina Grande – PB, 14 a 17 de agosto de 2012.

CINTRA F. L. D.; NEVES, C. S. V. Aspectos metodológicos do estudo do sistema radicular de plantas perenes através de imagens. **Boletim informativo da SBCS**, Campinas, v. 21, n° 3, 1996.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAUJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L. Distribuição de raízes de laranja "Pêra" sob sequeiro e irrigação por microaspersão em solo arenoso. **Pesq. agropec. bras.** v.37, n.5, 2002, 603 – 611 p.

COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; CARVALHO, J. E. B.; COELHO FILHO, M. A. **Distribuição de raízes e extração de água do solo em fruteiras tropicais sob irrigação**. Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical – Cruz das Almas/BA, 2008. 80 p.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento.** Programa de Aquisição de Alimentos – PAA. Legislação Básica. 162 p. Brasília-DF, julho de 2010.

COOK, F. J. Modelling trickle irrigation: comparison of analytical and numerical models for estimation of wetting front position with time. **Environmental Modelling & Software**, v. 21, n. 9, 2006. 1353 – 1359 p.

CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. **Acta Sci. Agron**. Maringá, v. 33, 2011. 153 – 159 p.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B.; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A. de; ARAUJO, J. L. P. **A região semiárida brasileira.** In: VOLTOLINI, T. V. (Ed.). Petrolina: Embrapa Semiárido, p. 21 – 48, 2011.

COSTA, A. B, (Org.) **Tecnologia Social e Políticas Públicas.** São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013. 284 p.

COSTA, B. R. S. Calibração de sensor de capacitância para medida da umidade em solos do semiárido. Juazeiro – BA, Dissertação (**Mestrado em Engenharia Agrícola**) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro – BA, 2014. 122 p.

CUNHA, T. J. F.; PETRERE, V. G.; SILVA, MENDES, A. M. S.; MELO, R. F.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SILVA, M. S. L.; ALVAREZ, I. A. **Principais solos do Semiárido tropical brasileiro:** Caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Eds.). Semiárido Brasileiro. Petrolina, PE: Embrapa Semiárido, 2010. 49 – 87 p.

CUNHA, U. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. Uso de análise exploratória de dados e de regressão robusta na avaliação do crescimento de espécies comerciais de terra firme da Amazônia. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, 2002. 391 – 402 p.

DELTA – T. **User Manual for the Profile Probe type PR2.** Delta-T Devices Ltd, 2008. 14 p.

DIACONIA. **Construção da Cisterna Calçadão 52.000 litros**. Convivendo com o Semi-Árido. Série Compartilhando Experiências nº 5. Programa de Apoio à Agricultura Familiar – PAAF. Recife – PE, 2008. 1 – 49 p.

DONAGEMMA, G. K.; RUIZ, H. A.; FONTES, M. P. F.; KER, J. C.; SCHAEFER, C. E. G. R. Dispersão de Latossolos em resposta à utilização de pré-tratamentos na análise textural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, 2003. 765 – 772 p.

DONATO, L. **Produção de hortaliças no litoral sul catarinense**. Boletim Didático nº 88 – (2014). Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri. Disponível em <<http://www.epagri.sc.gov.br/>> Acesso em 26 de Abril de 2015.

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREZ, D. V.; PEREIRA, M. G. & VALLADARES, G. S. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v. 67, 2008. 261 – 266 p.

EBELING, A.; A. M. KLEIN; J. SCHUMACHER; W. W. WEISSER & T. TSCHARNTKE. How does plant richness affect pollinator richness and temporal stability of flower visits? **Oikos.** v. 117, 2008. 1808 – 1815 p.

ECHART, C. L; MOLINA, S. C. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.31, n.3, 2001. 531 – 541 p.

EDBA – **Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola**. Disponível em << http://www.ebda.ba.gov.br/>>. Acesso em 23 de Nov. de 2014.

EL – DEIR, S. G. (Org.). **Educação Ambiental no Semiárido:** Propostas Metodológicas de Extensão Rural. 1° ed. Recife, EDUFRPE. 2012. 256 p.

EL – DEIR, S. G. **Metodologias Inovadoras para o Empoderamento Social**. 1° ed. Recife, EDUFRPE, p. 237, 2013.

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

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes.** Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** v. 14, n. 5, 2010. 467 – 477 p.

FAO – **Food and Agriculture Organization**. Agricultura familiar em destaque no Dia Mundial da Alimentação. (2013). Disponível em << http://www.fao.org/family-farming-2014/news/news/details-press-room/pt/c/254637/>>. Acesso em 14 de Abril de 2015.

FBB – Fundação Banco do Brasil. **Tecnologia Social**. Disponível em << http://www.fbb.org.br/tecnologiasocial/o-que-e/tecnologia-social/>>. Acesso em 20 de Maio de 2015.

FERREIRA, E; BARRIGOSSI, J. A. F. **Insetos Orizívoros da Parte Subterrânea**. Documentos 190. Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO. p. 52, 2006.

FREDLUND, D. G., & XING, A. Predicting the permeability function for unsaturated soils using the soil-water characteristic curve. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 31, n° 3, 1994. 521 – 532 p.

FUNDAJ – **Fundação Joaquim Nabuco**. (2002). – Disponível em <<http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=659&Itemid=376>>. Acesso em 02 de Abri. de 2015.

GERSCOVICH, D. M. S. Equações para modelagem da curva característica aplicadas a solos brasileiros. **IV Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados**, Porto Alegre, RS, Março de 2001.

GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Ed.) **Recursos Hídricos em Regiões Semiáridas**. Campina Grande – PB. Instituto Nacional do Semiárido – INSA, Universidade Federal do Recôncavo Baiano – UFRB. p. 249 – 268, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, p. 220, 2008.

GIULIETTI, A. M.; QUEIROZ, L. P.; SANTOS, S. T. R.; FRANÇA, F.; GUEDES, M. L.; AMORIM, A. M. Flora da Bahia. **Sitientibus,** v.6, n° 3, 2006. 169 – 173 p.

GNADLINGER, J.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. **P1 + 2: Programa Uma Terra e Duas Águas para um semi-árido sustentável.** In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, cap. 3, 2007. 63 – 77 p.

GUANZIROLI, C. E.; SOUZA, H. M.; VALENTE JÚNIOR, A.; BASCO, C. A. Entraves ao desenvolvimento da cajucultura no Nordeste: margens de comercialização ou aumentos de produtividade e de escala. **Revista Extensão Rural**, DEAER/PPGExR – CCR – UFSM, Ano XVI, n° 18, Jul – Dez de 2009. 96 – 112 p.

GUANZIROLI, C. H. & CARDIM, S. E. de C. S. (Coord.). **Novo retrato da agricultura familiar:** o Brasil redescoberto. Projeto de Cooperação Técnica INCRA/FAO, MDA Ministério do Desenvolvimento Agrário, Brasília, DF: INCRA/FAO, MDA, 2000.

GUIMARÃES, P. L. O.; SANTANA, M. A. A.; OLIVEIRA, I. R.; THOMAZ JÚNIOR, J. C. Proposta de procedimento para calibração de sensores e medidores de umidade do solo (Soil Moisture). **Congresso da Qualidade em Metrologia Rede Metrológica do Estado de São Paulo** – REMESP. 25 a 27 de maio de 2010, São Paulo, Brasil.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; SANTIAGO, A. M. F.; SOUZA, G. H. Dispersão da argila provocada pela fertirrigação com águas residuárias de criatórios de animais. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável** (RBAS), v.2, n. 1, 2012. 89 – 98 p.

HORST, W. J.; WANG, Y.; ETICHA, D. The role of the root apoplast in aluminium-induced inhibition of root elongation and in aluminium resistance of plants: **a review**. Annals of Botany 106: 2010. 185 – 197 p.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** (2006). Disponível em < http: http://www.ibge.gov.br/home/> Acesso em 17 de mar de 2014.

IBGE, **Base de informações do Censo Demográfico** (2010): População nos Censos Demográficos, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação. Disponível em < http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=4&uf=00>. Acesso em Set. de 2014.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Variação Geográfica do Tamanho dos Módulos Fiscais no Brasil**. (2014). Disponível em < http://www.incra.gov.br/media/institucional/legislacao/atos_internos/instrucoes/instrucao_especial/IE20_280580.pdf>. Acesso em Maio de 2015.

INSA – Instituto Nacional do Semiárido. **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro.** Campina Grande: INSA – PB, 2011. 209 p.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **A Agricultura Brasileira:** Desempenho, desafios e perspectivas. GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). Brasília: Ipea, p. 78, 2010.

IRPAA – **Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada**. (2012). Disponível em <<http://www.irpaa.org/>>. Acesso em 23 de Nov. de 2014.

JACOMINE, P. K. T. **Solos sob caatinga:** Características e uso agrícola. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F. & FONTES, M. P. F. (Eds.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, SBCS/UFV, 1996. 169 – 199 p.

JAQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2005. 102 p.

KAMIMURA, A.; OLIVEIRA, A.; BURANI, G. F. A. **Agricultura familiar no Brasil** - um retrato do desequilíbrio regional. Interações, Campo Grande, vol.11, n.2, 2010. 217 – 223 p.

KLAUS, B. Cálcio nos solos e nas plantas. Reserarch Centre Hanninghof, Yara International, Alemanha. **Informações agronômicas**, n. 117, 2007. 212 – 252 p.

KLEIN, V. A. **Física do solo**, Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

KLUTE, A. **Water retention**: laboratory methods. In: Klute, A. (ed.). Methods of soil analysis. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Part. 1, 635 – 662 p.

KONRAD, M.; HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, R. A. Distribuição espacial do sistema radicular da aceroleira em um solo Podzólico Vermelho Amarelo. **XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA**. Mabu Thermas & Resort, Foz do Iguaçu – Paraná, 31 de julho a 03 de agosto de 2001.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C.; LACHER JR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, 2005. 139 – 146 p.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo – SP. EDUSP, 2005. 335 p.

LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A.; OLIVEIRA, A. C. P. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. **Revista Ecologi@ -** Revista Online da Sociedade Portuguesa de Ecologia. n. 4, Jan – Abr, 2012. 85 p.

LOYOLA, J. M. T.; PREVEDELLO, C. L. Modelos analíticos para predição do processo da redistribuição da água no solo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. v. 27, n. 5, 2006. 783 – 787 p.

MACEDO, J. R. Características Gerais da Fertilidade dos Solos Arenosos no Brasil. **Simpósio Brasileiro de Solos Arenosos.** Embrapa Solos. Presidente Prudente, SP. São Paulo, 2014. Disponível em: http://www.unoeste.br/site/destaques/outros_destaques/documentos/PALESTRAS_SBSA_2014_PDF/07.pdf >>. Acesso em 28 de Março de 2015.

MAIA, C. E.; LEVIEN, S. L. A. Dimensões de bulbo molhado na irrigação por gotejamento superficial. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, 2010. 149 – 158 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação – Princípios e métodos**. 3 ed. atualizada – Viçosa, MG: UFV, 2013. 355 p.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Informativo sobre a Estiagem no Nordeste - nº 37**. Secretaria de Política Agrícola. Coordenação Geral de Estudos e Informações Agropecuárias. Brasília – DF, 2013.

MARINHO, L. B.; MORAES, S. O. **Estudos sobre sonda capacitiva DIVINER 2000TM para determinação da umidade do solo sob irrigação deficitária**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/UPS. Piracicaba – SP. 2009. 7 p.

MAROUELLI, W. A, SILVA, W. L. C, SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPH, Brasília, Brasil, 5. ed. 2006. 72 p.

MARTINS, C. M.; GALINDO, I. C. L.; SOUZA, E. R.; POROCA, H. A. Atributos Químicos e microbianos do Solo de Áreas em Processo de desertificação no Semiárido de Pernambuco. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, n. 6, 2010. 1883 – 1890 p.

MAY, T. **Pesquisa social:** questões, métodos e processos. Porto Alegre: Artmed, 2004. 124 p.

MDS – **Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome** (2015a). Disponível em << http://www.mds.gov.br/falemds/perguntas-frequentes/bolsa-familia/programas-complementares/beneficiario/agricultura-familiar>>. Acesso em 18 de Mar. 2015.

MDS – **Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome** (2015b). Disponível em <<http://www.mds.gov.br/segurancaalimentar/programa-cisternas/entenda-o-programa/a-convivencia-com-o-semiarido>>. Acesso em 20 de Abri. 2015.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa – MG, 2006. 281 – 295 p.

MI – Ministério da Integração Nacional. **CONVIVER**, Programa de Desenvolvimento Integrado e Sustentável do Semi-Árido. Secretaria de Programas Regionais – SPR. Brasília – DF, 2009. 43 p.

MI – Ministério da Integração Nacional. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Brasília, Janeiro de 2005. 34 p.

MIGUEL, M. G.; TEIXEIRA, R. S.; PADILHA, A. C. C. Curvas características de sucção do solo laterítico da região de Londrina/PR. **Revista de Ciência & Tecnologia**. v. 12, nº 24, p. 63 – 74. 2006.

MILLER, C. J.; YESILLER, N.; YALDO, K.; MERAYYAN, S. Impact of soil type and compaction canditions on soil water characteristic. **Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering.** v. 128, nº 9, 2002. 34 p.

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; VOLNEI, P. U. R. S.; JENS H. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.25, n.2, 2005. 420 – 426 p.

MOTA, F. O. B.; OLIVEIRA, J. B. Mineralogia de solos com excesso de sódio no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 23, n° 4, 1999, 799 – 806 p.

MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B. DE.; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. **Clima e água de chuva no Semi-Árido**. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de.; GAMA, G. F. B. (Ed.). Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, cap. 2, 2007. 37 – 59 p.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Res.** v. 12, 1976. 513 – 522 p.

NASCIMENTO, T.; BRITO, L. T. L.; CAVALCANTI, N, B. Manejo de Água na Irrigação de salvação nas unidades do P1+2. **X Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola** e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola CLIA/CONBEA 2012 Londrina – PR, Brasil, 15 a 19 de julho 2012.

OLALDE, A. R. **Agricultura familiar e desenvolvimento sustentável.** (2011). Disponível em << http://www.ceplac.gov.br/radar/Artigos/artigo3.htm>>. Acesso em 23 de Jan. 2015.

OLIVEIRA, A. C.; FÁRIAS FILHO, S. M. Um paralelo entre os produtores de frutas do polo Petrolina Juazeiro com os Fruticultores de toda a área de atuação do BNB. **Revista de Desenvolvimento Econômico.** Departamento de Ciências Sociais Aplicadas – Ano XIV, Nº 26, Dezembro de 2012. Salvador, BA.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETTO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com

cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. R. **Bras. Ci. Solo**, v. 12, n. 24, 2002. 63 – 74 p.

PAN BRASIL. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.** Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretária de Recursos Hídricos. 2004. 242 p.

PEREIRA, J. R. **Solos afetados por sais**. In: Cavalcanti, F.J.A. (Coord). Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação.2 ed. Recife: IPA, 1998. 76 – 82 p.

PIRES, R. C. M.; CALHEIROS, R. O.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M. & ARRUDA, F.B. **Informações básicas sobre irrigação e drenagem**. In: Instruções Agrícolas para o Estado de São Paulo, 6 ed. Campinas, Instituto Agronômico/IAC. 1999. 222 – 225 p.

PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; FUJIWARA, M.; CALHEIROS, R. O. **Métodos e manejo da irrigação**. Centro de ecofisiologia e biofísica. Instituto agronômico/IAC. 1999. 32 p.

PRADO, D. **As caatingas da América do Sul**. In: LEAL, I. R.; TABARELLI & SILVA, M. J. M. C. (eds.). Ecologia e conservação da Caatinga. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 139 – 146 p.

PRADO, R. M.; CENTURION, J. F. **Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 36, 2001. 197 – 203 p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo – 5° Aproximação**. Vitória – ES. 2007. 305 p.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI, M. A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória – ES, Incaper, 2013. 104 p.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; DONAGEMMA, G. K.; MENDONÇA, E. S. Ponto de Murcha Permanente de Soja, Feijão e Plantas Daninhas. **Planta Daninha,** Viçosa – MG, v. 22, n. 1, 2004. 35 – 41 p.

REICHARDT, K. & TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera:** Conceitos, processos e aplicações. São Paulo, Manole, 2012. 478 p.

RHEINHEIMER, D. S. & ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesq. Agropec. Bras**., v. 36, 2001. 151 – 160 p.

RHEINHEIMER, D. S.; & SOUZA, R. O. Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, 2000. 97 – 104 p.

SALVADOR, J. T.; CARVALHO, T. C.; LUCCHESI, L. A. C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient**. Curitiba, v. 9, n. 1, p. 27 – 32, jan./mar. 2011.

SANTOS, A.; GOIS, F. F. **Microcrédito e Desenvolvimento Regionais**: Instituto para o Desenvolvimento de Estudos Econômicos, Sociais e Políticas Públicas. Fortaleza: Premius 1, 2011. 384 p.

SANTOS, D. B.; COELHO, E. F.; AZEVEDO, C. A. V. Absorção de água pelas raízes do limoeiro sob distintas frequências de irrigação. **Rev. bras. eng. agríc. ambient**., v. 9, n.3, 2005. 327 – 333 p.

SANTOS, H. G. dos.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos.; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, 1998. 287 – 294 p. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

SILVA, A. de S.; MOURA, M. S. B.; BRITO, L. T. de L. **Irrigação de salvação em culturas de subsistência**. Petrolina – PE: Embrapa Semiárido, Cap. 8, 2006. 159 – 179 p.

SILVA, C. R. da; ANDRADE JÚNIOR, A.S. de; SOUZA, C. F. **Aspectos práticos na utilização da técnica de capacitância:** desafios e aprendizagem. In: II Workshop de Aplicações de Técnicas Eletromagnéticas para o Monitoramento Ambiental. Taubaté-SP, 2008. CD-ROM.

SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D.; ALMEIDA, H. R. R. C. Variabilidade da qualidade de água na bacia hidrográfica do rio São Francisco e atividades antrópicas relacionadas. **Qualit@s**. Revista Eletrônica, v. 9, n. 3, 2011.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate e a convivência com o Semiárido: Transições, paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. Tese de Doutorado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília – Unb. Brasília, 2006.

SILVEIRA, J; GALESKAS, H; TAPETTI, R; LOURENCINI, I. **Quem é o consumidor Brasileiro de Frutas e Hortaliças. Hortifruti Brasil**. Cepea – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP. Julho de 2011. Disponível em <http://www.cepea.esalq.usp.br/>. Acesso em 12 de Março de 2015.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F.; SANTOS, C. R. Manejo de irrigação em fruteiras. In: Manejo da irrigação. **XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA**. Poços de Calda, 1998. 281 – 311 p.

SOUZA, S. S.; TOMASELLA, J.; GRACIA, M. G.; AMORIM, M. C.; MENEZES, P. C. P.; PINTO, C. A. M. O Programa de monitoramento climático em tempo real na área de atuação da SUDENE. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25 n. 1, 2001. 15 – 24 p.

SOUZA, V. V; DIAS, H. C. T; COSTA, A. A. Análise da qualidade das águas das precipitações em aberto e efetiva em um fragmento secundário da mata atlântica, no município de Viçosa, MG. **R. Árvore**, Viçosa – MG, v. 31, n. 4, 2007. 737 – 743 p.

SUDENE. **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste**. Caracterização da Região Semiárida. (2000). Disponível em <<http://www.sudene.gov.br/semiarido>>. Acesso em 15 de Março de 2015.

TEIXEIRA, A. H. C. **Informações Agrometeorológicas do Polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA - 1963 a 2009**. Embrapa Semiárido – Petrolina, PE. (Documentos, 233). 2010. 21 p.

TEIXEIRA, A. H.; AZEVEDO, P. V. Índices-limite do clima para o cultivo da acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, dez. 1995.

URACH, F. **Estimativa da retenção de água para fins de irrigação**. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, RS. 2007. 81 p.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, 1980.

VAN LIER, J. Q. & LIBARDI, P.L. Extraction of soil water by plants: Development and validation of a model. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 21, 1997. 535 – 542 p.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S., ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 355 – 374 p.

VUOLO, J. H. **Fundamentos da Teoria de Erros.** 2ª ed. Ed.: Edgar Blücher, 1996. 126 p.

WANDERLEY, N. **Raízes históricas do campesinato brasileiro**. In: TEDESCO (Org.) Agricultura familiar: realidades e perspectivas. Passo Fundo – RS: UPF, 2001, 405 p.

WHITE, R. E. Principles and Practice of Soil Science, 4th edition. **Wiley-Blackwell**. 2005. 384 – 391 p.