

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

**ECOFISIOLOGIA E ASPECTOS ECONÔMICOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO
CAUPI SOB TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

ALDEMIR DA SILVA

POMBAL - PB

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

ECOFISIOLOGIA E ASPECTOS ECONÔMICOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI
SOB TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

ALDEMIR DA SILVA

Dissertação apresentada à coordenação do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Sistemas Agroindustriais.

ORIENTADORES

Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito-UFCG/CCTA
Prof. Dr. Franciscleudo Bezzera da Costa-UFCG/CCTA

POMBAL - PB

2014

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA SETORIAL
CAMPUS POMBAL/CCTA/UFCG**

DIS

S586e Silva, Aldemir da.

Ecofisiologia e aspectos econômicos de genótipos de feijão caupi sob técnicas de captação de água no semiárido paraibano / Aldemir da Silva. - Pombal, 2014. 82fls.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2014.

"Orientação: Prof.º Dr.º Marcos Eric Barbosa Brito".

"Co-orientação: Prof.º Pós-Dr.º Franciscleudo Bezerra da Costa".

Referências.

1. Feijão Caupi - Vignaunguiculata. 2. Técnicas de Captação de Água. I. Brito, Marcos Eric Barbosa. II. Costa, Franciscleudo Bezerra da. III. Título.

UFCG/CCTA

CDU 633.33/.35+628.11

ALDEMIR DA SILVA

ECOFISIOLOGIA E ASPECTOS ECONÔMICOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI
SOB TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Aprovado em, _____ de _____ de _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito (Orientador)

Prof. Dr. Franciscleudo Bezzerá da Costa

Prof. Dr. Reginaldo Gomes Nobre

POMBAL – PB

2014

Aos meus Pais, que sempre me conduziram a andar em caminhos certos, a meus amigos e companheiros verdadeiros que fiz ao longo desta caminhada.

Dedico.

Ofereço, com carinho, à minha esposa, Iara Muller e minha filha, Isabelle B. Silva.

AGRADECIMENTOS

O Deus, acima de tudo e todos.

À Universidade Federal de Campina Grande, pela oportunidade de aprimorar meus conhecimentos cursando o mestrado.

À Universidade Estadual da Paraíba, ao qual me incentivou a me qualificar, afim de que os conhecimentos adquiridos sirvam para uma prestação de serviço de qualidade no desempenho das minhas funções como Técnico em Agropecuária do Campus IV de Catolé do Rocha-PB.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito, pela paciência e por me conduzir a caminhos certos durante o desempenho das minhas atividades.

Ao meu Co-orientador, Prof. Dr. Franciscleudo Bezerra da Costa, pela confiança depositada.

Aos demais Professores, Reginaldo Nobre, Patrício Maracajá, Anielson, Lauter e todos em geral aos quais me submeti a cursar suas respectivas disciplinas, onde além de adquirir novos conhecimentos obtive o privilégio de conhecê-los e fazer amizade.

Aos Técnicos administrativos do CCTA, Roberta, Joyce, Charlie, Fabíola, Aricleine

Aos amigos e companheiros da empresa "Alerta", prestadora de serviços terceirizados da Universidade Federal de Campina Grande, em especial ao pessoal de trabalhos de campo e aos vigilantes.

Ao Doutorando Alexson Filgueiras Dutra, pela doação das sementes e orientações.

Aos alunos de graduação dos cursos de Engenharia Agrônômica e de Alimentos, Luciano Frade, Robson Felipe, Francisco Vaniés, Luderlânio Andrade, Lisaiane, Francisco Cássio, Maria Kaline, Fernanda, Tãdria, Késsia Regina, Taise, Maria e César Carlos.

Ao amigo Msc. José Alberto Calado Wanderley.

E a todos que contribuíram de forma direta e indireta com a realização desse trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| DEDICATÓRIA..... | ii |
| AGRADECIMENTOS..... | iii |
| LISTA DE TABELAS..... | vi |
| LISTA DE FIGURAS..... | viii |
| RESUMO..... | 11 |
| ABSTRACT..... | 12 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 2 OBJETIVOS..... | 16 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 16 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 16 |
| 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 17 |
| 3.1 Água na agricultura..... | 17 |
| 3.2 O feijão Caupi..... | 18 |
| 3.3 Genótipos de feijão Caupi..... | 19 |
| 3.4 Aspectos fisiológicos da cultura..... | 19 |
| 3.5 Aspectos de crescimento e produção..... | 20 |
| 3.6 Uso de técnicas de captação de água <i>in situ</i> | 20 |
| 3.7 Análise de custos e rentabilidade..... | 21 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS..... | 23 |
| 4.1 Localização | 23 |
| 4.2 Tratamento e delineamento estatístico..... | 23 |
| 4.3 Preparo da área e instalação do experimento..... | 24 |
| 4.4 Confeção das estruturas (técnicas)..... | 25 |
| 4.5 Tratos culturais..... | 27 |
| 4.5.1 Adubação..... | 27 |
| 4.5.2 Semeadura..... | 27 |
| 4.5.3 Irrigação..... | 28 |
| 4.5.4 Tensiometria..... | 28 |
| 5. Variáveis analisadas..... | 30 |
| 5.1 Variáveis climáticas..... | 30 |
| 5.2 Variáveis de crescimento..... | 30 |
| 5.3 Variáveis fisiológicas..... | 31 |

| | |
|--|----|
| 5.4 Variáveis de produção..... | 31 |
| 5.5 Aspectos econômicos..... | 31 |
| 5.6 Análise estatística..... | 34 |
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 35 |
| 6.1 Aspectos ambientais..... | 35 |
| 6.2 Variáveis de crescimento..... | 39 |
| 6.2.1 Diâmetro do caule e número de folhas..... | 39 |
| 6.2.2 Partição de fitomassa seca..... | 45 |
| 6.3 Variáveis fisiológicas..... | 48 |
| 6.3.1 Trocas gasosas na fase vegetativa V4..... | 48 |
| 6.3.2 Trocas gasosas na fase reprodutiva R2..... | 56 |
| 6.4 Variáveis de produção..... | 63 |
| 6.5 Aspectos econômicos..... | 67 |
| 6.5.1 Análise econômica..... | 67 |
| 7 CONCLUSÕES..... | 71 |
| 8 REFERÊNCIAS..... | 72 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Atributos Físicos hídricos do solo utilizado no experimento, coleta de 0 - 20 cm de profundidade, Pombal, PB, 2014..... | 24 |
| Tabela 2. Análise química do esterco de ovino utilizado na adubação de fundação, Pombal, PB, 2014..... | 27 |
| Tabela 3. Parâmetros analisados na obtenção dos custos fixos e variáveis por ha ⁻¹ , Pombal, PB, 2014..... | 33 |
| Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis: diâmetro do caule DC e número de folhas (NF) aos 15 e 30 (DAS) e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCRDC) e número de folhas (TCRNF), em genótipos de feijão Caupi sob técnicas de captação de água, Pombal, PB, 2014..... | 39 |
| Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis fitomassa seca da raiz (FSR), caule (FSC) e folhas (FSF), analisadas no período de florescimento pleno aos 43°(DAS) e 54° (DAS) de produção, de genótipos de feijão caupi sob técnicas de captação de água. Pombal, PB, 2014..... | 46 |
| Tabela 6 (FSC), (FSF), (FSPA), (g), analisado no período de florescimento 43 DAS e produção 54 DAS, de genótipos de feijão Vigna em função de técnicas de captação de água Pombal, PB, 2013..... | 47 |
| Tabela 7. Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas, trocas gasosas na fase vegetativa V4 dos genótipos de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água <i>in situ</i> , Pombal, PB, 2014..... | 48 |
| Tabela 8. Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas, trocas gasosas na fase reprodutiva R2 em função das técnicas de captação de água <i>in situ</i> , Pombal, PB, 2014..... | 56 |
| Tabela 9. Resumo da análise de variância para as variáveis de produção, comprimento de vagem (CVG), número de grãos por vagem (NGV), produtividade de grãos verdes (PRODGV g planta ha ⁻¹), e produtividade de grãos secos (PRODGS g planta ha ⁻¹), dos genótipos de feijão Caupi cultivados sob técnicas de captação de água <i>in situ</i> , Pombal, PB, 2014..... | 63 |
| Tabela 10. Teste de comparação de médias para a produtividade em grãos verdes (g planta ha ⁻¹) dos genótipos de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água aos 80° dias após semeadura (DAS), Pombal, PB..... | 66 |

| | |
|--|----|
| Tabela 11. Teste de comparação de médias para a produtividade em grãos seco (g planta ha ⁻¹) dos genótipos de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água aos 80° dias após semeadura (DAS), Pombal, PB, 2014..... | 66 |
| Tabela 12. Estimativa de custos e lucratividade do cultivo de genótipos de feijão Caupi sob técnicas de captação de água em Pombal, PB, 2014..... | 68 |
| Tabela 13. Estimativa de custos e lucratividade do cultivo de genótipos de feijão Caupi sob técnicas de captação de água em Pombal, PB, 2014..... | 70 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Localização geográfica onde foi instalado e conduzido o estudo, Pombal, PB, 2014..... | 24 |
| Figura 2. Ilustração das estruturas de camalhões e sulcos confeccionados para o cultivo do feijão Caupi. Pombal, PB, 2014..... | 26 |
| Figura 3. Ilustração das estruturas de bacias confeccionadas para o cultivo do feijão Caupi. Pombal, PB, 2014. | 27 |
| Figura 4. Ilustração das estruturas do Sistema Convencional de plantio(testemunha) confeccionadas para o cultivo do feijão Caupi, Pombal, PB, 2014. | 27 |
| Figura 5. Curva característica do solo utilizado no experimento e determinação da umidade em percentual base de peso, em função dos tratamentos e da tensão obtida nos tensiômetros, Pombal, PB, 2014..... | 30 |
| Figura 6. Dados de temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) coletado durante o estudo, Pombal, PB, 2014. Fonte: AESA | 37 |
| Figura 7. Precipitação pluviométrica (A) e evapotranspiração (B) registrada durante o período de condução do experimento, 2014. Fonte: AESA e EMATER, Pombal, PB..... | 38 |
| Figura 8. Comportamento da umidade do solo nas técnicas de captação de água Camalhão (A), Sulco (B), Bacia (C) e Sistema Convencional de plantio (D), Pombal, PB, 2014..... | 39 |
| Figura 9. Diâmetro do caule (DC) aos 15 dias após semeadura (DAS) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água, Pombal, PB, 2014..... | 41 |
| Figura 10. Diâmetro do caule (DC) aos 30 dias após semeadura (DAS) de plantas de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água, Pombal, PB, 2014..... | 42 |
| Figura 11. Taxa de crescimento relativo do diâmetro de caule (TCRDC) em cada técnica de captação de água (A) e para cada genótipo de feijão (B) avaliada no período de 15 a 30 DAS, Pombal, PB, 2014. | 43 |
| Figura 12. Número de folhas aos 15 dias após semeadura (DAS) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água, Pombal, PB, 2014..... | 44 |
| Figura 13. Número de folhas aos 30 DAS em cada técnica de captação de água (A) e para cada genótipo de feijão (B), Pombal, PB, 2014..... | 45 |
| Figura 14. Taxa de crescimento relativo do número de folhas em cada técnica de captação de água (A) e para cada genótipo de feijão (B), Pombal, PB, 2014. | 46 |

- Figura 15. Fitomassa seca do caule (FSC) em função das técnicas de captação de água (A) e dos genótipos de feijão Caupi aos 70° dias após sementeira(DAS) correspondendo a fase de produção (B), Pombal, PB, 2014.48
- Figura 16. Fitomassa seca das folhas (FSF) para cada genótipo de feijão, com média das técnicas de cultivo aos 70° dias após sementeira(DAS) correspondendo a fase de produção, Pombal, PB, 2014.....48
- Figura 17. Fotossíntese líquida (A) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014...50
- Figura 18. Concentração interna de CO₂ (Ci) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada no 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014..... 51
- Figura 19. Transpiração (E) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014.....52
- Figura 20. Condutância estomática (gs)para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014..... 54
- Figura 21. Eficiência intrínseca de carboxilação (EiCi) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014.55
- Figura 22. Eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) dos genótipos de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014. 56
- Figura 23. Concentração Interna de CO₂ (Ci) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014..... 58
- Figura 24. Transpiração (E) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014..... 59
- Figura 25. Condutância estomática (gs) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014..... 60
- Figura 26. Fotossíntese líquida (A) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014. ..61

| | |
|---|----|
| Figura 27. Eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014. | 62 |
| Figura 28. Eficiência intrínseca de carboxilação (EiCi) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014. | 63 |
| Figura 29. Comprimento de vagem (CVG) (cm) em cada técnica de captação de água (A) e nos genótipos de feijão Caupi (B), Pombal, PB, 2014..... | 65 |
| Figura 30. Número de grãos por vagem (NGV) nos genótipos de feijão Caupi estudados, Pombal, PB, 2014. | 65 |
| Figura 31. Produtividade de feijão Caupi em grãos verdes (A) e secos (B) em função de cada técnica de captação de água, Pombal, PB, 2014. | 66 |

ECOFISIOLOGIA E ASPECTOS ECONÔMICOS DE GENÓTIPOS DE FEIJÃO CAUPI SOB TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

RESUMO

A água é um dos principais fatores limitantes no desenvolvimento das culturas, por comprometer o crescimento e rendimento das plantas, fato este comprovado quando cultivadas em regiões semiáridas, caracterizada pela ocorrência de limitação hídrica, neste sentido o uso de técnicas de retenção de água e a identificação de genótipos tolerante ao déficit hídrico, são alternativas passivas de serem usadas no sistema de produção. Assim, objetivou-se, com esta pesquisa, estudar o crescimento, aspectos fisiológicos, a produção e a rentabilidade econômica de genótipos de feijão caupi cultivados sob técnicas de captação de água *in situ*, no semiárido paraibano. O trabalho foi realizado no campo experimental da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campus de Pombal, PB, sob delineamento experimental em blocos casualizados no esquema fatorial 6x4, estudando-se seis genótipos de feijão Caupi e quatro técnicas de captação de água, espaçadas em 0,5m x 0,5m, com quatro repetições, composta por 24 plantas, sendo 12 úteis. As variáveis estudadas foram os aspectos de crescimento, fisiologia, componentes de produção e rentabilidade econômica. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste F, seguido por teste de médias (Tukey) para o fator técnicas de cultivo e (Scott Knott) para o agrupamento dos genótipos. Para o cultivo de feijão Caupi em região semiárida, o uso de técnicas de captação de água é uma alternativa ao produtor, dentre elas indicam-se o cultivo em camalhões e sulcos, por proporcionarem melhores rendimentos, quando comparados ao cultivo em bacias e sistema convencional de plantio (testemunha), destacando-se os genótipos Costela de Vaca e o BRS Guariba, por apresentar o melhor custo benefício em relação aos demais.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, déficit hídrico e viabilidade econômica.

**ECOPHYSIOLOGY AND ECONOMIC
ASPECTS OF COWPEA TECHNIQUES UNDER WATER CATCHMENT**

ABSTRACT

Water is one of the more limiting factors for ecophysiological development of cultures compromising the growth and yield of plants, notably in cowpea, fact compounded when grown in semiarid region, characterized by water limitation, so the of techniques water catchment and identification of genotype tolerant are an alternative in production system. With this study focuses on the ecophysiology and economic aspects of bean genotypes under water conservation techniques *in situ*, in order to relate the rational use of water to sustainable production of the crop in the semiarid Paraíba, identifying more resistant materials. The experiment was realized on field of the Federal University of Campina Grande, UFCG, Pombal Campus, PB, using a randomized block design with factorial scheme, 6x4, studying four techniques of water harvesting *in situ* and six cowpea genotypes planted at a spacing of 0.5m x 0.5m, with four replications and the experimental parcel consists of 24 plants, being 12 useful. It was studied the growth, physiological and production variables on genotypes under techniques and quality and economic aspects from yield. The data were submitted to analysis of variance, F test, t test and (Tukey) mean comparison for factor genotypes and water conservation techniques. The semiarid region is passive to the cultivation of cowpea, with the use of techniques of water harvesting an alternative to the producer, among them is indicated in ridge cultivation, by providing better performance when compared to control, especially the cultivar Costela de Vaca and genotype BRS Guaribaby presenting the best value in relation to other.

Keywords: *Vigna unguiculata*, hydric deficit and economic feedback.

1. INTRODUÇÃO

O feijão é um dos principais alimentos consumidos pela população humana, principalmente na região Norte e Nordeste do Brasil, sendo consumido principalmente nas formas de grãos verdes e secos, destacando-se por seu valor nutricional e potencial produtivo, sendo seu cultivo considerado uma importante ferramenta capaz de auxiliá-lo na fixação do homem ao campo, devido ao seu potencial de comercialização, gerando renda aos produtores que o cultivem, principalmente os de agricultura familiar. A área colhida de feijão Caupi no Brasil é de aproximadamente 4 milhões de hectares, com uma produção de 3,5 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2006).

Predominando nas unidades produtoras de feijão, o sistema convencional de plantio, onde os agricultores realizam a semeadura em covas, com o auxílio de uma enxada, dando origem a uma pequena depressão, capaz de armazenar certa quantidade de água no solo. Este sistema é aparentemente pouco agressivo ao meio ambiente, no entanto, como os solos em sua maioria não são manejados de forma adequada (arado) em profundidade desejada pelo sistema radicular das culturas, acarretando em prejuízos à cultura do feijão. Tendo em vista que os solos da região semiárida são caracterizados como de origem jovem, com formação de rochas cristalinas, e afloramento, o que dificulta a infiltração da água no solo e facilita o escoamento superficial, contribuindo de forma expressiva para o processo erosivo, acarretando em perdas de solo, nutrientes e água. Segundo Duarte (2002), a maioria dos solos no sertão nordestino são Neossolos Litólicos e os Luvisolos, que por sua vez são solos limitados para utilização agrícola, principalmente, pela limitação de água e pela pedregosidade e pouca profundidade, merecendo cuidados especiais na hora de cultivá-los.

Sendo o uso de técnicas de preparo do solo importante para reter a água por maior período *in situ*, podendo ser implantadas por meio mecânico ou com auxílio da tração animal (DURET *et al.*, 1986). Dessa forma, a água de chuva, poderá ficar acumulada na área de retenção e infiltrando-se boa parte desta quantidade no solo onde se encontram as raízes das plantas, ficando mais tempo disponível ao feijoeiro (PACEY & CULLIS, 1992; PORTO *et al.*, 1999; AGARWAL & SUNITA, 1999).

Deve-se salientar que a utilização de genótipos com diversidade de respostas à deficiência hídrica é de interesse dos programas de melhoramento da produção, sendo importante o conhecimento dos mecanismos relacionados a essas respostas diferenciadas, como a exemplo disso destaca-se a empresa de pesquisa 'Embrapa Meio Norte', a qual desenvolve inúmeras pesquisas com genótipos de feijão Caupi para diversas finalidades,

sejam eles destinados a alimentação humana, animal ou como repositores de matéria orgânica no solo. Com isso têm-se proporcionado a estes materiais um aumento na tolerância aos estresses bióticos e abióticos, por meio do estudo das suas características fisiológicas de modo a permitir a seleção de genótipos tolerantes à seca, empregando-se, ainda, outros parâmetros adotados como a avaliação das espécies vegetais e suas respostas ao estresse hídrico, dentre eles destacam-se: o potencial hídrico foliar, potencial osmótico, condutância estomática, transpiração e a atividade fotossintética (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Observa-se que o feijão tem um papel de destaque no agronegócio, Segundo a FAO (2012), a produção média de feijão nas safras de 2007 a 2011 foi 5,6 milhões de toneladas, havendo ocorrência em 2012 e 2013 uma produção de 2,83 milhões de toneladas, a menor nos últimos 7 (sete) anos, 14% abaixo da média ou 568 mil toneladas de feijão no prato da população, fato este justificado pela irregularidade no período chuvoso e a migração para outras culturas como a soja e o milho.

Neste sentido, Guimarães *et al.* (1996) destacam que a produção está diretamente relacionada ao déficit hídrico, sendo de fundamental importância para o sucesso da produção em regiões com irregularidade pluviométrica, o uso da irrigação de salvação, necessária para suprir as necessidades hídricas da cultura do feijoeiro ou de técnicas que possibilitem a manutenção dos recursos hídricos no solo, permitindo que as plantas completem o seu ciclo produtivo de forma satisfatória do ponto de vista agrônomo. Este fato é evidente quando relacionado ao cultivo de feijoeiro em regiões semiáridas, onde a prática do cultivo em sequeiro representa 49%, principalmente na região Nordeste do Brasil, totalizando uma área plantada de 754.600 Km². Conforme classificação climática segundo Köppen, temos em nossa região precipitações médias anuais de 750mm concentradas em 4 meses do ano, sendo mal distribuídas neste curto espaço de tempo, havendo uma evapotranspiração em torno de 2000 mm ano⁻¹, o que gera um déficit hídrico no solo (CARVALHO *et al.*, 2004; MASCARENHAS *et al.*, 2005).

A capacidade de uma planta se recuperar do estresse hídrico temporário ou prolongado e também a identificação desta taxa de recuperação, são de grande importância para a produção vegetal, pois estão ligadas à eficiência do uso da água pelas plantas de feijoeiro e conseqüentemente, na sua produtividade agrícola (ORCUTT & NILSEN, 2000). Neste sentido, observa-se que existem diferentes respostas entre genótipos de feijoeiro ao déficit hídrico, variando entre as fases de crescimento e produção (FOOLAD *et al.*, 1998; ORCUTT & NILSEN, 2000).

Deve-se salientar que a identificação de materiais com diversidade de respostas à deficiência hídrica, sendo o foco principal dos programas de melhoramento genético, destacando-se os trabalhos realizados pela empresa de pesquisa Embrapa Meio Norte, a qual desenvolve pesquisas com genótipos de feijão Caupi para diversas finalidades, sejam eles destinados para a alimentação humana, animal ou repositora de matéria orgânica no solo. A avaliação das características fisiológicas dos genótipos, dentre elas destacam-se: o potencial hídrico foliar, potencial osmótico, condutância estomática, transpiração e a atividade fotossintética (TAIZ & ZEIGER, 2009) são de extrema importância para um manejo eficiente e na expansão da cultura do feijoeiro, principalmente em regiões de limitação hídrica. Salienta-se ainda, que em condições de déficit hídrico as taxas de assimilação de CO₂ são afetadas de forma negativa, sobretudo no mecanismo de fechamento dos estômatos, diminuindo a fotossíntese, o que ocasiona a diminuição do processo de sintetização dos nutrientes absorvidos pelos genótipos (SILVA *et al.*, 2013).

Assim, considerando a importância da produção de feijão Caupi para a região semiárida, principalmente na região Paraíba, é cada vez mais notória a necessidade de adoção de melhorias no uso eficiente da água para os sistemas de produção, tendo em vista a escassez deste recurso e a crescente demanda de alimentos da nossa população. Com isso o desenvolvimento de pesquisas é de fundamental importância, a fim de garantir a sustentabilidade alimentar, sendo necessário o uso de materiais adequados às nossas condições climáticas, viabilizando assim melhorias em nosso potencial produtivo, tendo em vista os riscos que os produtores da região semiárida enfrentam, causados principalmente pela irregularidade na distribuição das chuvas em espaço e tempo, causando redução na produtividade dos seus cultivos, que muitas vezes, chegam a gerar perdas totais de suas lavouras (LOPES *et al.*, 2009).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Estudar o comportamento ecofisiológico e os aspectos econômicos de genótipos de feijão Caupicultivados sob técnicas de captação de água no semiárido paraibano.

2.2. Objetivos específicos

- a) Propor a identificação da técnica de cultivo mais apropriada ao sistema de produção do feijão Caupi no semiárido.
- b) Analisar a assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i), em genótipos de Caupi nas fases vegetativa (V4) e reprodutiva (R2), sob disponibilidade hídrica, quantificando a eficiência no uso da água (EUA) (A/T) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação (A/C_i).
- c) Avaliar o crescimento de genótipos de feijão Caupi sob técnicas de captação de água *in situ* no semiárido.
- d) Classificar os genótipos de feijoeiro quanto ao seu potencial produtivo, sob condições de déficit hídrico, realizando um rol dos materiais mais produtivos e indicados para a região semiárida.
- e) Analisar a relação benefício / custo de cultivo de Caupi, como indicador de viabilidade econômica em função da disponibilidade de água no solo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Água na agricultura

Dentre as atividades econômicas, a agricultura é responsável por cerca de 70% do uso consultivo dos recursos hídricos do planeta; fato justificado devido à crescente demanda da população por alimentos, ocasionando um déficit entre a oferta e a procura na cultura do feijoeiro, podendo-se destacar estudos preliminares, que mostram a importância do aumento da produtividade agrícola para suprir este aumento demográfico populacional, tendo em vista também o agravante deslocamento da população rural para os grandes centros urbanos, diminuindo ainda assim a produção agrícola. Tais fatos justificam o uso da água na irrigação das culturas, como alternativa à melhoria na produtividade e aumento de áreas de cultivo, já que tais tecnologias podem auxiliar de forma significativa em incrementos na produtividade, possibilitando o cultivo de plantas em épocas e locais com baixos índices de precipitação pluviométrica, minimizando os efeitos do desabastecimento (FAO, 2007).

Diante disso faz-se necessário para o desenvolvimento da exploração agrícola, o estabelecimento de um ponto de equilíbrio entre as cadeias de produção, sendo o uso da água nos sistemas produtivos, especificadamente na irrigação, um fator que deve atender a critérios relacionados à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos, como mencionado por Ayerse Westcot (1999). Neste sentido, os agricultores devem dispor de estratégias para armazenar e usar a água nos períodos secos. Com isso destaca-se a importância do uso de técnicas auxiliares de cultivo na captação de água, que possam aperfeiçoar o uso da água na irrigação. No entanto, as técnicas simples de preparo do solo, visando à captação da água de chuva *in situ*, são mais apropriadas aos sistemas de produção.

Assim, considerando a redução na disponibilidade dos recursos naturais, em face à eminente crescente demanda de alimentos, ocasionada pelo aumento populacional, umas das formas de viabilizar o aumento de áreas de produção agrícola é o uso de práticas sustentáveis de manutenção dos recursos hídricos, como o uso da irrigação de salvação e o uso de plantas com potencial produtivo e tolerância a regimes de escassez ou limitação hídrica, o que poderia permitir a obtenção de ganhos de rendimentos, tornando cultivo de feijão Caupi economicamente viável, garantindo sua sustentabilidade para região semiárida.

3.2. O feijão Caupi

O feijão Caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.), comumente chamado de feijão de Corda ou feijão Macassar, tem grande importância nos setores alimentar, social e econômico. Por ser uma das culturas dentre as demais bastante semeada em regiões áridas e semiáridas, além de ser responsável pela geração de emprego e renda no meio rural, principalmente para os agricultores que possuem baixas condições técnicas. Esta cultura possui boa adaptabilidade e rusticidade, características que favorecem o seu cultivo em regiões mais quentes, além de possuir relativamente um baixo custo de produção, constituindo um dos principais componentes da dieta alimentar, especialmente na zona rural (EMBRAPA MEIO NORTE, 2003).

Como alimento é considerado como produto básico para as populações do Norte e Nordeste, por ser uma das principais culturas alimentares destas regiões. Além da sua diversidade quanto ao seu uso, especialmente em países em desenvolvimento e menos desenvolvidos. Destaca-se que o grão é uma boa fonte de proteína humana e animal, com baixo teor de gordura, onde suas sementes são fonte valiosa de proteínas (FATUKUN, 2002). Os grãos de Caupi contêm de 200 a 300 g⁻¹ de proteína bruta e 600 g⁻¹ de carboidratos por kg de sementes, sendo sua composição química influenciada por fatores ambientais e genéticos (SULTANSINGH *et al.*, 2006).

No Brasil, o feijão Caupi é cultivado predominantemente na região semiárida do Nordeste, e em pequenas áreas da Amazônia (NASCIMENTO *et al.*, 2009). Sendo, a produção média de 328 kg ha⁻¹, respectivamente. Os maiores produtores são os Estados do Ceará, Piauí, Bahia e Maranhão, os quais também apresentam as maiores áreas semeadas (IBGE, 2008). Tendo como destino para a produção dos grãos, secos ou verdes, o consumo *in natura*, na forma de conserva ou desidratado (EMBRAPA MEIO NORTE, 2003).

Diante da importância da cultura do feijão Caupi para o Norte/Nordeste brasileiro, se faz necessário a realização de estudos, que visem avaliar o desempenho dos genótipos para o cultivo em regime de sequeiro, frente às limitações hídricas que afetam diferentes fases do seu desenvolvimento. Guimarães *et al.* (2006) constataram que a deficiência hídrica nas plantas é tanto maior quanto menor o suprimento de água pelas raízes.

Embora haja significância na produção da cultura, a produtividade é considerada baixa, já que há genótipos que produzem até 4.000 kg de grãos por hectare, utilizando-se de técnicas que aperfeiçoem os sistemas produtivos (EMBRAPA MEIO NORTE, 2003), justificando assim, a necessidade de identificação desses materiais promissores associadas ao

uso de técnicas a fim de disseminar entre os agricultores novos conhecimentos relacionados ao plantio e manejo da lavoura. Essas práticas agrícolas com o uso de técnicas auxiliares de cultivo utilizado na agricultura irrigada assumem, portanto grande importância, para reduzir o uso indiscriminado dos recursos naturais, bem como garantem o uso eficiente dos mesmos. (MEDEIROS, 2002).

3.3. Genótipos de feijão Caupi

Diante da importância que a cultura do feijoeiro assume no semiárido Paraibano, é necessário o desenvolvimento de estudos, visando avaliar a divergência genética, a fim de identificar genótipos mais divergentes e que apresentem um maior potencial produtivo, para o desenvolvimento de trabalhos futuros de melhoramento, a fim de selecionar as cultivares mais produtivas adaptadas a nossas condições, para serem recomendadas posteriormente aos agricultores locais. Comparada a outras culturas existentes, o feijão Caupi é pouco explorado seu potencial genético, entretanto, já foram obtidas, em condições experimentais, produtividades de grãos secos acima de 3.000 kg ha⁻¹ (BEZERRA, 1997), com expectativa que seu potencial genético ultrapasse os 6.000 kg ha⁻¹. Diante do exposto faz-se necessário o estudo de suas características diante da nossa realidade.

3.4. Aspectos fisiológicos da cultura

Na avaliação fisiológica, Segundo Nogueira *et al* (2001), é necessário avaliar-se mais de uma variável, sendo: O potencial hídrico, condutância estomática, temperatura e transpiração foliar, consideradas importantes indicadores na resposta do feijoeiro ao estresse hídrico. Pois uma única variável por si só, não deve ser considerada como indicativo de tolerância de um determinado genótipo à seca.

No geral o estresse hídrico tem efeito em diversos processos fisiológicos em plantas de feijoeiro, e já foi objeto de pesquisas realizadas por Gomes Filho & Tahin (2002), Oliveira *et al.* (2005), Mendes *et al.* (2007) e Endres *et al.* (2010). Em plantas de feijoeiro o déficit hídrico diminui a condutância estomática e aumenta a resistência difusiva ao vapor de água, mediante o fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e em consequência o suprimento de CO₂ para a realização da fotossíntese (OLIVEIRA *et al.*, 2005). Para Larcher (2000), os estômatos atuam como moduladores da perda de água na transpiração para a atmosfera, respondendo ao déficit hídrico com a alteração da abertura dos poros em faixas

críticas dos valores do potencial hídrico foliar. As diferentes reações de cada genótipo a essas variações permitem que eles possam tolerá-las quando em níveis críticos mantendo as taxas adequadas de fotossíntese (RIBEIRO *et al.*, 2004).

3.5. Aspectos de crescimento e produção

Durante a fase de crescimento vegetativo do feijoeiro, o déficit hídrico tem efeito indireto no rendimento de grãos, pela redução da área foliar das plantas. Se o déficit ocorrer durante a floração, provoca abortamento e queda das flores, com redução do número de vagens por planta; se ocorrer no enchimento dos grãos, prejudica a formação de sementes ou reduz seu peso (GUIMARÃES, 1988). Para Portes (1996), no feijoeiro a principal fonte de fotoassimilados para a formação dos grãos é obtida durante o período pós-florescimento e durante o crescimento das vagens. Desta forma, o conhecimento das respostas da cultura ao meio de cultivo, permite a realização do manejo de forma a maximizar os seus rendimentos.

3.6. Uso de técnicas de captação de água *in situ*

O uso de técnicas de captação e conservação de água da chuva *in situ* é uma importante alternativa para manutenção da umidade no solo (DURET *et al.*, 1985; SILVA *et al.*, 1989).

O sistema de captação de água em camalhões inclinados ou W (sulcos) consiste na realização de uma aração, seguida de sulcamento da área de captação de água, onde se faz o plantio, os quais são confeccionados em uma operação conjunta. É uma técnica pouco usada que apresenta um grande potencial para ser utilizada extensivamente no semiárido brasileiro. O cultivo em sulcos feito em contorno ou em curvas de nível é um meio empregado para diminuir o processo erosivo no terreno, capaz de melhorar a absorção das enxurradas, facilitando a penetração da água no solo (DUQUE, 2004).

Segundo Silva *et al.* (1993) em função da grande variação das chuvas registradas nas unidades geoambientais, identificadas na região semiárida do Nordeste brasileiro, é de fundamental importância o preparo do solo com o uso de técnicas de retenção de água *in situ*. Lopes *et al.* (2009) em estudos avaliando a produtividade do milho em dois sistemas de captação de água (sistema W e Guimarães Duque) que consiste no plantio em camalhões e sulcos, associados à adição de esterco e adubação fosfatada, observaram melhores resultados

na produtividade do milho cultivado no sistema W(sulcos) na presença do esterco e adubação fosfatada.

Estudos de campo recentes sugerem que é real a perspectiva de se duplicar a produtividade agrícola com a produção de mais produtos por gota de água. Todavia, tal produtividade não pode ser obtida apenas com a gestão única dos recursos hídricos, sendo necessário aprimorar o estabelecimento do conjunto das práticas agrícolas, como a exemplo a introdução do uso da técnica de captação de água de chuva (FALKENMARK *et al.*, 2001).

3.7. Análise de custos e rentabilidade

O cultivo do feijãoCaupi, está localizado principalmente nas regiões Nordeste e Norte, sendo o cultivo dessa leguminosa realizado em três safras, sendo a primeira denominada “safra das águas”, a segunda “safra da seca” e a terceira “safra de outono/inverno”, Conab (2013). No entanto, para a escolha de uma determinada cultura faz-se necessário a análise das variáveis como: riscos climáticos, tipos de plantio, uso de tecnologias, desenvolvimento da cultura, colheita, armazenamento e comercialização da produção. Esses fatores somados podem influenciara produção da cultura do feijoeiro. Faz-se necessário a utilização de ferramentas administrativas para o desenvolvimento da agricultura, por ser capaz de auxiliar na estimaçãodos custoscom a produção agrícola, análise de sua eficiência ena determinação específica dos processoscomo um todo, os quais são responsáveis por indicar o sucesso ou fracasso de um determinado empreendimento, tendo por base o monitoramento econômico e o desempenho da atividade explorada(MARTIN *et al.*, 1994; YAMAGUCHI, 2000).

Os custos com a produção referem-se à soma de todos os valores ou recursos empregados (insumos e serviços) usados durante o processo produtivo de uma atividade agrícola, podendo ser classificado em um determinado período em função do seu tempo, em decurso e longo prazo(REIS, 2007). No entanto essa estimativa dos custos está ligada também à gestão da tecnologia disponível utilizada, ou seja, por meio da alocação eficiente dos recursos no meio produtivo e no reconhecimento da importância destes controles, para a obtenção de uma exploração agrícola equilibrada em todos os processos desenvolvidos.

Em termos econômicos, as questões relativas ao tempo de utilização dos bens e capital utilizado foram divididos em: de curto e longo prazo, sendo esses investimentos essenciais, importantes para a produção, ocorrendo sua diluição nos anos seguintes de cultivo das culturas exploradas. Considera-se de curto prazo quando pelo menos um dos fatores de

produção não pode variar no período mencionado, já quando no processo em longo prazo todos estes fatores podem variar (CASTRO *et al.*, 2009).

Os custos variáveis totais (CVT) dependem da produção alcançada e por isso mudam com a variação do volume produzido. Sendo descritos como custos diretos ou indiretos, compreendidos em custos fixos totais (CFT) correspondentes às parcelas dos custos totais que independem do volume de produção obtida, e são decorrentes dos gastos com os fatores fixos da produção, compondo os custos indiretos, e o custo total (CT) sendo a soma dos custos fixos totais e variáveis totais (VASCONCELOS & GARCIA, 2004).

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1. Localização

O experimento foi conduzido em campo, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Pombal, PB ($6^{\circ}47'13.36''$ latitude sul e $37^{\circ}48'16.07''$ longitude W. Gr., e altitude de 194 m), (Figura 1). Sendo a região caracterizada por Koopen, de clima do tipo BSh (quente e seco), cenário comum em regiões semiáridas, com precipitação média de 750 mm ano^{-1} e evapotranspiração de $2.000 \text{ mm ano}^{-1}$.



Figura 1. Localização geográfica onde foi instalado e conduzido o estudo, Pombal, PB, 2014.

4.2. Tratamento e delineamento estatístico

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados usando o esquema fatorial 6×4 , com quatro repetições, onde os fatores foram constituídos por seis genótipos de feijão Caupi, sendo cinco provenientes do programa de melhoramento genético da Embrapa Meio Norte (BRS Itaim, BR-17 Gurguéia, BRS Guariba, BRS Potengi e BRS Aracê) e uma adquirida com os produtores da região de Pombal-PB (Costela de vaca), e quatro técnicas de preparo do solo, (camalhão (TC), sulco (TS), bacia (TB) e sistema convencional de plantio (T0) testemunha), totalizando noventa e seis parcelas experimentais com $13,5 \text{ m}^2$ ($3,0 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}$) cada. Para efeito de controle local, utilizou-se uma área útil de 6 m^2 , ou seja, uma área de $2,0 \text{ m} \times 3,0 \text{ m}$, na qual foram dispostas durante o período experimental entre (Outubro à Janeiro de 2014), sendo 12 plantas úteis para coleta de dados. O experimento ocupou uma área total de 1.296 m^2 .

4.3. Preparo da área e instalação do experimento

O preparo do solo foi realizado por gradagem simples, visando o destorroamento e nivelamento do solo, onde posteriormente coletaram-se duas amostras de 0 a 20 cm de profundidade, formando uma amostra homogênea de 500 gramas de solo ao qual foi encaminhada para o laboratório da UFCG, para fins de determinação de suas características físicas e químicas (Tabela 1). Já para o manejo da irrigação e nutricional adotaram-se metodologia proposta pela (EMBRAPA, 1997) e (BORGONOVIT *et al.*, 1982), garantindo, assim, condições de fertilidade necessárias ao crescimento e desenvolvimento pleno dos genótipos de feijão Caupi em estudo.

Tabela 1. Atributos Físico-Hídricos e químicos do solo utilizado no experimento, coleta de 0 - 20 cm de profundidade, Pombal-PB, 2014.

| FÍSICO-HÍDRICAS | VALOR | QUÍMICAS | VALOR |
|--|--------------|---|--------------|
| Granulometria (%) | | Complexo sortivo (meq 100 g ⁻¹) | |
| Areia | 80 | Cálcio (Ca ²⁺) | 5,60 |
| Silte | 14,06 | Magnésio (Mg ²⁺) | 2,40 |
| Argila | 5,49 | Sódio (Na ⁺) | 0,44 |
| Classificação Textural | Areia Franca | Potássio (K ⁺) | 0,79 |
| Densidade do solo g cm ⁻³ | 1,48 | Fósforo Assimilável (mg 100g ⁻¹) | 5,89 |
| Densidade de partículas g cm ⁻³ | 2,64 | M.O (g ⁻¹) | 8 |
| | | Nitrogênio (%) | 0,04 |
| Porosidade (%) | 43,94 | Extrato de Saturação | |
| Umidade (% Peso) | - | PHps | 6,20 |
| Natural | 3,03 | CEes (dS m ⁻¹) | 0,07 |
| 0-1 atm | 20,33 | Cloreto (meq L ⁻¹) | 3 |
| 0,33 atm | 17,11 | Carbonato (meq L ⁻¹) | 0 |
| 1-0 atm | 7,91 | Bicarbonato (meq L ⁻¹) | 3 |
| 5-0 atm | 3,97 | Sulfato (meq L ⁻¹) | Ausente |
| 10-0 atm | 3,57 | Cálcio (Ca ²⁺) (meq L ⁻¹) | 1,35 |
| 15-0 atm | 3,43 | Magnésio (Mg ²⁺) (meq L ⁻¹) | 3,21 |
| Água disponível (mm/cm) | 2,50 | Sódio (Na ⁺) (meq L ⁻¹) | 0,54 |
| | | Potássio (K ⁺) (meq L ⁻¹) | 0,74 |
| | | Soma de Base | 9,23 |
| | | PST | 4,04 |

Fonte: Laboratório de irrigação e salinidade UFCG/Campina Grande-PB e Laboratório de Solo e nutrição de Plantas- UFCG/CCTA-Pombal-PB, 2014.

4.4. Confeção das estruturas (técnicas)

Após o preparo do solo, foram implantadas as técnicas de captação de água *in situ*, sendo confeccionadas conforme descrição seguinte.

Camalhão: Estando alocado de maneira intercalada ao sulco, deste modo à distância entre eles é de 1,0m, sua confecção foi realizada manualmente em conjunto aos sulcos, perfazendo o camalhão com altura de 0,4m e comprimento de 4,5m na parcela (Figura 2);

Sulco: Confeccionado manualmente, com auxílio de uma enxada, tendo, em cada parcela, comprimento de 4,5m, onde foram alocados com distância entre eles de 1,0m (Figura 2).



Figura 2. Ilustração das estruturas de camalhões e sulcos confeccionados para o cultivo do feijão Caupi. Pombal, PB, 2014.

Bacias: Foram confeccionadas também de forma manual por meio da construção de pequenos diques em volta de cada metro linear de plantas, gerando áreas de captação de 1 m². O solo para confecção do dique foi retirado da área de cultivo, seguindo as curvas de nível do terreno (Figura 3).



Figura 3. Ilustração das estruturas de bacias confeccionadas para o cultivo do feijão Caupi. Pombal, PB, 2014.

Sistema convencional de plantio: Caracterizado como tratamento testemunha, não contendo nenhuma estrutura de contenção de água e solo, ou seja, a semeadura foi realizada em covas no solo, submetido apenas a gradagem, prática comum adotada pelos agricultores da nossa região.



Figura 4. Ilustração das estruturas do sistema convencional de plantio (testemunha),confeccionadas para o cultivo do feijão Caupi. Pombal, PB, 2014.

4.5. Tratos Culturais

4.5.1. Adubação

A adubação foi realizada em duas etapas: sendo de fundação e cobertura, na primeira foi consorciado a adubação orgânica e mineral, distribuída nas linhas de plantio na razão de 5 litros de esterco de ovino curtido, adicionados de 5 gramas do adubo formulado 10:30:10 de N, P e K, respectivamente, por metro linear. Esse composto foi incorporado ao solo junto ao preparo e confecção das estruturas de plantio. Aos 30 DAS realizou-se a adubação por cobertura a 10 cm do colmo da planta, em uma solução contendo 5 kg de cloreto de potássio + 3 kg de uréia, diluídos em 260 litros, colocando-se 50 ml dessa solução por planta (FREIRE FILHO *et al.*, 2001). A quantidade de nutrientes presentes no esterco utilizado está descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Análise química do esterco de ovino utilizado na adubação de fundação. Pombal, PB, 2014.

| Prof. | | Características químicas | | | | | | | | | |
|---|-------|--------------------------|--------------------|-------|---------------------|---|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|
| 0-20 cm | | pH (1:2,5) | C.E. (1:5) | | P | K ⁺ | Ca ⁺² | Mg ⁺² | Na ⁺ | Al ³⁺ | H ⁺ + Al ³⁺ |
| | | CaCl ₂ | dS m ⁻¹ | | mg dm ⁻³ | -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | |
| - | | 8,92 | 3,84 | | 23,78 | 68,58 | 3,10 | 8,10 | 10,87 | 0,00 | 0,00 |
| SB | T | V | M | PST | M.O. | Zn | Fe | Mn | Cu | B | S |
| ---cmol _c dm ⁻³ --- | | -----%----- | | | g kg ⁻¹ | -----mg dm ⁻³ ----- | | | | | |
| 90,65 | 90,65 | 100 | 0,0 | 11,99 | 42 | - | - | - | - | - | - |

4.5.2. Semeadura

Foram utilizados cinco genótipos de feijão Caupi oriundos da empresa de pesquisa agropecuária Embrapa Meio Norte, e uma semente adquirida com produtores da região a cultivar Costela de Vaca, onde são classificadas em função do seu porte, podendo ser ereto, semi-ereto e prostrado. Em função do seu crescimento, sendo de ciclo curto, médio e tardio, além do seu crescimento que se apresenta de forma determinada e indeterminada.

O semeio dos genótipos foi realizado com auxílio de uma enxada, fazendo a abertura de covas na profundidade de 3cm, em seguida colocou-se duas sementes por cova cobrindo-se as mesmas com uma leve camada de terra, em seguida realizou-se uma irrigação para elevação

do solo a capacidade de campo, afim de garantir a plena germinação das sementes. O espaçamento utilizado foi de 0,5m x 0,5m, compondo uma população de 40.000 plantas ha⁻¹ (FREIRE FILHO *et al.*, 2001).

4.5.3. Irrigação

O experimento foi desenvolvido em condições de irrigação de salvação, devido à escassez das chuvas o cultivo de sequeiro foi inviabilizado, sendo realizada a irrigação em função da evapotranspiração, fundamentada nos dados da estação meteorológica do INMET-AESA, aplicando-se uma lâmina equivalente a evapotranspiração de referência diária, sendo aplicada durante o experimento uma lâmina bruta de 296m³, calculada pelo método de Penman-Monteith – FAO (ALLEN, 1998), conforme pode ser verificado na expressão 1.

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \text{ Exp. 1}$$

Onde: ETo = Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Rn = radiação líquida na superfície da cultura (MJ m⁻² dia⁻¹); G = fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); Δ = inclinação da curva pressão vapor versus temperatura do ar (kPa.°C⁻¹); U₂ = velocidade do vento medida a dois metros de altura (m s⁻¹); T = temperatura (°C); e_s = pressão de saturação do vapor d'água (kPa); e_a = pressão real do vapor d'água (kPa); γ = fator psicrométrico (MJ kg⁻¹).

4.5.4. Tensiometria

O acompanhamento da umidade no solo durante o experimento foi realizado diariamente, por meio de tensiometria, deste modo, instalou-se 48 tensiômetros a 20 cm de profundidade, com manômetro de mercúrio e auxílio de uma régua graduada em centímetro. O mercúrio ficou depositado acima do nível do solo, estando colocado ao longo das respectivas técnicas, um em cada parcela, sendo os resultados dessa variável posterior apresentados pelas médias da umidade em base de peso para a cultura em estudo.

O procedimento operacional de manejo dos tensiômetros, esta fundamentada na metodologia proposta por Azevedo & Silva (1999), onde essas leituras realizadas determinam a tensão de umidade no solo em base de peso, com base na expressão 2.

$$T_{as} = 12,6H - h_1 - h_2 \text{Exp. 2}$$

Onde: T_{as} = tensão de água no solo (cm H_2O); H = elevação da coluna de mercúrio (cm); h_1 = altura entre o nível do mercúrio no reservatório e a superfície do solo (cm) e h_2 = distância entre o solo e o meio da cápsula porosa (cm).

Os resultados obtidos em (cm/ H_2O) centímetros de coluna d'água serão ajustados na equação da curva característica do solo (Figura 5), obtendo-se os valores para umidade (%) do solo em base de peso.

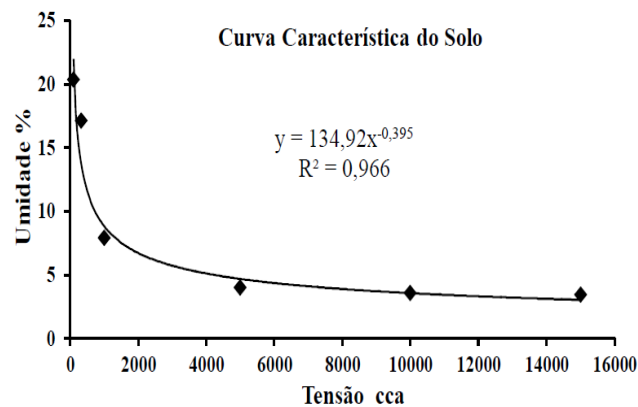


Figura 5. Curva Característica do solo utilizado no experimento e determinação da umidade em percentual base de peso, em função dos tratamentos e da tensão obtida nos tensiômetros Pombal, PB, 2014.

5. Variáveis analisadas

5.1. Variáveis climáticas

Durante o período experimental, os dados meteorológicos foram obtidos na estação agrometeorológica automatizada, localizada no campus da Universidade Federal de Campina Grande, PB, próximo ao local do experimento, por meio do acompanhamento diário (leitura), onde se utilizou por base as variáveis: de temperatura, umidade relativa do ar, índice pluviométrico, evapotranspiração e o teor de umidade de água no solo. Para fins de adequamento do manejo hídrico da cultura, de acordo com sua real necessidade, em função de sua fase fenológica. A alta variabilidade climática, em diferentes tempos e escala de espaço, exercem efeitos sobre a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico da região. (SILVA *et al.*, 2010).

5.2. Variáveis de crescimento

a) Taxa de crescimento das plantas

Aos 15 dias e 30 dias após semeadura (DAS), realizou-se duas aferições, sendo, mensurando-se o diâmetro do caule, medido no colo das plantas (mm), e contado o número de folhas definitivas, obtendo-se, a partir desses dados, a Taxa de Crescimento Relativo (TCR), que mede o crescimento em função da matéria pré-existente, obtida pela expressão 3 (FERNANDES, 2002; BENINCASA, 2003):

$$TCR = \frac{(\ln D_2 - \ln D_1)}{t_2 - t_1} \text{ Exp. 3}$$

Em que: TCR = taxa de crescimento relativo ($\text{cm cm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); D_2 = diâmetro e número de folhas obtido no final do período de estudo; D_1 = diâmetro e número de folhas obtido no início do período de estudo; $t_2 - t_1$ = diferença de tempo entre as amostragens.

b) Fitomassa

No período de floração aos 34 dias após semeadura, foram coletadas duas plantas por parcela experimental, para determinação da massa seca em função da fitomassa existente. O material coletado foi particionado em folhas, caule e raiz principal, onde as raízes foram retiradas com auxílio de enxada e umalavanca, a fim de facilitar a retirada das plantas de

feijoeiro do solo, escavando-se o solo próximo ao colmo das plantas, em seguida, procedeu-se a identificação e embalagem do material com posterior acomodação em estufa de circulação de ar por 72 horas, a fim de obter-se a fitomassa seca das folhas (FSF) (g^{-1}), do caule (FSC) (g^{-1}) e a fitomassa seca da raiz principal (FSRP) (g^{-1}), realizado aos 90 DAS, com a separação e partição dos componentes de formação da planta, como caule, folhas e raízes executados na fase correspondente a final de condução do experimento.

5.3. Variáveis fisiológicas

Nas fases vegetativas, (V4), aos 34 DAS, quando as plantas emitiram o quarto par de folhas definitivas e de frutificação aos 54 DAS com a emissão do facão (vagem) (R2), foram determinadas: a taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) na primeira folha madura contada a partir do ápice usando-se do equipamento portátil de análise de gases por infravermelho (IRGA), “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda. De posse desses dados, foram quantificadas a eficiência no uso da água (EUA) (A/T) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação (A/C_i) (SCHOLLES & HORTON, 1993; NEVES, *et al.*, 2002; KONRAD *et al.*, 2005; RIBEIRO, 2006)

5.4. Variáveis de produção

A análise da produção total de feijão Caupi, foi determinada pelo somatório das vagens colhidas em 12 plantas por parcela, das quais 6 foram realizadas colheita das vagens maduras e outras 6 plantas para produção de grãos secos. Sendo iniciado com os grãos verdes aos 48 dias após semeadura (DAS), quando as vagens estavam bem intumescidas e começavam a sofrer uma leve mudança de tonalidade (FREIRE FILHO *et al.*, 2005). Ao final de cada colheita da produção de grãos verdes e secos, as vagens foram debulhadas manualmente em laboratório, em seguida realizou-se sua pesagem, a fim de determinar a sua produtividade em função dos genótipos e das técnicas estudadas, sendo os dados expostos em kg planta ha^{-1} .

5.5. Aspectos econômicos

A partir da função de produção ($P = \text{Técnica} * \text{Variedade}$) e do custo de produção distribuídas nos seus respectivos tratamentos (técnica x genótipos), segundo (ALVAREZ,

1985; ZONETTI *et al.*, 2002), foram calculados: receita líquida (RL) e o preço de equilíbrio (PE) conforme as expressões 4, 5 e 6.

Já para a determinação do índice de lucratividade seguiu-se a metodologia adaptando-a segundo proposta de (WESTON & BRIGHAM *et al.*, 2000), apresentada na expressão 7.

$$CP = Co + Cv = CT \dots\dots\dots \text{Exp.4}$$

$$RL = P - CP \dots\dots\dots \text{Exp.5}$$

$$PE = CP / (P) \dots\dots\dots \text{Exp. 6}$$

$$IL = (RL / RB) * 100 \dots\dots\dots \text{Exp. 7}$$

Em que: CP= custo de produção; Co= custos fixos; Cv= custos variáveis; CT=Custos totais, RL= receita líquida; RB= receita bruta; PE= preço de equilíbrio; IL = índice de lucratividade.

A planilha de análise econômica considerou os preços médios dos insumos e serviços nas cidades de Pombal e Catolé do Rocha, PB, assim como o preço de venda do quilograma de grãos verdes e secos praticado pelos produtores rurais dos respectivos municípios, descritos nas tabelas 11 e 12, apresentadas posteriormente.

Ressalte-se que a realização das análises dos custos pertinentes à produção do feijão Caupi, faz-se necessário correlacionar os custos fixos e variáveis, com os rendimentos obtidos na produção, a fim de obter as receitas, sendo os parâmetros analisados presentes na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros analisados na obtenção dos custos fixos e variáveis por ha⁻¹, Pombal, PB, 2014.

| Custos Fixos ha⁻¹ | | | | |
|--|---------------------|----------------|-----------------------|--------------|
| Item | Quantidade | Und | Valor Unitário | Total |
| Sistema de Irrigação | 1 | Und | 5.500,00 | 550,00 |
| Preparo do solo (aração + gradagem) | 4 | H/M | 60,00 | 240,00 |
| Custos Variáveis ha⁻¹ | | | | |
| Insumos agrícolas | Descrição dos itens | | | |
| Adubo orgânico (Esterco Ovino) | 100 | M ³ | 4,50 | 450,00 |
| Adubo Químico | | | | |
| -Superfosfato simples | 100 | kg | 11,80 | 118,00 |
| -Cloreto de potássio | 24 | kg | 3,78 | 90,72 |
| -Uréia | 39 | kg | 4,25 | 165,75 |
| -Sementes | 6 | kg | 12,00 | 72,00 |
| Defensivos | | | | |
| -Vertimec | 2 | L | 25,00 | 50,00 |
| Tratos culturais | | | | |
| -Semeadura | 1 | D/h | 30,00 | 30,00 |
| -Adubação | 3 | D/h | 30,00 | 90,00 |
| -Pulverização | 3 | D/h | 30,00 | 90,00 |
| -Capina | 10 | D/h | 30,00 | 300,00 |
| Colheita grãos (verdes) | 10 | D/h | 30,00 | 300,00 |
| Colheita grãos (secos) | 5 | D/h | 30,00 | 150,00 |
| Energia (ciclo da cultura) | 4984,56 | KW/H | 0,07 | 348,91 |
| Orientação técnica (Eng ^o Agrônomo) | 24 | H | 60,00 | 1.440,00 |
| Conf. das estruturas | Técnicas | | | |
| Camalhão | 22,63 | H/M | 30,00 | 678,90 |
| Sulco | 7,7 | H/M | 30,00 | 231,00 |
| Bacia | 15,43 | H/M | 30,00 | 462,90 |
| Sistema Convencional de Plantio | - | - | - | - |
| Imposto sob território rural (ITR) | 1 | % | 2 | 20,00 |
| Custo do aluguel da terra | 1 | ha | Ano/ciclo | 1.000,00 |
| CVT (custos variáveis sem técnicas totais) | - | - | - | 4.715,38 |
| Custo com encargos administrativos | 1 | S/M | 13,5 | 133,04 |
| COT (custo fixos totais) | - | - | - | 5638,78 |

Descrição dos Itens utilizados para a realização do cultivo dos genótipos de feijão Caupi no experimento em campo por ha^{-1} . O custo fixo do sistema de irrigação foi diluído por ciclo em 10 anos, sendo utilizado 3 ciclos anuais.

1-UND= Unidade; 2-H/M= Hora Máquina; 3- M^3 = Metro Cúbico; 4- Kg= Quilograma; 5-L= Litro; 6- D/h= Dia homem; 7- KW/H= Kilowatt Hora; 8- H= Hora; 9- %= Percentagem, 10- SM= Salário mínimo

5.6. Análise estatística

Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Nos casos de significância, foi realizado teste de comparação de médias (Tukey a 5% de probabilidade) para o fator técnicas de captação de água e o teste de agrupamento de médias (Scott e Knott até 5% de probabilidade) entre os genótipos de feijoeiro (FERREIRA, 2000).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Aspectos ambientais

Durante o período experimental (Novembro 2012 à Janeiro 2013), foram analisadas as variáveis de temperatura, umidade relativa do ar, índice pluviométrico, evapotranspiração e teor de umidade de água no solo.

Estudando-se a temperatura do ar durante o período de condução do experimento em campo, observou-se variação dentro da faixa considerada ótima, entre 18 e 34°C (STONE *et al.*, 2001), com temperatura média durante o ciclo da cultura de 27,18°C (Figura 4A). Destaque-se que baixas temperaturas (< 19°C) influenciam diretamente a produtividade dessa leguminosa, causando o aumento do seu ciclo vegetativo e retardando o florescimento, sendo que temperaturas abaixo de 11°C a planta não se desenvolve. Por outro lado, temperaturas superiores a 35°C também acarretam prejuízos ao desenvolvimento da cultura, pois provoca aborto espontâneo das flores, além de ocasionam a retenção das vagens na planta e diminuição considerável do número de sementes por vagem. Ao analisar a umidade relativa do ar a partir dos dados contidos na Figura 4B, verifica-se variação sazonal entre 29,35 e 92%, com umidade média do ar em 41%, durante todo o período estudado. O conhecimento da relação planta x ambiente é um fator importante para a maioria das culturas, tendo em vista que dentre outros, esses fatores exercem função reguladora das relações hídricas das culturas, seja pela absorção de água e nutrientes do solo ou pelas perdas de água para a atmosfera e no controle da temperatura foliar, estando à umidade dentro da faixa tolerável pela cultura. Conforme estudos observados por Bezerra *et al.* (2003). Nascimento *et al.* (2004) constataram que o nível crescente de déficit hídrico afetou drasticamente o desempenho do genótipo de feijão Caupi IPA206; verificou-se, também, reduções significativas nos componentes de produção para os níveis de 60 e 40% de água disponível no solo, em função de uma lâmina de 365mm.

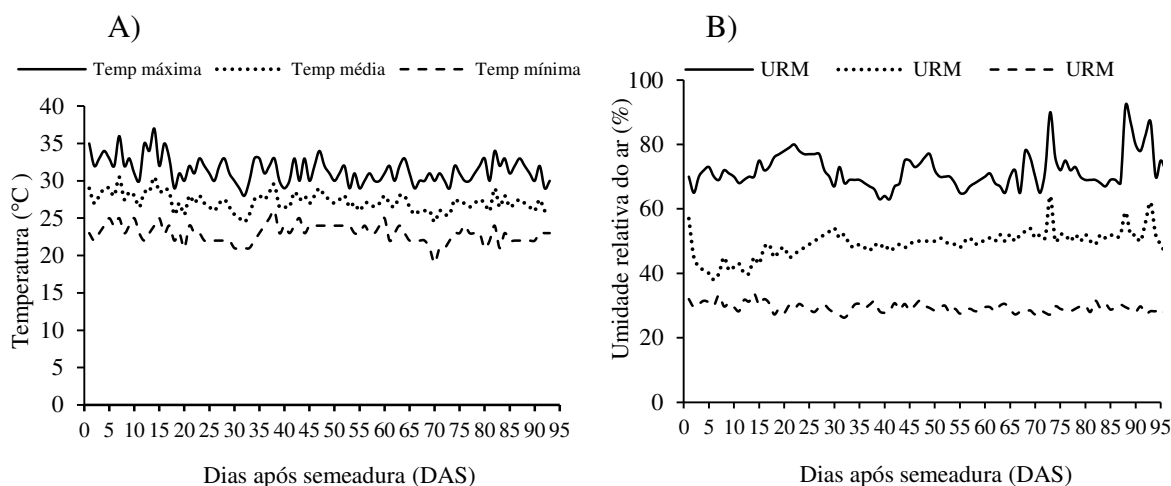


Figura 6. Dados de temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) coletado durante o estudo, Pombal, PB, 2014. Fonte: AESA.

A deficiência hídrica é uma condição comum no Nordeste do País. No entanto a ocorrência do primeiro registro de chuva se deu a partir do 74^oDAS, início do período chuvoso em nossa região, assim inviabilizaria o cultivo em sequeiro, fato esse justificado pelos baixos registros que ocorreram ao longo do período experimental, com chuvas acumuladas em torno de 37,2mm totais, ou seja, seriam insuficiente para suprir a necessidade hídrica da cultura durante o período de cultivo. Ocorrendo seu registro quando as plantas já estavam na fase final de frutificação, por ter sido realizado no período de estiagem, fez-se necessário a intervenção de suprimento hídrico à cultura por meio de irrigação de salvação, a fim de garantir condições favoráveis ao desenvolvimento da cultura (Figura 5A). Os baixos índices pluviométricos reduzem a produtividade do feijão Caupi. Em estudos realizados por (MENDES *et al.*, 2007), ressalte que: embora a cultura exiga um mínimo de 300mm de precipitação para que produza a contento. Assim, as regiões cujas precipitações oscilem entre 250 e 500mm são consideradas aptas para a exploração da cultura, desde que ocorram de forma distribuída ao longo do ciclo da cultura do feijoeiro.

Assim também ocorre na região meio-Norte do Brasil, onde a principal causa da variação na produtividade de grãos de Caupi em condições de sequeiro está associada à disponibilidade hídrica no solo, devido, principalmente, à má distribuição das chuvas, que limitam o crescimento e o desenvolvimento da cultura. Outros fatores como a radiação solar e a umidade relativa do ar, também afetam essa produtividade (CARDOSO *et al.*, 2000), sendo assim, para garantir que ocorresse a garantia de produção, contudo, tentando-se identificar o efeito das técnicas, usou-se irrigação de salvação.

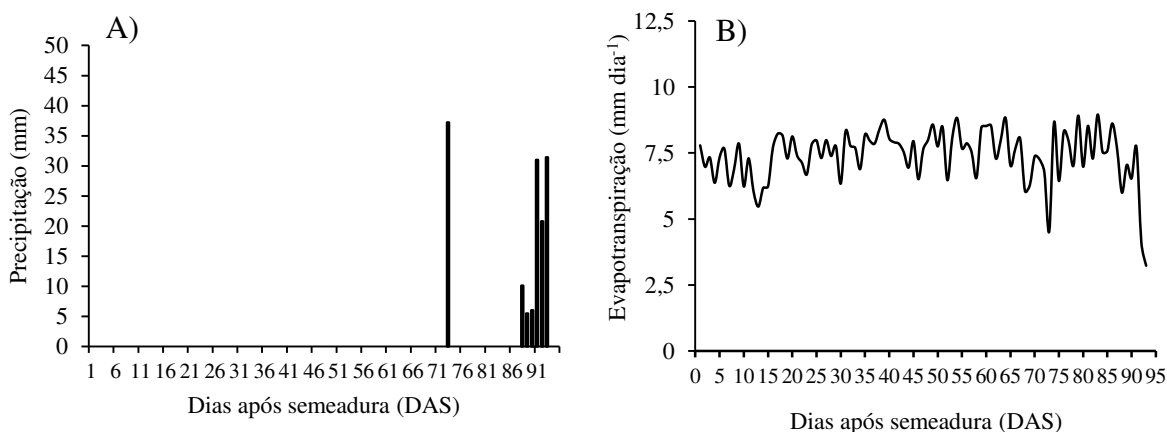


Figura 7. Precipitação pluviométrica (A) e evapotranspiração (B) registrada durante o período de condução do experimento, 2014. Fonte: AESA e EMATER, Pombal, PB.

A evapotranspiração na região semiárida é considerada alta, sendo de fundamental importância o seu conhecimento junto ao coeficiente de cultivo da cultura explorada (K_c), afim de identificar as reais necessidades hídricas da cultura, segundo Silva *et al.* (2006), durante o experimento registrou-se evapotranspiração média de $6,25 \text{ mm dia}^{-1}$, de posse desses dados, possibilitou-se a realização de um manejo adequado na irrigação por aspersão, aplicando-se uma lâmina total ao longo do ciclo de $296,4 \text{ mm}$ na área experimental da UFCG, Campus de Pombal-PB. Percebe-se que na Figura 5B, a ocorrência de oscilação desta variável com registro de maiores taxas nas fases de floração aos 43DAS e no enchimento das vagens a partir dos 55DAS, isto é, são as fases consideradas críticas da cultura, por apresentar elevada demanda de água. Por outro lado, nota-se um decréscimo deste consumo com a incidência de chuva e do término do ciclo produtivo dos genótipos estudados.

Ao longo do ciclo da cultura do feijão Caupi, foi acompanhada nos respectivos tratamentos a umidade do solo, a fim de identificar a técnica de captação de água que melhor possibilitou a manutenção da umidade no solo, sendo assim, verificado, na (Figura 6), que a manutenção da umidade do solo entre as técnicas de captação de água, percebe-se melhor desempenho no aproveitamento da água com uso da técnica de cultivo em Sulco, seguida do Camalhão, fato esse justificado pela maior proximidade da umidade a capacidade de campo dentre as demais técnicas, associado a este fator está às diferentes respostas dos genótipos em função das suas características genéticas demandadas por água, estando assim à umidade no solo disponível em pleno potencial para ser utilizada pela cultura.

Associado ao uso de cultivares mais tolerantes a períodos de deficiência hídrica no solo, tal como o desenvolvimento de mecanismos que auxiliem as plantas a tolerar

períodos prolongados de seca (técnicas auxiliares de cultivos), será essencial na manutenção dos recursos hídricos do solo, melhorando a produção agrícola brasileira e mundial (Nepomuceno *et al.*, 2001).

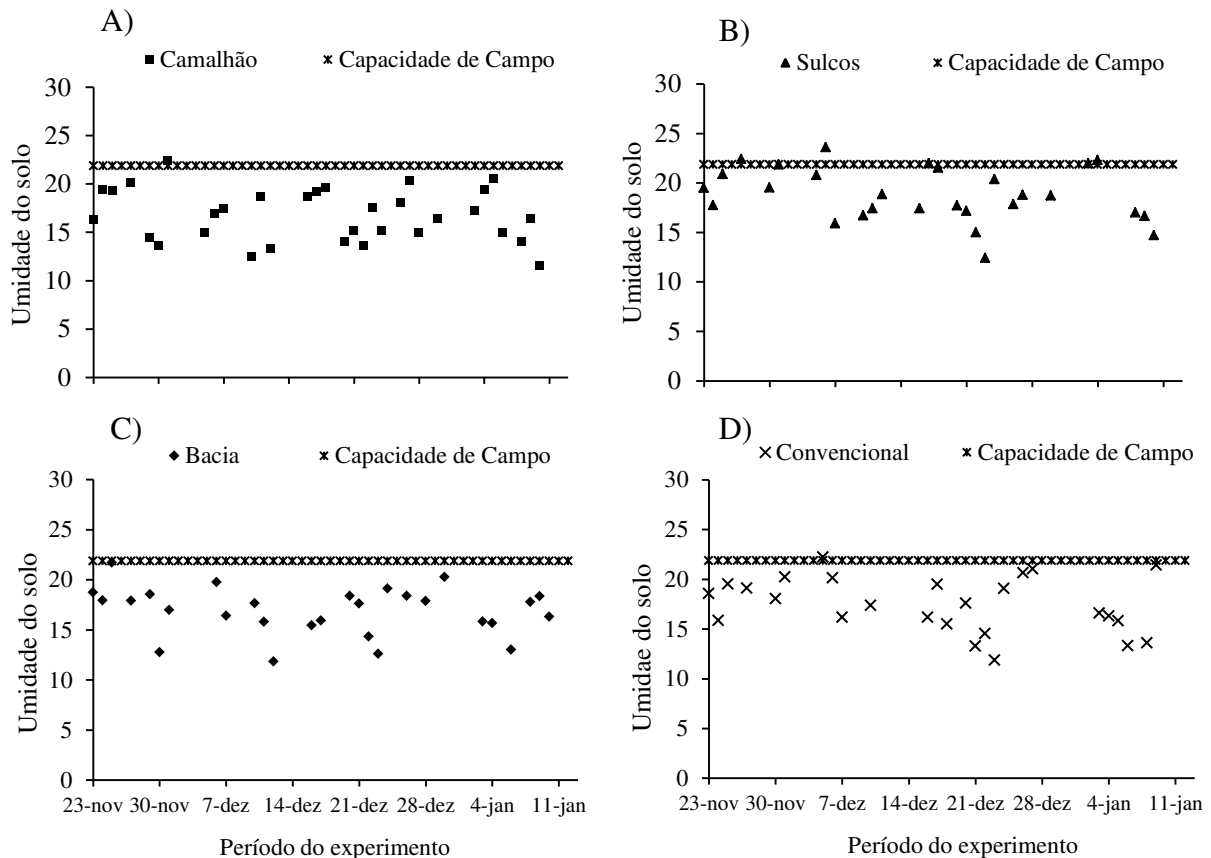


Figura 8. Comportamento da umidade do solo nas técnicas de captação de água Camalhão(A), Sulco (B), Bacia (C) e Sistema Convencional de plantio (D), Pombal, PB, 2014.

Dessa forma, a água da chuva ou de irrigação que ficou acumulada na área de captação infiltra-se em maior quantidade, devido à facilidade gerada na infiltração da água no solo onde se encontram as raízes das plantas (LAIME, 2012; PACEY & CULLIS, 1986; CULLIS & PACEY, 1992), proporcionando condições diferenciadas nos valores de água disponível no solo, sendo que isso poderá refletir no crescimento e produção das culturas do feijão Caupi, assim como identificado nos estudos de Laime (2012) e Bernal (2007) na cultura do pinhão manso.

6.2 Variáveis de crescimento

6.2.1 Diâmetro do caule e número de folhas

Observa-se que as técnicas de captação de água influenciaram, significativamente ($p \leq 0,01$), o diâmetro do caule (DC) e o número de folhas (NF) aos 15 e 30 dias após semeadura (DAS), a taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCRDC) e número de folhas (TCRNF). (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para as variáveis: diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) aos 15 e 30 DAS e taxa de crescimento relativo do diâmetro do caule (TCRDC) e número de folhas (TCRNF) de génotipos de feijão Caupi sob técnicas de captação de água. Pombal, PB, 2014.

| F.V. | G.L | Quadrados Médios | | | | | |
|--------------|-----|------------------|---------------------|---------|----------------------|------------------------|------------------------|
| | | DC15DAS | DC30DAS | NF15DAS | NF30DAS | TCRDC | TCRNF |
| Técnica (T) | 3 | 1,514** | 5,661** | 8,315** | 394,382** | 0,000168** | 0,002331** |
| Genótipo (G) | 5 | 1,655** | 1,758 ^{ns} | 4,620** | 167,129** | 0,000095* | 0,001205** |
| Int. T x G | 15 | 0,617** | 1,143 ^{ns} | 1,971* | 33,964 ^{ns} | 0,000021 ^{ns} | 0,000420 ^{ns} |
| Bloco | 3 | 2,035** | 1,554 ^{ns} | 3,193* | 204,699** | 0,000167** | 0,001246* |
| Resíduo | 69 | 0,255 | 0,852 | 0,958 | 42,893 | 0,000039 | 0,000331 |
| C.V. (%) | | 9,13 | 12,06 | 16,63 | 23,76 | 29,38 | 18,02 |
| Médias (mm) | | 5,539 | 7,651 | 5,887 | 27,560 | 0,021 | 0,1009 |

* e ** = Significativo a $P < 0,05$ e $P < 0,01$ pelo teste F, respectivamente, ^{ns} = não significativo a $P < 0,05$.

Entre os genótipos de feijão Caupi também ocorreu diferenças significativas, a excessão na variável diâmetro do caule aos 30 dias após semeadura (DC30DAS), onde não ocorreram diferenças significativas ($p \geq 0,05$). Nota-se, ainda, que na interação entre os fatores técnicas e genótipos, houve influência significativa para as análises realizadas aos 15 DAS tanto no DC quanto NF.

Estudando-se o diâmetro de caule (DC) dos genótipos de feijão em cada técnica aos 15 dias após semeadura (DAS) (Figura 7), verificou-se que o uso decamalhãoproporcionou maiores valores médios para a maioria dos genótipos, com excessão do genótipo Costela de Vaca, que obteve o maior valor no cultivo em bacia, ocorrendo também nesse patamar para o ‘BRS Potengi’ e ‘BRS Aracé’, nos quais maior DC foi obtido com o uso sistema convencional e de bacias, respectivamente. Por outro lado, nas cultivares de feijão Caupi ‘BRS Itaim’, ‘BR-17 Gurguéia’ e ‘BRS Potengi’ não se constatou diferença significativa

entre o uso das técnicas de captação de água (Figura 7B, D e E). Já nos demais genótipos o menor DC foi obtido no cultivo convencional.

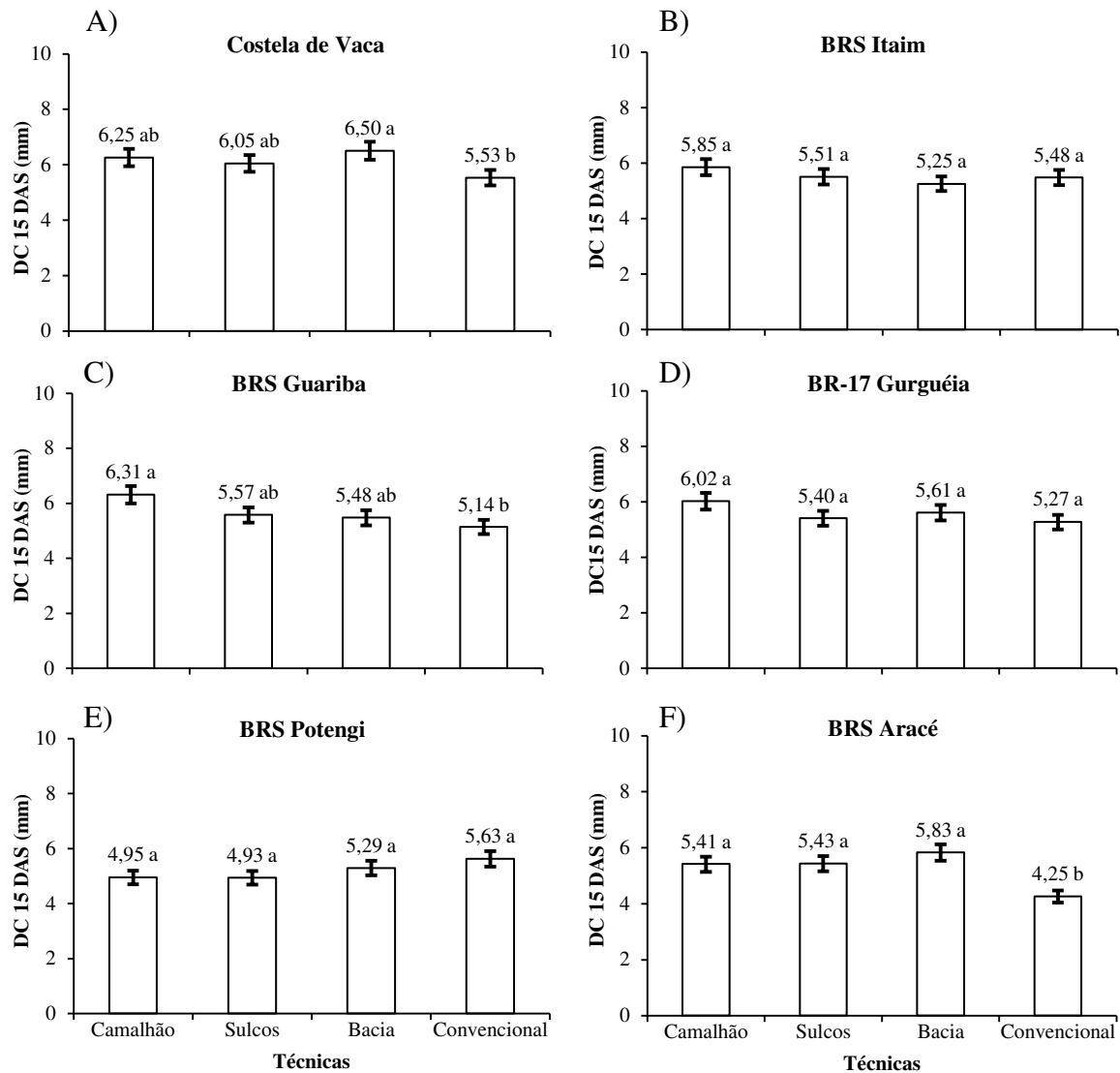


Figura 9. Diâmetro do caule (DC) aos 15 dias após semeadura (DAS) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água, Pombal, PB, 2014.

O maior diâmetro de caule no feijoeiro pode significar maior quantidade de reservas na planta, possibilitando maior potencial de produção. Dessa forma, plantas de feijão Caupi BRS Guariba quando cultivadas em camalhõese o Costela de Vaca cultivados em bacias, se sobressaíram em relação aos demais genótipos, fato que pode estar relacionado ao seu potencial genético, sendo uma opção na condição de cultivo, já que nos camalhões havia um maior volume de solo revolvido, favorecendo o crescimento do sistema radicular e, em consequência um melhor desenvolvimento do caule das plantas.

Aos 30 DAS, não ocorreu efeito da interação quanto ao diâmetro do caule das plantas de feijão Caupi, assim como não houve diferenças entre os genótipos, porém, percebeu-se influência das técnicas sobre essa variável (Tabela 4). O uso das técnicas de captação de água provocou variação no DC de 8,37 a 7,31 mm, com destaque para a técnica de camalhão que proporcionou melhor resultado e o plantio convencional no qual se obteve o menor valor, mesmo não diferindo do cultivo em sulcos e convencional de plantio, ocorreu variação de 14,5% no diâmetro do caule (Figura 8). Tais resultados foram superiores aos obtidos por Andrade *et al.* (2012) ao estudarem o crescimento do feijão Caupi submetido a inoculação com rizóbio e irrigação com água salina, mesmo quando os autores aplicaram água de boa qualidade. Embora o feijoeiro apresente sensibilidade ao uso de água salina, o cultivo em Camalhão, deve ter sido beneficiado, devido à maior quantidade de solo revolvida disponível a planta, em relação às demais técnicas, o que facilitou o desenvolvimento do sistema radicular.

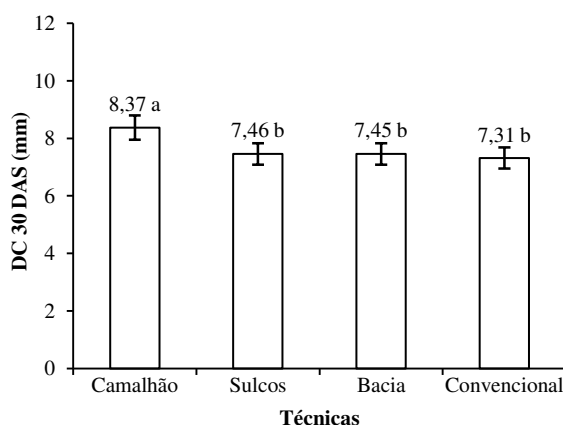


Figura 10. Diâmetro do caule (DC) aos 30 dias após semeadura (DAS) de plantas de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água, Pombal, PB, 2014.

A taxa de crescimento relativo nota-se que os maiores valores médios foram obtidos nas plantas cultivadas em camalhão ($0,0245 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e os menores foram encontrados em cultivos com bacias, onde registrou-se uma diferença de 35% na taxa de crescimento entre essas técnicas (Figura 9A). Entre os genótipos de feijão analisados, vê-se que os genótipos de feijão Caupi apresentaram taxas de crescimento superiores à registrada pela cultivar testemunha (Costela de Vaca), fato que pode estar relacionado com a qualidade genéticas dos genótipos de *Vigna* e sua adaptabilidade as condições do semiárido (Figura 9B). A cultivar de feijão com melhor taxa de crescimento foi a ‘BR-17 Gurguéia’ com valor de ($0,0248 \text{ mm mm}^{-1}$

¹ dia⁻¹), verificando-se incrementos de 38 e 28% quando relacionado aos valores obtidos pelas cultivares de feijão ‘Costela de Vaca’ e ‘BRS Guariba’, respectivamente (Figura 9B).

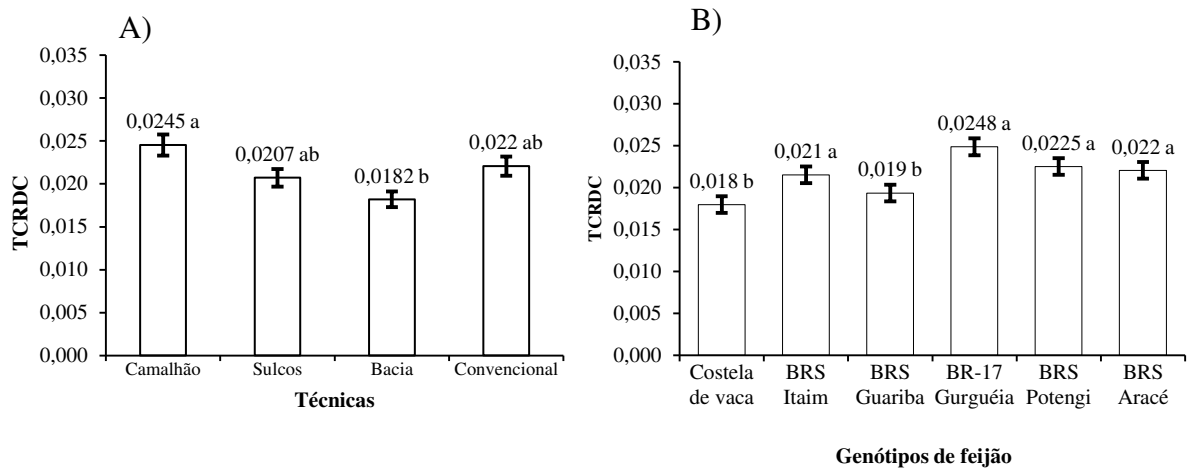
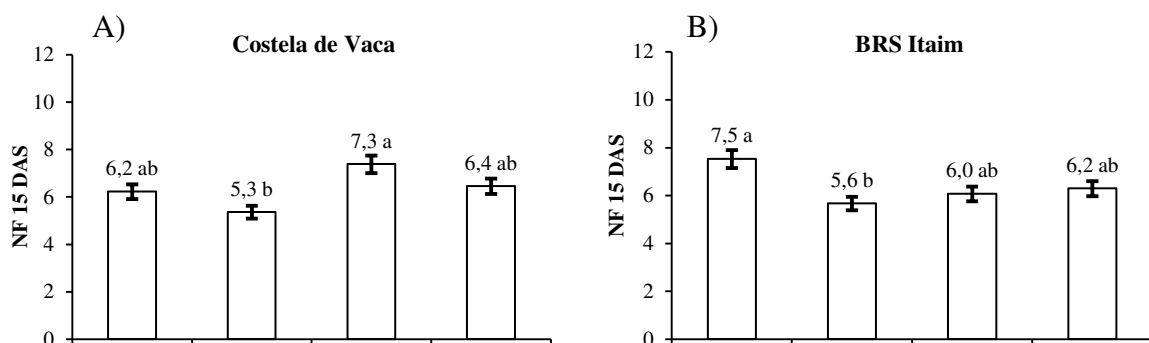


Figura 11. Taxa de crescimento relativo dodiâmetro de caule (TCRDC) em cada técnica de captação de água (A) e para cada genótipo de feijão (B) avaliada no período de 15 a 30 DAS, Pombal, PB, 2014.

Quanto ao número de folhas aos 15 DAS (NF) (Figura 10) pôde-se identificar para a interação técnica x genótipo, efeito significativo, sendo as maiores médias observadas nos genótipos ‘BRS Itaim’, ‘BRS Guariba’, ‘BR-17 Gurguéia’ e ‘BRS Potengi’ quando cultivadas no sistema de camalhão. Já as plantas de feijão Caupi com menor número de folhas foram dos genótipos ‘BRS Potengi’ e ‘BRS Aracé’ quando cultivados em bacias e em sistema convencional, respectivamente (Figura 10E e F). Nesse sentido, verifica-se que o cultivo em camalhão proporcionou melhor condição de crescimento, sendo esse comportamento ocorrido no diâmetro de caule, fato justificado anteriormente. Ressalte-se que o maior número de folhas pode significar maior área foliar para realização de fotossíntese, o que contribui para o aumento de fotoassimilados, fato importante na fase inicial de crescimento da planta, quando esta em plena expansão vegetativa.



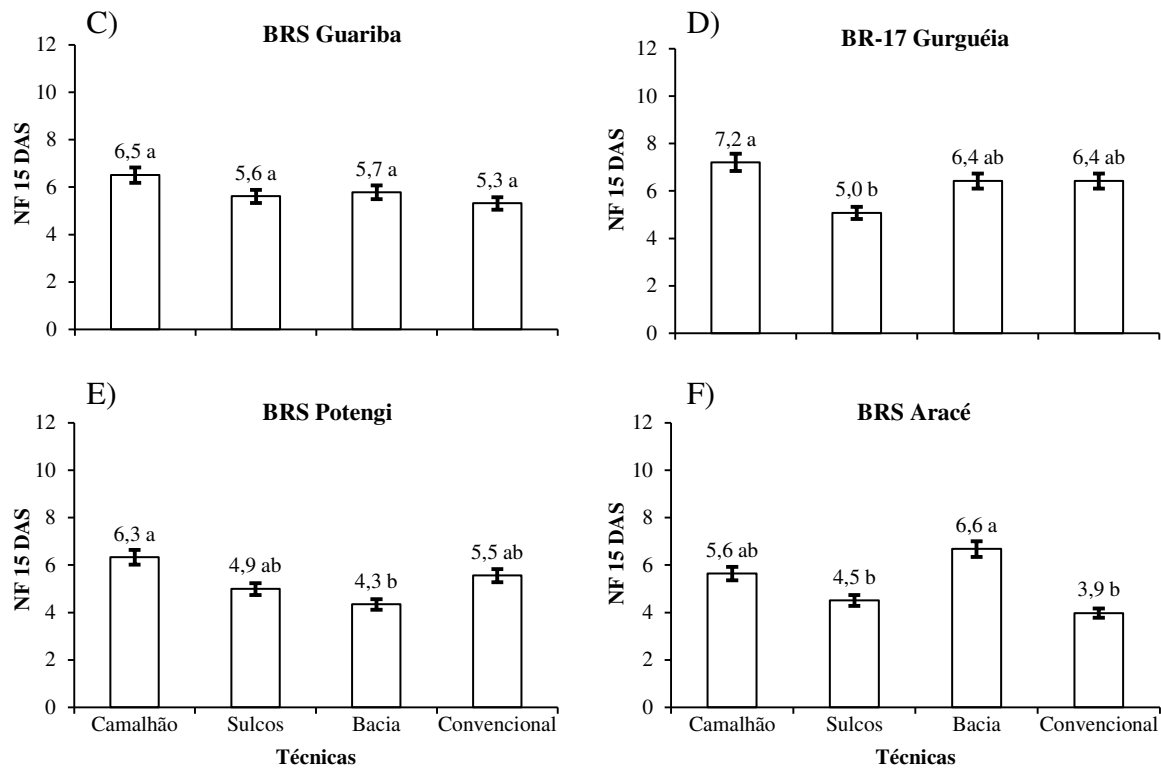


Figura12. Número de folhasaos 15 dias após semeadura (DAS) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água, Pombal, PB, 2014.

Para o número de folhas das plantas de feijoeiro analisadas aos 30 DAS, constata-se que a técnica de camalhão se sobressaiu em relação às demais técnicas, possibilitando incrementos no índice de área foliar das plantas de feijoeiro, em relação ao sistema convencional de plantio, porém não diferindo das outras técnicas como a exemplo dos Sulcos e Bacias. As plantas cultivadas em camalhão apresentaram diferenças de 38 e 27% em relação às nos sistemas de Bacia e Sulcos, respectivamente, onde os valores encontrados oscilaram de 24,17 a 33,44 folhas por planta (Figura 11A). Entre as cultivares estudadas, vê-se na ‘BRS Itaim’ e na ‘Costela de Vaca’ os maiores números de folhas, enquanto as menores quantidades de folhas foram verificadas nos genótipos ‘BRS Guariba’ e ‘BRS Potengi’ (Figura 11B). Esta característica pode ser individual de cada genótipo, ou seja, alguns genótipos possuem menor porte vegetativo, o que pode ser uma vantagem, pois se pode pensar em aumentar a densidade de plantio e obter maior rendimento.

Nascimento *et al.*(2004) ao estudar lâminas de irrigação, embora com uma cultivar diferente das utilizadas nesta pesquisa, obteve resultados superiores com a cultivar CV. IPA 206 sob uma lâmina bruta de água de 360mm ao longo do ciclo. Já na pesquisa realizada com

o uso dos genótipos em estudo, os maiores valores foram encontrados aos 43 DAS, o que pode se atribuído a característica genética do material ou as condições expostas do cultivo. Destacando-se desta forma como um fator indicador de viabilidade do cultivo de feijão Caupi na região semiárida, tendo em vista seu potencial de crescimento, fato, contudo, mais evidente nas plantas de ‘BRS Itaim’, ‘BR-17 Gurguéia’ e ‘Costela de Vaca’.

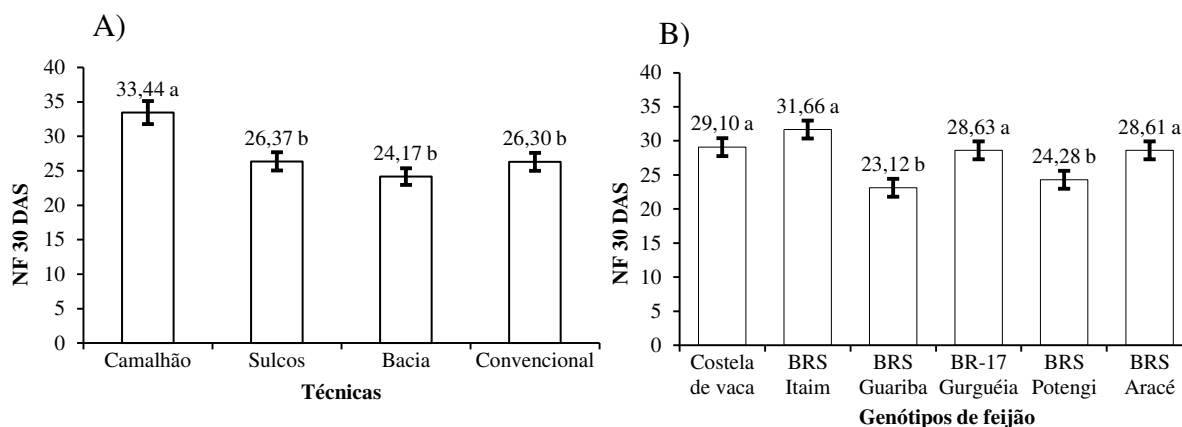
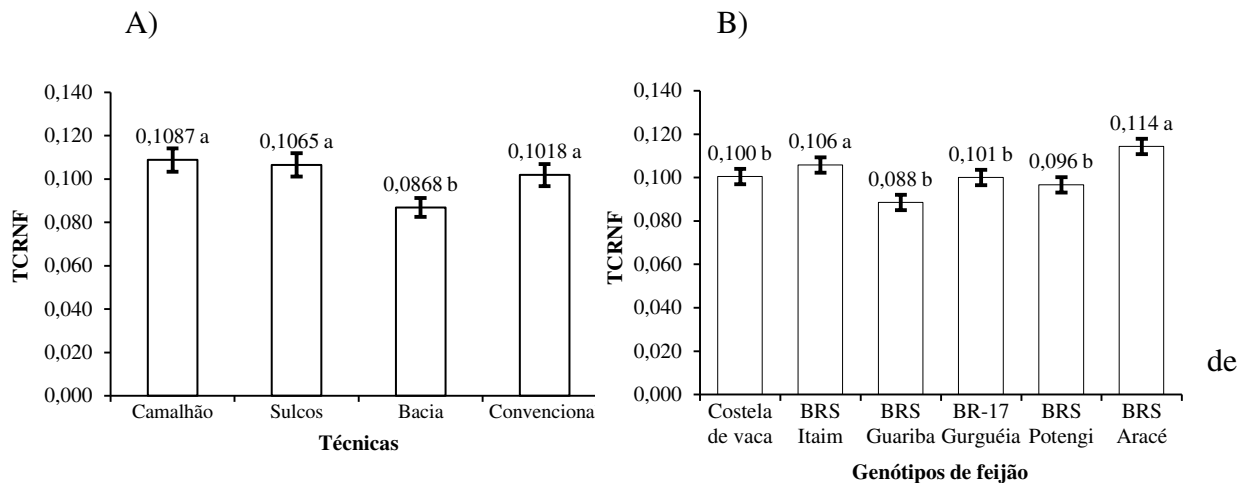


Figura 13. Número de folhas aos 30 DAS em cada técnica de captação de água (A) e para cada genótipo de feijão (B), Pombal, PB, 2014.

Na taxa de crescimento relativo do número de folhas (TCRNF) nos sistemas de captação de água, que correlaciona o crescimento em função da matéria pré-existente, evidenciaram-se maiores taxas no camalhão e sulcos e menores taxas nas plantas cultivadas em bacia, constatando-se diferença de 25% entre essa técnica e o cultivo em camalhão (Figura 12A). Destaque-se, ainda, variação pequena entre as taxas de crescimento, o que reforça a teoria de que o efeito dos tratamentos ainda não estava evidente aos 30 DAS, assim como observado por Nascimento *et al.* (2004) os quais destacam que o efeito de lâminas de irrigação foi mais evidente nas variáveis de produção do feijão Caupi cv. IPA 206.

Por outro lado, a TCRNF variou entre 0,088 folha folha⁻¹ dia⁻¹ nas plantas de ‘BRS Guariba’ a 0,114 folhas folha⁻¹ dia⁻¹ nas plantas de ‘BRS Aracé’, sendo este o maior valor observado, demonstrando a eficiência de algumas técnicas de cultivo sobre os genótipos utilizados no experimento, o que pode estar relacionado ao um menor crescimento inicial das plantas, (Figura 12B).



6.2.2 Partição de fitomassa seca

Estudando-se as variáveis fitomassa seca de caule (FSC), folhas (FSF) e parte aérea (FSPA), tanto no florescimento, aos 43 DAS, quanto na fase de produção, 54 DAS, nota-se, que as mesmas foram influenciadas pelos fatores em estudo, apresentando diferenças significativas com relação aos genótipos, técnicas e, ainda, efeito da interação (genótipos x técnicas) (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo das análises de variância para as variáveis (FSC), (FSF) e (FSPA), analisadas no período de florescimento (43 DAS) e produção 54 DAS de genótipos de feijão Vigna em função de técnicas de captação de água Pombal, PB, 2013.

| F.V. | G.L | Quadrados Médios | | | | | |
|--------------|-----|------------------|-----------|------------|-------------|-------------|--------------|
| | | Florescimento | | | Produção | | |
| | | FSC | FSF | FSPA | FSC | FSF | FSPA |
| Técnica (T) | 5 | 388,010** | 1840,866* | 3027,876** | 26722,205** | 14558,438** | 78981,785** |
| Genótipo (G) | 3 | 1288,315** | 3805,192* | 5392,264** | 57051,614** | 7768,061** | 103692,600** |
| Int. T x G | 15 | 1175,007** | 1058,532* | 1864,516** | 8299,823** | 2781,140** | 15302,667** |
| Bloco | 3 | 89,294 | 82,124 | 233,249 | 160,143 | 62,948 | 198,363 |
| Resíduo | 69 | 55,762 | 102,193 | 148,141 | 101,968 | 77,943 | 175,765 |
| C,V, (%) | | 13,29 | 17,98 | 10,83 | 8,56 | 10,79 | 6,64 |
| Média | | 56,19 | 56,22 | 112,41 | 117,90 | 81,81 | 199,7192 |

* e ** = Significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente, ns = não significativo a $p \geq 0,05$.

Tais diferenças no crescimento em fitomassa podem ser relacionadas aos hábitos de crescimento dos genótipos estudados, assim como observado por Machado et al. (2008), que identificaram diferenças na arquitetura e crescimento de genótipos de feijão Caupi, o que foi potencializado pelas condições de cultivo, já que houve interação, pois, conforme dados de

Teixeira et al. (2007), embora a genética tenha mais influência nas características de crescimento do feijão Caupi, este também é influenciado pelas características fenotípicas e o ambiente, assim como identificado neste trabalho.

Ao estudar as variáveis na fase de floração e frutificação, verifica-se na fitomassa seca de folhas (Tabela 6), em ambas as épocas de estudo, que as maiores médias foram obtidas no BRS Potengi (5), notadamente quando cultivado em camalhão na floração, com valor de 109,9 g por planta, e em sulcos na produção, com 160,1 g por planta. Já as menores médias foram observadas nas plantas do BRS-Itaim, quando cultivo em sulcos na fase de floração.

Tabela 6: (FSC), (FSF), (FSPA), (g), analisado no período de florescimento 43 DAS e produção 54 DAS, de genótipos de feijão Vigna em função de técnicas de captação de água Pombal, PB, 2013.

| Técnica | Genótipos* | | | | | | Genótipos* | | | | | |
|--------------|---------------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|---------------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | Fitomassa seca de folhas na floração | | | | | | Fitomassa seca de folhas na produção | | | | | |
| Bacia | 58,22aA | 53,78aA | 33,86bB | 51,66bA | 52,26cA | 66,56aA | 44,18aD | 47,43bD | 124,64aA | 81,01bC | 98,05cB | 81,46bC |
| Camalhão | 67,08aB | 33,15bC | 54,30aB | 64,14abB | 109,93aA | 64,79aB | 45,65aD | 54,36bD | 80,86bcC | 109,98aB | 138,23bA | 142,18aA |
| Convencional | 65,34aB | 40,68abC | 64,34aB | 81,74aA | 87,86dA | 60,20aB | 25,63bB | 77,93aA | 70,41cA | 31,28dB | 68,95dA | 69,33bA |
| Sulcos | 38,00bB | 24,08bB | 64,63aA | 50,65bA | 31,58bB | 30,45bB | 44,49aD | 63,06abC | 95,06bB | 55,63cC | 160,08aA | 153,69aA |
| | Fitomassa seca de caule na floração | | | | | | Fitomassa seca de caule na produção | | | | | |
| Bacia | 57,08bA | 29,51bC | 66,79aA | 56,50bA | 45,30bB | 65,83bA | 76,48aC | 72,85bC | 90,54cB | 128,29aA | 91,83dB | 63,86bC |
| Camalhão | 73,83aA | 63,11aB | 61,48aB | 61,03bB | 76,95aA | 60,06bB | 76,81aD | 99,19aC | 253,95aA | 110,30aC | 267,49aA | 208,85aB |
| Convencional | 43,95bC | 40,66bC | 60,38aB | 15,50cD | 46,41bC | 85,34aA | 38,76bC | 72,78bB | 63,43dB | 50,39cC | 116,79cA | 58,01bB |
| Sulcos | 53,88bC | 62,59aB | 40,84bD | 77,45aA | 61,75bB | 42,38cD | 80,94aE | 113,61aD | 144,41bC | 89,16bE | 239,69bA | 221,35aB |
| | Massa seca de parte aérea na floração | | | | | | Massa seca de parte aérea na produção | | | | | |
| Bacia | 115,29bA | 83,29aC | 100,65bB | 108,16abB | 97,56cB | 132,39aA | 120,65aD | 120,28cD | 215,18bA | 209,30aA | 189,88bB | 145,33bC |
| Camalhão | 140,90aB | 96,27aD | 115,78abC | 125,16aC | 186,88aA | 124,85aC | 122,46aE | 153,55abD | 334,81aB | 220,28aC | 405,71aA | 351,03aB |
| Convencional | 109,29bcB | 81,34aC | 124,71aA | 97,24bB | 134,28bA | 145,54aA | 64,39bD | 150,70bB | 133,84cC | 81,66cD | 185,74bA | 127,34bC |
| Sulcos | 91,88cC | 86,66aC | 105,46abB | 128,10aA | 93,33cC | 72,83bC | 125,43aF | 176,68aD | 239,48bC | 144,79bE | 399,76aA | 375,04aB |

Mesma letra minúscula entre técnicas e maiúsculas entre genótipos não diferem conforme teste de Tukey e Scott Knot, respectivamente, à 5% de probabilidade. * Genótipos: 1. Costela de Vaca, 2. BRS Itaim, 3. BRS Guariba, 4. BR-17 Gurguéia, 5. BRS Potengi e 6. BRS Aracé.

Tal comportamento se repete quando se estuda a fitomassa seca de caule, tanto no florescimento quanto na produção (Tabela 6), pois se percebe que o uso do camalhão proporcionou melhores resultados na maioria dos genótipos estudados, sendo que o genótipos mais adequados para esse sistema são o BRS Potengi (5), com valor médio de 76,95g e 267,5 g na floração e produção, respectivamente. Tal resultado pode ser relacionado a um melhor condicionamento do solo, com maior aeração e melhoria nas condições de crescimento das raízes, pois, conforme Cunha et al. (2011a e 2011b), o preparo do solo pode melhorar as

condições físicas e biológicas do solo, permitindo melhores condições de desenvolvimento das plantas.

Quando se estudar a fitomassa da parte aérea (Tabela 6), que na verdade é o somatório das fitomassas anteriores, confirma-se que o cultivo em camalhão possibilita maior ganho de massa, notadamente no genótipo BRS Potengi, com 186,88 g. Ademais, os menores valores de fitomassa foram observados nas plantas do BRS - Itaim na floração quando sob cultivo convencional e do Costela de Vaca também sob este sistema quando avaliado na fase de produção.

Deste modo, pode-se ressaltar que o cultivo em camalhão tende a proporcionar melhores condições para o crescimento das plantas, sendo o BRS-Potengi o material com maior potencial.

6.3 Variáveis fisiológicas

6.3.1 Trocas gasosas na fase vegetativa V4

As variáveis fisiológicas analisadas na fase V4, período de emissão do quarto par de folhas definitivas foram influenciadas, significativamente, pelas técnicas de captação de água a 1% de probabilidade. Por outro lado, no fator genótipos e na interação entre esses dois fatores: técnicas x genótipos, não influenciaram a variável concentração interna de CO₂ (Ci), entretanto as demais características tiveram seu comportamento afetado pelos fatores em estudo tanto até 5% de probabilidade (Tabela 7)

Tabela 7. Resumos da análise de variância para as variáveis fisiológicas, trocas gasosas na fase vegetativa V4 dos genótipos de feijão Caupiem função das técnicas de captação de água *in situ*, Pombal, PB, 2014.

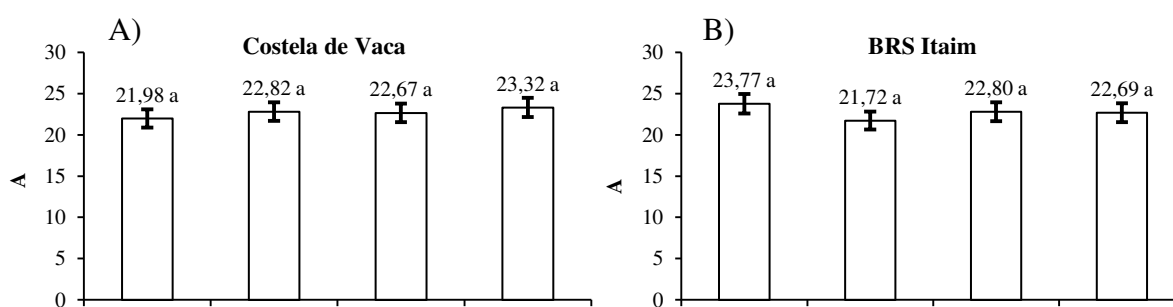
| F.V. | G.L. | Quadrados Médios | | | | | |
|--------------|------|------------------|-----------|---------|---------------------|------------|------------|
| | | A | E | Gs | Ci | EiUA | EiCi |
| Técnica (T) | 3 | 8,314** | 394,381** | 1,514** | 5,661** | 0,002331** | 0,000168** |
| Genótipo (G) | 5 | 4,620** | 167,129** | 1,655** | 1,758 ^{ns} | 0,001205** | 0,000095* |
| Int. T x G | 15 | 1,970* | 33,964* | 0,617** | 1,143 ^{ns} | 0,000420* | 0,000021* |
| Bloco | 3 | 3,193* | 204,699** | 2,035** | 1,554 ^{ns} | 0,001246* | 0,000167** |
| Resíduo | 69 | 0,958 | 42,893 | 0,255 | 0,852 | 0,000331 | 0,000039 |
| C.V.(%) | | 16,63 | 23,76 | 9,13 | 12,06 | 18,02 | 29,38 |
| Média | | 5,887 | 27,560 | 5,539 | 7,651 | 0,100 | 0,021 |

Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (Gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Concentração interna de CO₂ (Ci) ($\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$), Eficiência instantânea no uso da água (EUA) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e eficiência intrínseca da carboxilação (EiCi) $(A/Ci) [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}]$

* e ** = Significativo a $P < 0,05$ e $P < 0,01$ pelo teste F, respectivamente, ns= não significativo a $P < 0,05$.

Estudando-se os aspectos fisiológicos do feijoeiro na fase V4, verificou-se para a fotossíntese (A) (Figura 15), que as maiores médias foram encontradas nas plantas do genótipo ‘BRS Guariba’ seguido da ‘BRS Aracé, ambas cultivadas na técnica de sulcos. Destaque-se, que nestes genótipos todos os valores observados, independente da técnica, foram superiores a $20 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, com excessão do cultivo em camalhão para o genótipo BRS Aracé. Esses valores são considerados bons para plantas C_3 , tendo em vista que os mesmos oscilam entre 10 e $20 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (TAIZ & ZEIGER, 2009), o que significa dizer que as plantas estavam em condições de cultivo adequadas, independente da técnica, embora o camalhão tenha proporcionado menor condição, o cultivo em sulcos destacou-se dos demais, fato justificado devido a essa técnica de cultivo ter apresentado melhor condição de umidade disponível as plantas em tempo e volume, permitindo uma melhor utilização pelas mesmas.

Comprovando tal fato, Ferraz *et al.* (2012), estudando as trocas gasosas de ecótipos de feijão *Phaseolus* no semiárido, verificaram que os valores de fotossíntese ficou entre 7 e $10 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ às 9 horas e 18 e $21 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ às 10 horas. Tais autores relacionam o aumento observado ao aumento na taxa transpiratória no horário de 10 às 11 horas. Neste trabalho todas as variáveis fisiológicas foram coletadas entre 7 e 9 horas da manhã, sendo assim, os valores constatados são superiores aos observados pelos referidos autores, aliado a isso temos o fator genético, pois foi trabalhado genótipos de vigna, cujo os mesmos tem demonstrado melhor performance em relação ao estresse hídrico, quando comparado com os do gênero *Phaseolus*, denotando assim que as condições de cultivo proporcionaram maiores médias.



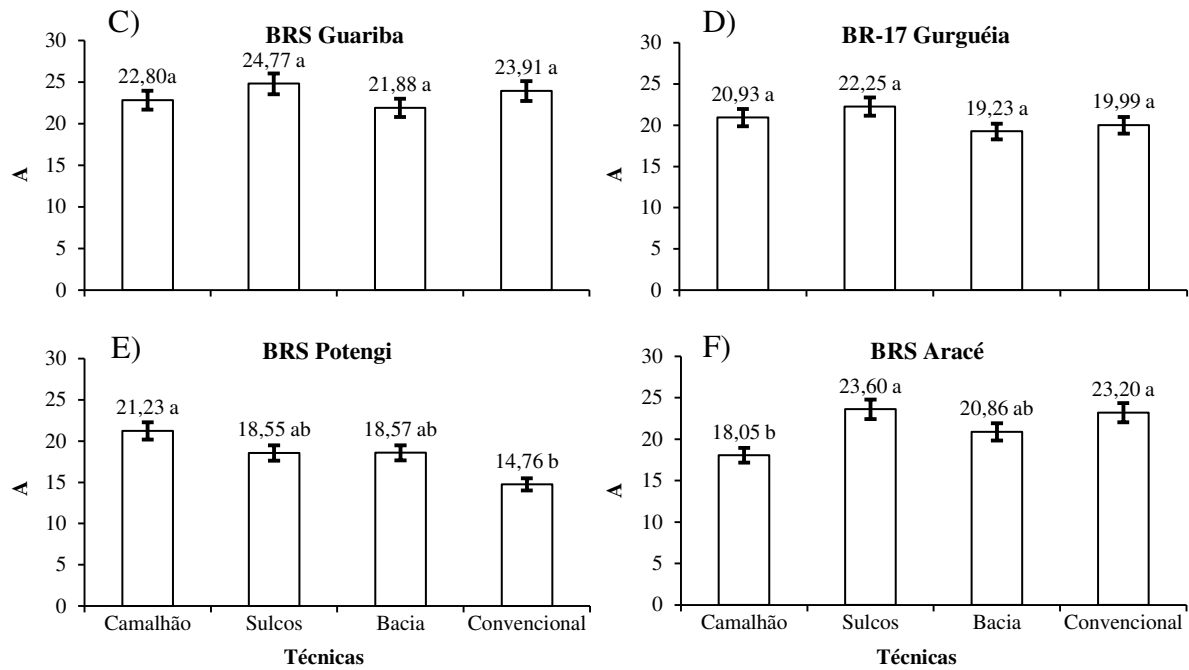
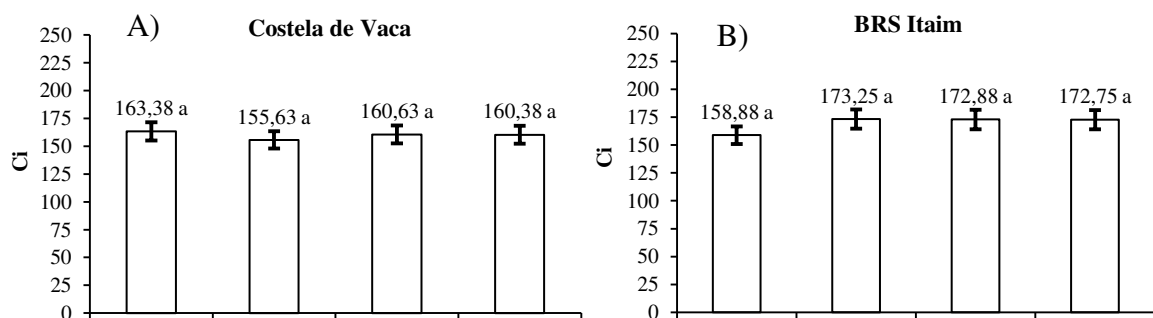


Figura 17. Fotossíntese líquida (A) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014.

Para a concentração interna de CO_2 (Figura 16) não se observou diferença entre as técnicas em cada genótipo estudado, constatando que os valores variaram entre 160 e 200 $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$, sendo valores considerados baixos quando comparados aos citados entre as plantas C_3 , que esta entre 200 e 250 $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$ (TAIZ & ZEIGER, 2009), porém, isto pode ser explicado pela alta atividade fotossintética observada nos genótipos sob as técnicas. Acrescente-se que o maior valor médio foi obtido no ‘BRS Potengi’ (195,63 $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$) cultivado em camalhão e o menor valor no genótipo Costela de Vaca com 55,63 $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}$, cultivado em sulco.



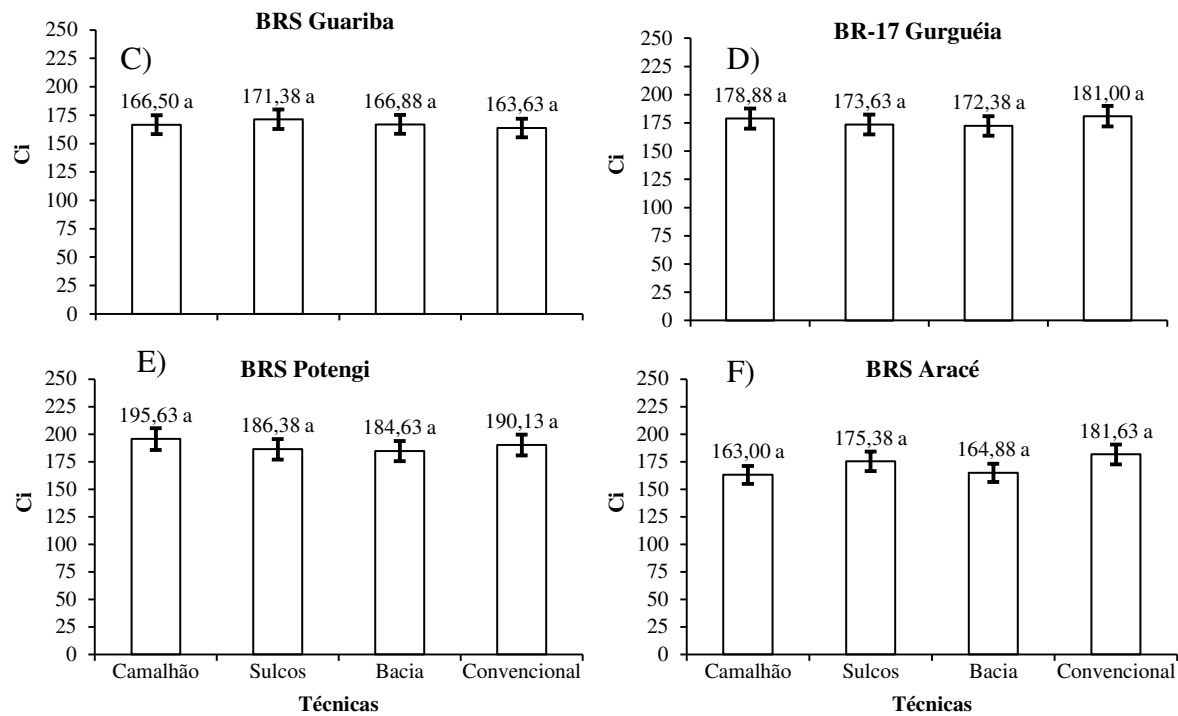


Figura 18. Concentração interna de $\text{CO}_2(C_i)$ para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014.

Valores altos de fotossíntese com baixa concentração de carbono pode significar que as plantas estavam mantendo os estômatos fechados, reduzindo o processo de transpiração e obtendo uma maior eficiência no uso da água. Nesse sentido, ao avaliar-se a transpiração (E) nota-se que houve diferença entre as técnicas apenas no genótipo ‘BRS Potengi’, onde os valores variaram de $4,78 \mu\text{mol de H}_2\text{O mol de CO}_2^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no cultivo convencional para $6,75 \mu\text{mol de H}_2\text{O mol de CO}_2^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ no cultivo em camalhão (Figura 17E). Ademais, as maiores transpirações foram observadas nas plantas de ‘BRS Potengi’, ‘BRS Itaim’ e ‘BR-17 Gurguéia’ quando cultivadas em camalhão, sistema convencional de plantio e no sulco respectivamente. O que significa dizer que apesar de haver uma maior ocorrência na perda de água para absorção de CO_2 , assim, quando se recorda aos dados de fotossíntese, verifica-se que o maior valor foi obtido ‘BRS Guariba’ seguido do ‘BRS Itaim’, permitindo deduzir que as plantas do ‘BRS Potengi’ têm menor eficiência intrínseca no uso da água, já que houve maior transpiração e a fotossíntese não foi a mais alta, porém, isso poderá ser visto posteriormente.

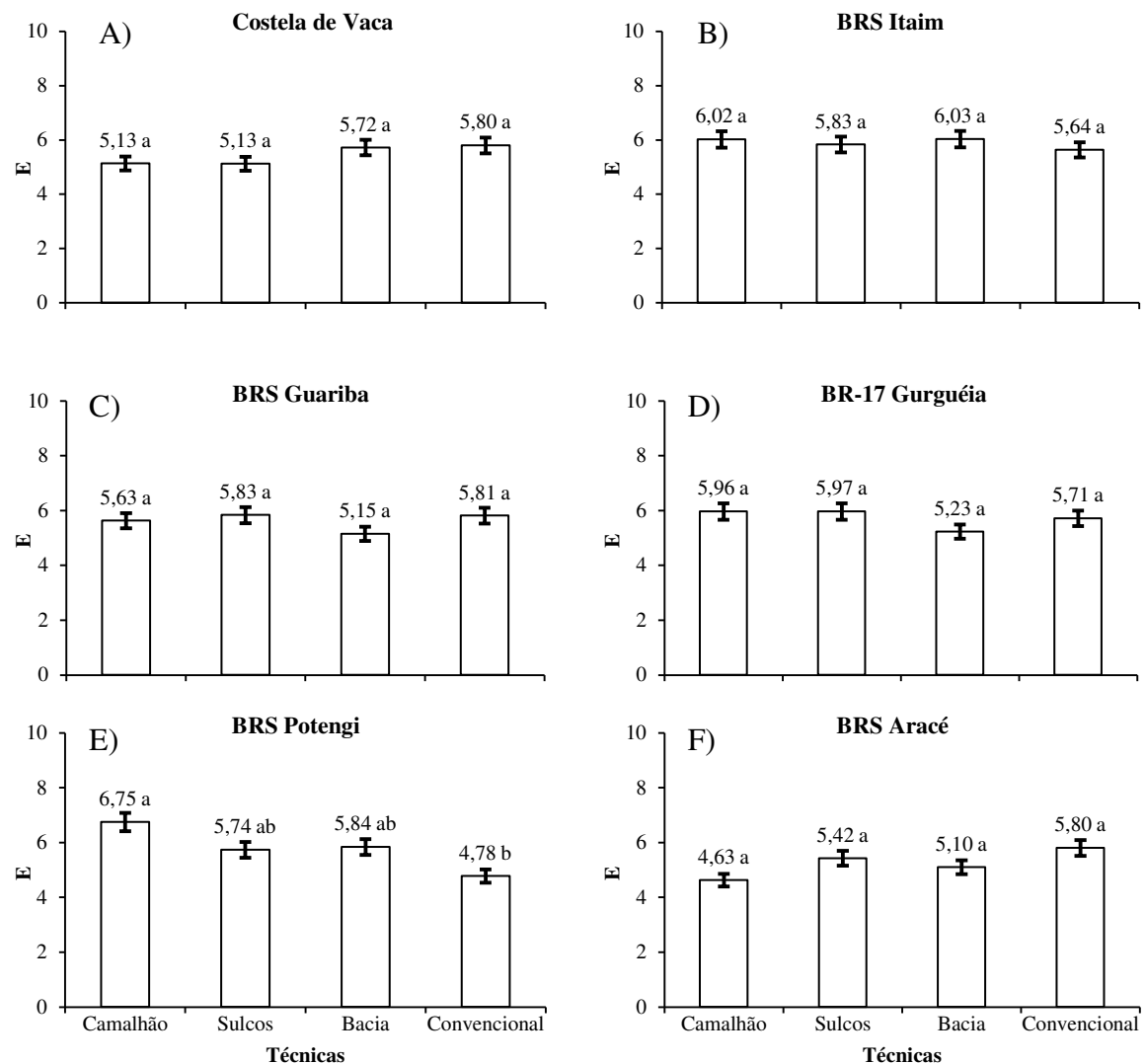


Figura 19. Transpiração (E) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014.

Comportamento semelhante à transpiração deve-se esperar na condutância estomática, a qual reflete o grau de abertura dos estômatos para perda de água e absorção de CO_2 . Nesse sentido, pode-se observar que houve diferenças entre as técnicas aplicadas nas plantas de ‘BRS Potengi’ e ‘BRS Aracé’, verificando-se maior condutância nas plantas cultivadas sob camalhão e sistema convencional, respectivamente, sendo que o menor resultado ocorreu no genótipo ‘BRS Potengi’ em cultivo convencional (Figura 17E e F). Esse resultado é influenciado pela falta ou excesso de água, sendo que a cultura apresenta estômatos bastante responsivos à redução de disponibilidade de água, fechando-se e reduzindo sua condutância estomática, assim como ocorreu na transpiração foliar, permitindo que o potencial hídrico e o teor relativo de água de suas folhas sejam mantidos, ressaltando-se valores elevados e semelhantes à condição de cultivo.

Nota-se que um dos principais mecanismos em face da falta de água é evitar a desidratação, embora isso resulte na diminuição de sua capacidade produtiva, principalmente em estresse prolongado (FILHO *et al.*, 2005). Neste sentido, verifica-se que não houve um estresse efetivo na fase V4, principalmente sob condições de cultivo em camalhão, já que os valores variaram de 0,21 a 0,40 mol de CO₂ m⁻² s⁻¹ nas plantas de ‘BRS Potengi’ sob cultivo convencional e em camalhão, respectivamente (Figura 18E). Oliveira *et al.*,(2005), estudando o comportamento da condutância estomática ao longo do dia sob lâminas de irrigação, obtiveram a maior média de 0,17 mol de CO₂m⁻²s⁻¹ na melhor lâmina de irrigação combinado ao horário de maior condutância das plantas de feijoeiro comum (*Phaseolusvulgaris*), sendo um valor inferior ao obtido neste trabalho, contudo, pode também ser atribuído a diferença genética entre materiais.

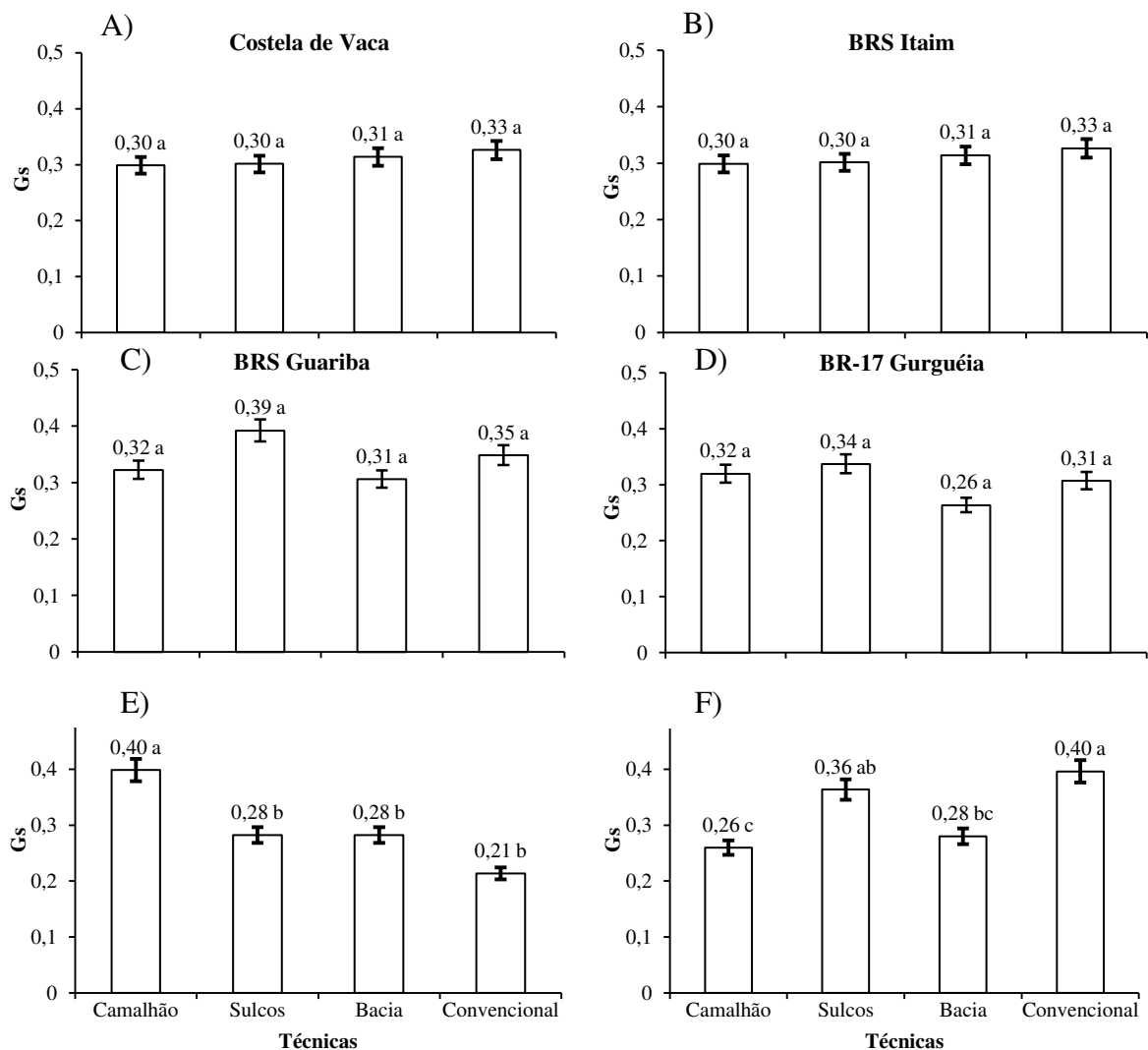
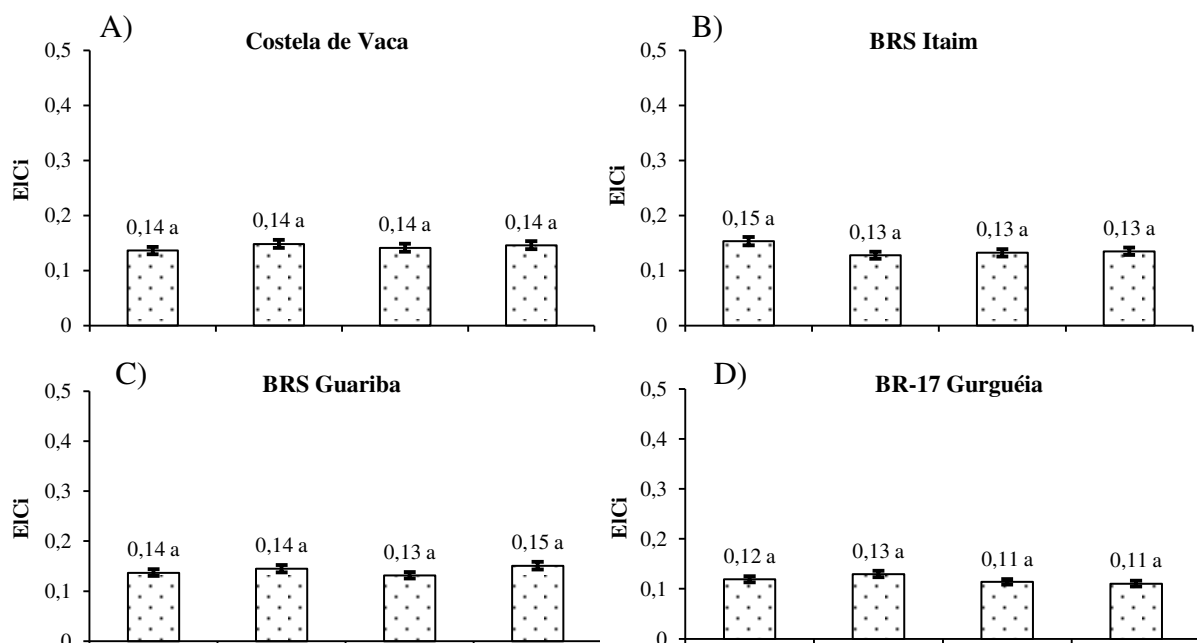


Figura 20. Condutância estomática (g_s) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014.

Para Machado *et al.* (2005), a eficiência intrínseca de carboxilação (EiCi) é a relação entre a concentração intracelular de CO₂ e a fotossíntese líquida. Já para Ferraz *et al.* (2012) é uma variável que possibilita identificar fatores não estomáticos que estão interferindo na fotossíntese. Assim, ao se avaliar a EiCi em cada genótipo de feijão caupi em função das técnicas de captação de água, verifica-se pequena variação nos resultados com menor valor [0,08 (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mmol mol de CO₂⁻¹)⁻¹] observado nas plantas da ‘BRS Potengi’ sob cultivo convencional e o maior valor [0,15 (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mmol mol de CO₂⁻¹)⁻¹] em plantas da ‘BRS Itaim’ sob cultivo em camalhão (Figura 19E e B).

Como os valores observados na concentração interna de CO₂ foram pouco variantes entre os genótipos em função das técnicas, havendo alguns destaques quanto à fotossíntese, a exemplo do ‘BRS Itaim’ sob camalhão, acredita-se que a maior eficiência observada neste genótipo seja relativa ao potencial genético da planta, não havendo limitação na disponibilidade de CO₂ na câmara subestomática.

Os valores observados neste trabalho foram superiores aos observados por Ferraz *et al.* (2012), estudando as trocas gasosas de ecotipos de feijoeiro durante horários do dia nas condições de semiárido, onde observaram valores entre 0,03 e 0,08 (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mmol mol de CO₂⁻¹)⁻¹. Ressalte-se, que o feijão comum não suporta temperaturas elevadas como o feijão Caupi, sendo estas temperaturas comuns na região semiárida, por outro lado, isso também reflete o potencial de crescimento de planas adaptadas e a escolha de uma variedade resistente com potencial de crescimento e produção, como nota-se na ‘BRS Itaim’, ‘Costela de Vaca’ e ‘BRS Guariba’, onde foram registrados os maiores valores de eficiência na carboxilação.



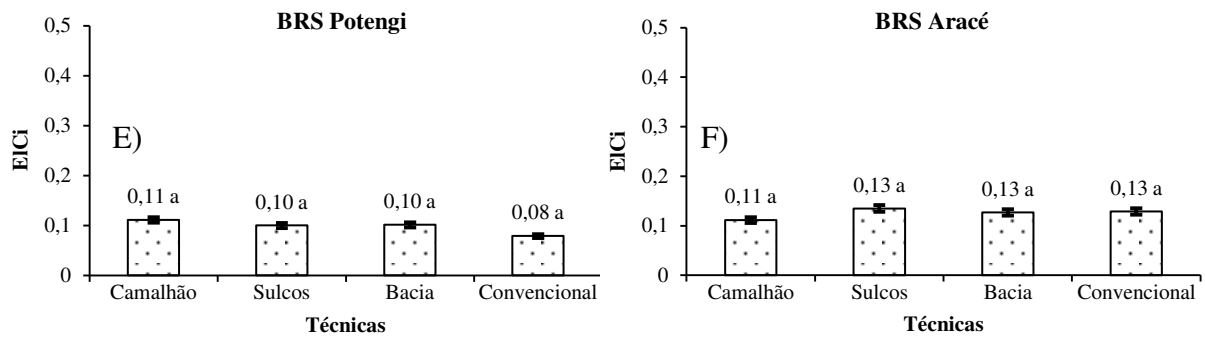
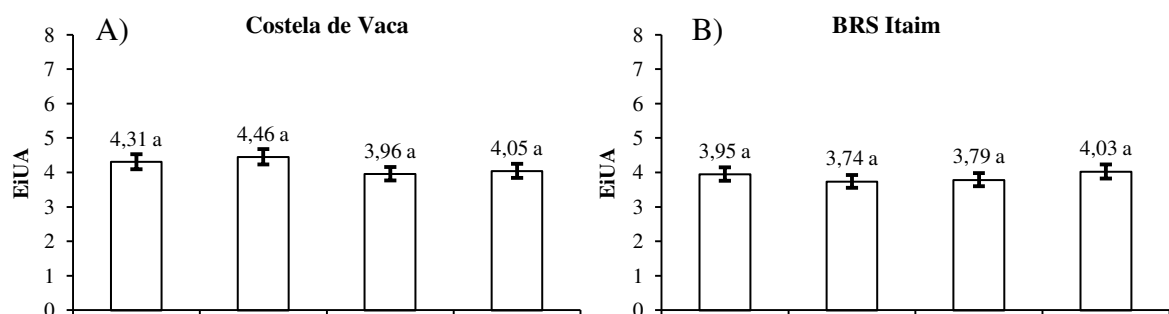


Figura 21. Eficiência intrínseca dacarboxilação (EiCi) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014.

Tendo em vista a limitação hídrica, deve-se pensar, na maioria das situações, em aumentar a eficiência no uso da água, ou seja, produzir mais com menor gasto de água. A EiUA pode ser estudada pela relação entre a fotossíntese líquida e a transpiração (JAIMEZ *et al.*, 2005; SHIMAZAKI *et al.*, 2007). Assim, verifica-se que não houve diferenciação entre as técnicas em cada genótipo, todavia, de maneira geral, os maiores valores foram observados no genótipo ‘BRS Aracé’ quando cultivado em camalhão, com valor de $4,89 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})$ (Figura 20F). Ferraz *et al.* (2012) destacam que não houve diferença significativa entre ecotipos de feijoeiro quanto a eficiência instantânea no uso da água em diferentes horas do dia, reportando valores entre 4 e $5 \mu\text{mol CO}_2 \text{mmol H}_2\text{O}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, similar aos observados neste trabalho nos genótipos ‘Costela de Vaca’, ‘BRS Guariba’ e ‘BRS Aracé’ na maioria das técnicas (Figura 20A, C e F).

Os menores valores de eficiência no uso da água são observados nas plantas de ‘BRS Potengi’, ocorrendo variação de $3,03$ a $3,21 \mu\text{mol CO}_2 \text{mmol H}_2\text{O}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 20E). Salienta-se que embora seja necessário, para uma conclusão definitiva, observar os dados de produção e consumo de água, pode-se dizer que nas condições de semiárido estes genótipos são menos indicados por consumir muita água para produzir mais carboidratos.



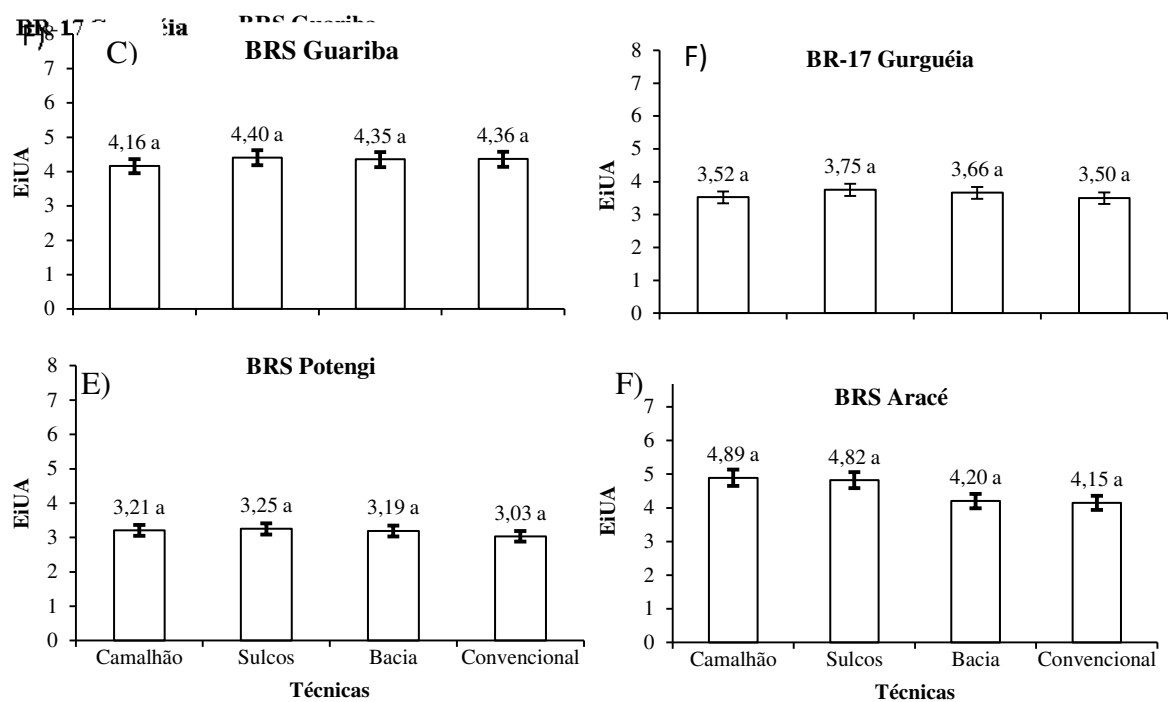


Figura 22. Eficiência intrínseca no uso da água (EiUA) dos genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 34 DAS, correspondente a fase V4, Pombal, PB, 2014.

6.3.2 Trocas gasosas na fase produtiva R2

Na avaliação das trocas gasosas na fase produtiva R2, período este caracterizado pela emissão das vagem do feijoeiro aos 45 DAS, ouseja, início produção percebe-se que as técnicas de captação de água não influenciaram em nenhuma das variáveis fisiológicas ($p \geq 0,05$); por outro lado, nota-se efeito significativo dos genótipos de feijão para todas as variáveis analisadas ($p \leq 0,01$). Já com relação à interação entre os fatores, apenas a transpiração (E) e eficiência instatânea do uso da água não obteve efeito significativo (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas trocas gasosas na fase vegetativa R2 em função das técnicas de captação de água *in situ*, Pombal, PB, 2014.

| F.V. | G.L. | Quadrados Médios | | | | | |
|--------------|------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | A | E | Gs | Ci | EiUA | EiCi |
| Técnica (T) | 3 | 28,539 ^{ns} | 0,2791 ^{ns} | 0,00341 ^{ns} | 1044,52 ^{ns} | 1,381 ^{ns} | 0,00224 ^{ns} |
| Genótipo (G) | 5 | 141,924 ^{**} | 7,4849 ^{**} | 0,06221 ^{**} | 2079,85 ^{**} | 5,901 ^{**} | 0,00352 ^{**} |
| Int. T x G | 15 | 64,268 ^{**} | 1,9827 ^{ns} | 0,01167 ^{**} | 1569,27 ^{**} | 0,824 ^{ns} | 0,00344 ^{**} |
| Bloco | 3 | 154,835 ^{**} | 2,240 ^{ns} | 0,0120 [*] | 1571,69 ^{ns} | 19,755 ^{**} | 0,00777 ^{**} |
| Resíduo | 69 | 16,193 | 1,2325 | 0,00422 | 601,81 | 0,693 | 0,000965 |
| C.V.(%) | | 22,43 | 24,16 | 28,49 | 14,69 | 21,01 | 27,66 |
| Média | | 17,942 | 24,595 | 0,228 | 167,00 | 3,964 | 0,1123 |

Fotossíntese (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (Gs) ($\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Concentração interna de CO_2 (Ci) ($\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$), Eficiência instantânea no uso da água (EUA) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e eficiência intrínseca da carboxilação (EiCi) $(A/Ci) [(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2})^{-1}]$.

* e ** = Significativo a $P < 0,05$ e $P < 0,01$ pelo teste F, respectivamente, ns= não significativo a $P < 0,05$.

Analisando-se os parâmetros fisiológicos nos genótipos de feijão Caupi na fase R2, nota-se que a concentração interna de CO_2 (Ci) apresentou diferença significativa entre as técnicas de cultivo apenas nos genótipos ‘BRS Itaim’ (Figura 21B) e ‘BRS Potengi’ (Figura 21E), com maiores taxas de Ci de 210,75 e 221,25 $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$ obtidas com as técnicas de sulcos e bacia, respectivamente. Por outro lado, não se constatou diferença entre as técnicas para os demais genótipos, mas foi observada oscilação da taxa de Ci em 196 $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$, no cultivo de feijão Caupi ‘BRS Aracé’ em camalhão a 142 $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$ com o ‘Costela de Vaca’ em cultivo convencional (Figura 21A). Estes valores são considerados baixos quando comparados aos observados em plantas C_3 , que normalmente apresentam taxas de Ci entre 200 e 250 $\text{mmol de CO}_2 \text{ m}^{-2}$ (TAIZ & ZEIGER, 2009). Diante disso verifica-se que o cultivo em solos com baixa permeabilidade e ligeira compactação, além de dispor de uma pequena camada arável, prejudica a absorção de água e nutrientes pelas plantas de feijão, assim diminui a sua capacidade de conversão em massa. Segundo Klein (2008), a densidade do solo é uma das primeiras propriedades a ser alterada pelos diferentes usos. Essas alterações afetam propriedades físico-hídricas importantes, como a porosidade de aeração, a retenção de água no solo, a disponibilidade de água as plantas e a resistência do solo a penetração.

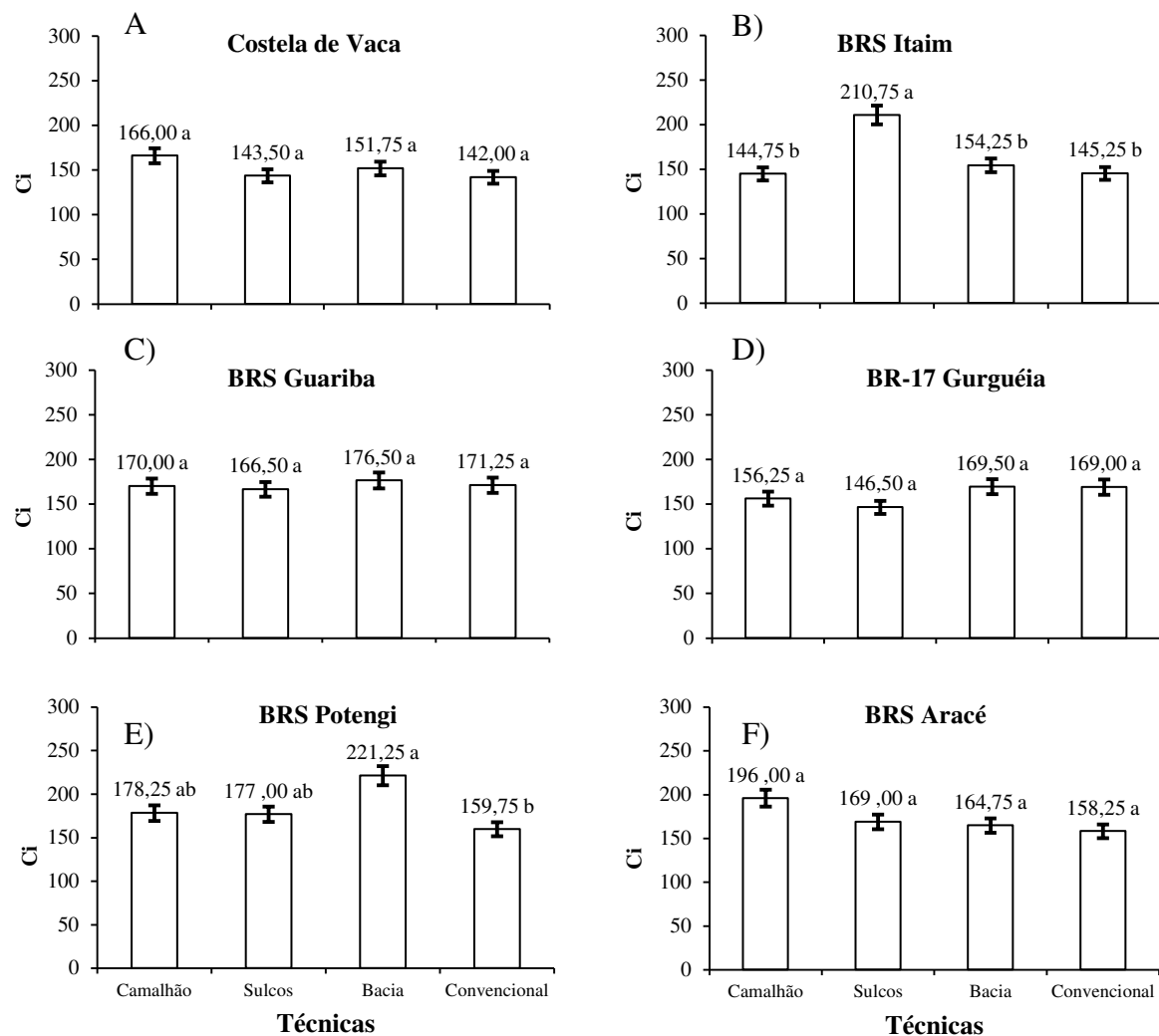


Figura 23. Concentração Interna de CO₂ (Ci) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014.

As técnicas de conservação de água no solo não causaram efeito significativo na transpiração (E) das cultivares de feijão, avaliadas exceto para o genótipo ‘BRS Aracé’, onde se constatou diferença entre o uso das técnicas, com maiores taxas de transpiração ($5,22 \mu\text{mol de H}_2\text{O mol de CO}_2^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) obtidas no cultivo com bacia, verificando acréscimo de 49% em relação aos valores encontrados com o uso de camalhão (Figura 22F). Nas demais cultivares de feijão Caupi, apesar de não haver diferença entre as técnicas, nota-se maiores valores de E na ‘BRS Guariba’, ‘BR-17 Gurguéia’ e ‘BRS Potengi’. Fato que indica a permanência dos estômatos abertos mesmo nas técnicas com menor conservação de água no solo, conferindo à tolerância de plantas de feijão Caupi a déficit hídrico.

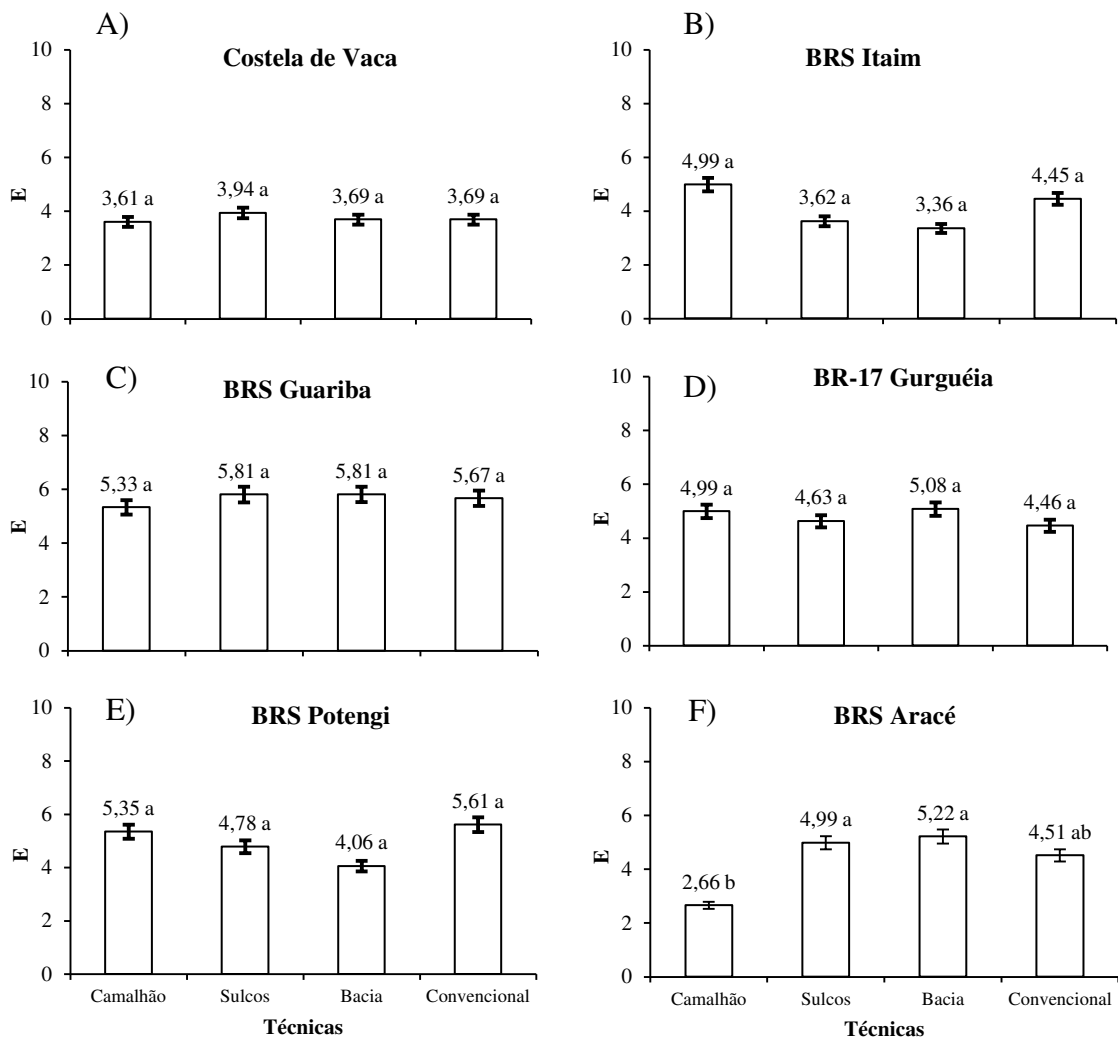


Figura 24. Transpiração (E) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014.

Em relação à condutância estomática (gs), verifica-se que as cultivares ‘BRS Itaim’, ‘BRS Potengi’ e ‘BRS Aracé’ apresentaram diferença entre o uso das técnicas de captação de água, obtendo maiores valores de "gs" nas técnicas de camalhão, convencional e sulcos, respectivamente, verificando-se incrementos na ordem de 48, 52 e 60% comparado aos menores valores encontrados nas técnicas de bacia e camanhão (Figura 23B, E e F). Entretanto, a cultivar ‘BRS Guariba’ expressou as maiores taxas de gs com variação de 0,32 mol m⁻² s⁻¹ no cultivo convencional a 0,37 mol m⁻² s⁻¹ em cultivo em sulcos (Figura 23C). Ressalte-se, que o monitoramento da atividade estomática é fundamental para o entendimento dos processos fisiológicos, sendo este o principal meio de trocas gasosas entre a atmosfera e o interior celular. Os resultados obtidos são bons, tendo em vista que o uso de técnicas de cultivo é uma ferramenta tecnológica importante para obtenção de incrementos na produção

agrícola. Sendo o entendimento da relação cultura x ambiente, de extrema importância para o produtor rural, pois definira as ações de manejo que devem ser tomadas na condução da lavoura.

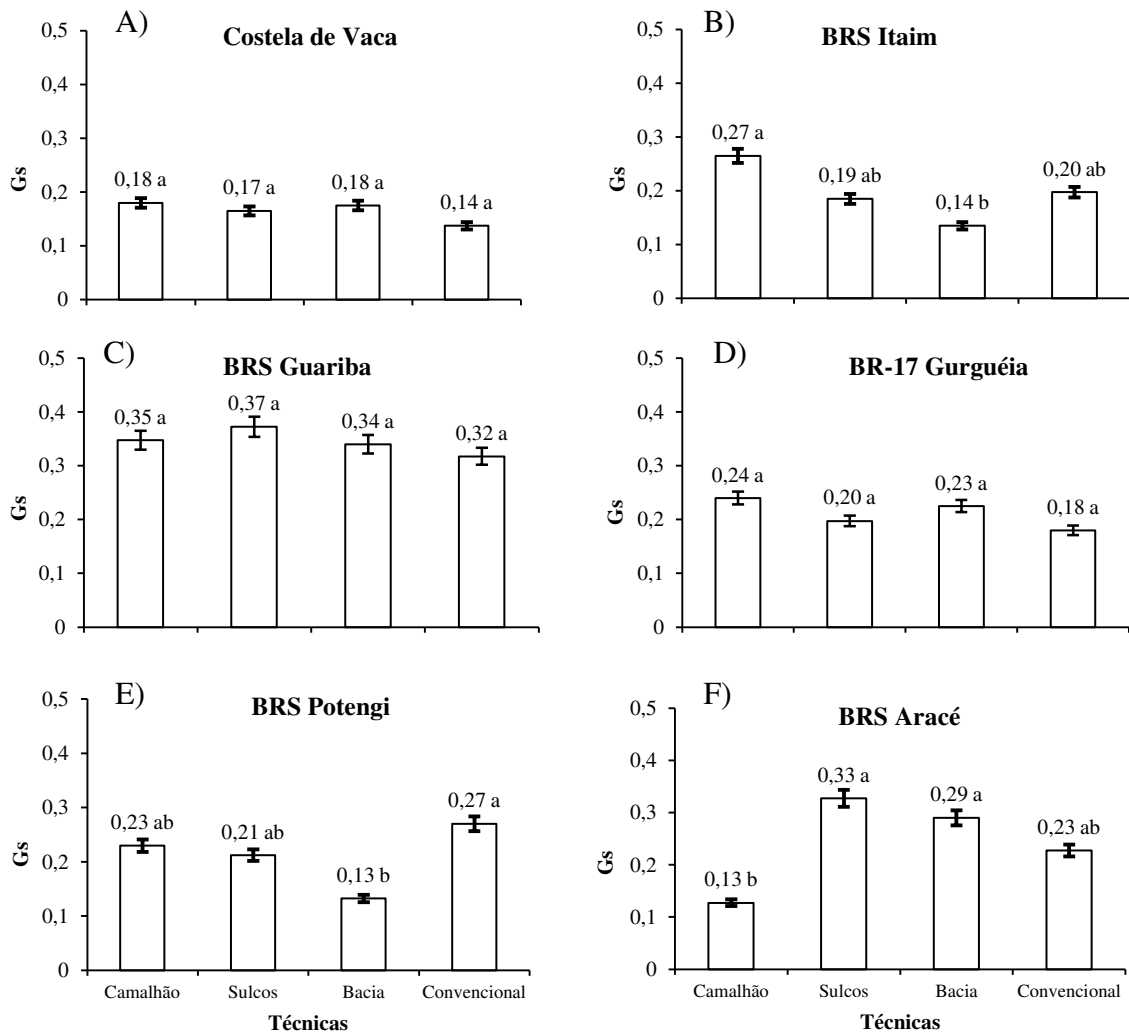


Figura 25. Condutância estomática (gs) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014.

A fotossíntese líquida (A) possui relação direta com a condutância estomática, de modo que o aumento na atividade de uma é provocado pelo aumento proporcional da outra. Dessa forma, percebe-se que a fotossíntese das cultivares de feijão Caupi apresentou comportamento semelhante na condutância estomática, sendo evidenciado as melhores taxas de A com a cultivar ‘BRS Guariba’, com pouca variação nos valores de $21,83 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ encontrados no cultivo convencional a $25,15 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e no cultivo em sulcos (Figura 24C).

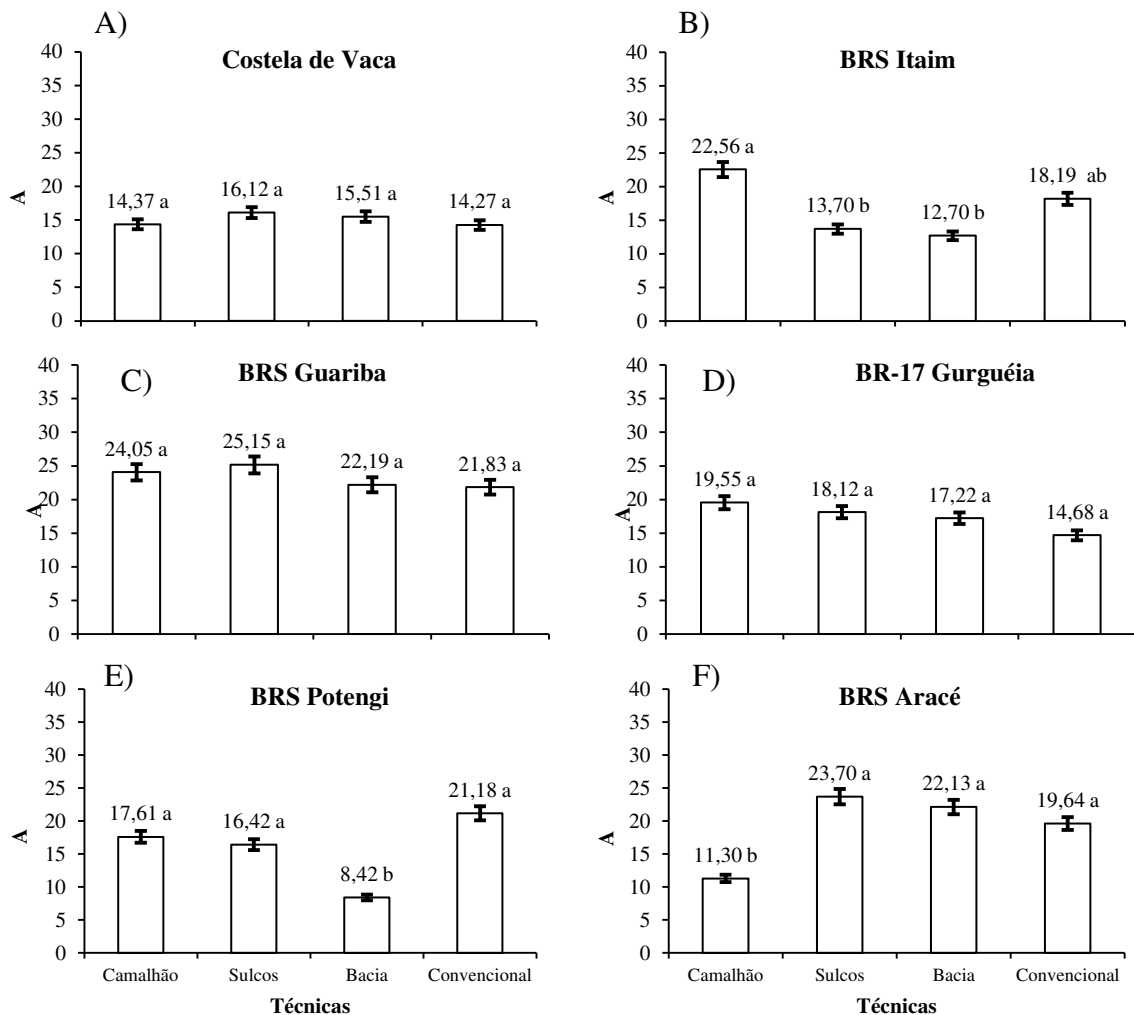


Figura 26. Fotossíntese líquida (A) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014.

Verifica-se a variável eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), que houve diferença significativa entre as técnicas de captação de água para as cultivares de feijão Caupi ‘BRS Itaim’ e ‘BRS Potengi’, evidenciando maior EiUA em cultivo com camalhão ($4,58 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) e convencional ($3,73 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), respectivamente (Figura 25B e E). Nota-se, ainda, que apesar de alguns genótipos não apresentarem diferença entre as técnicas. Para o genótipo ‘BRS Aracé’ obteve os melhores valores de EiUA oscilando entre $4,52$ e $5,36 \text{ mmol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ nos cultivos com bacia e sulcos, respectivamente (Figura 25F).

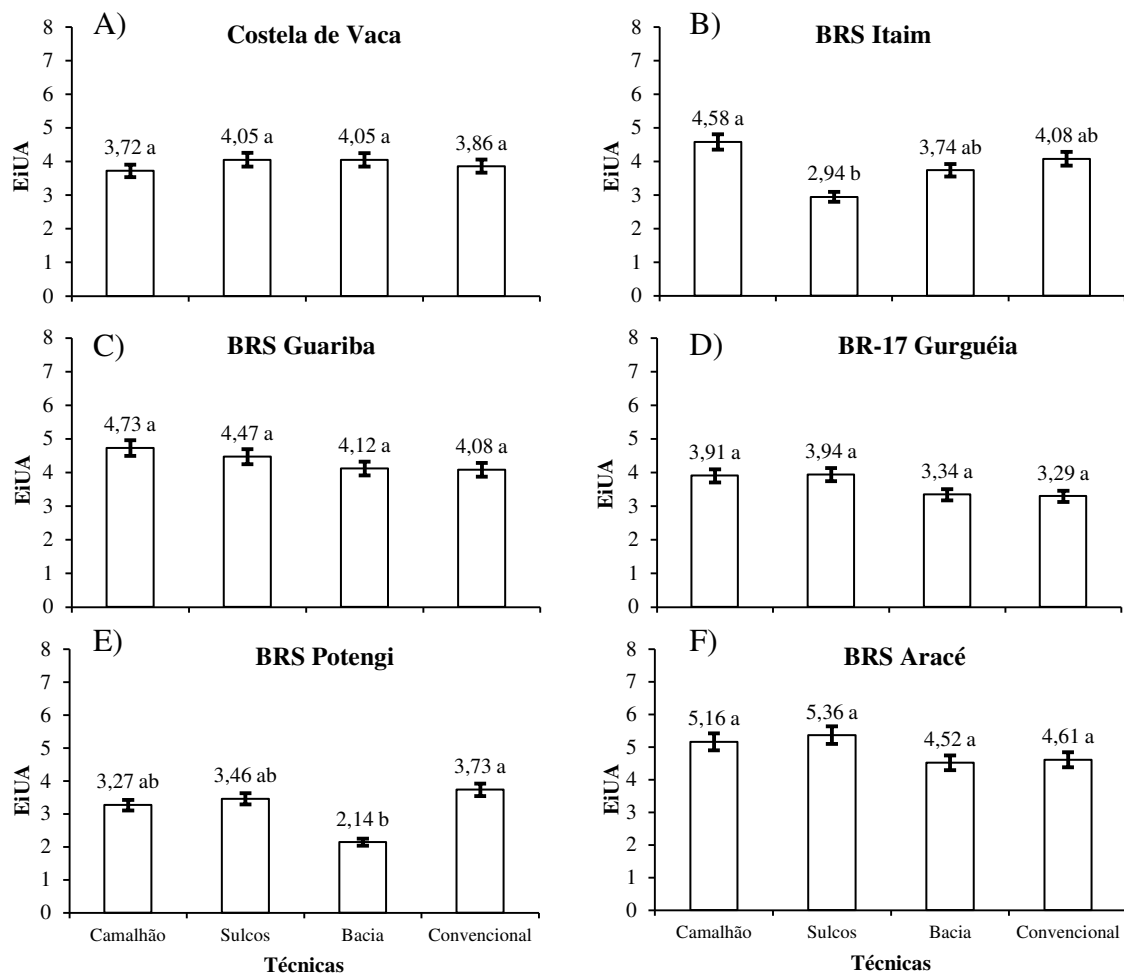


Figura 27. Eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014.

Quanto a eficiência intrínseca de carboxilação (EiCi), percebe-se efeito significativo ao utilizar as técnicas de captação de água no cultivo de feijão Caupi ‘BRS Itaim’, ‘BRS Potengi’ e ‘BRS Aracé’, sendo os maiores valores encontrados com o cultivo das técnicas de camalhão, convencional e sulcos, respectivamente (Figura 26B, E e F). Entre as cultivares analisadas, a ‘BRS Guariba’, mesmo não apresentando diferença entre as técnicas, obteve os maiores valores de EiCi, com taxas que variaram de 0,13 à 0,15 mol m⁻²s⁻¹ nas técnicas de convencional e sulcos (Figura 26C) esses resultados demonstram a boa adaptação dos genótipos a condição de cultivo em região semiárida.

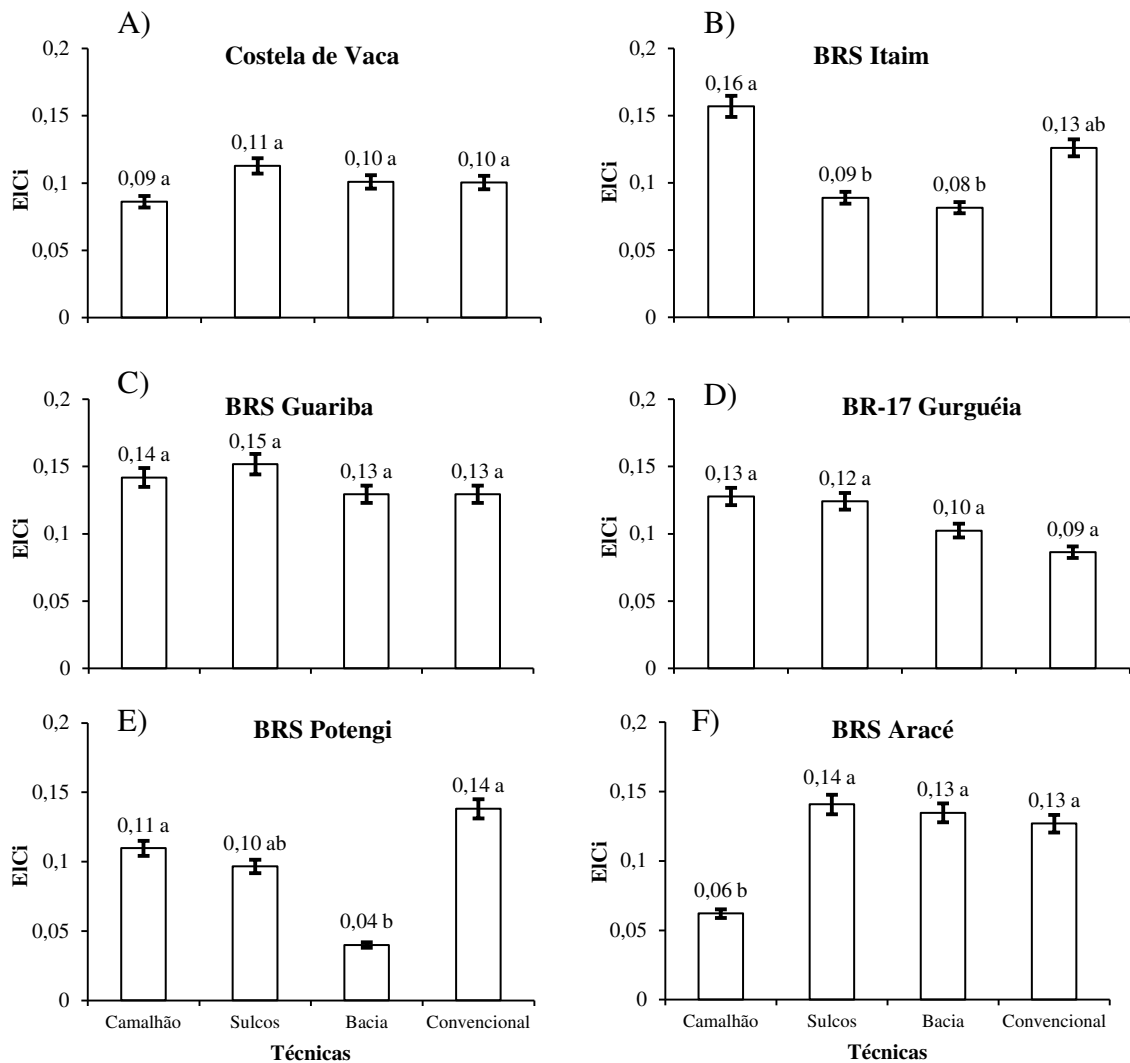


Figura 28. Eficiência intrínseca dacarboxilação(EiCi) para cada genótipo de feijão Caupi em função das técnicas de captação avaliada aos 45 DAS, correspondente a fase R2, Pombal, PB, 2014.

6.4 Variáveis de produção

Os tratamentos técnicas de captação de água *in situ* influenciaram os componentes de produção relativos ao comprimento de vagem (CVG), e a produtividade de grãos verdes (PRODGV) e secos (PRODGS) ($p \leq 0,01$). Por outro lado, entre os genótipos de feijão analisados, ocorreram diferenças significativas no comprimento de vagem (CVG) e no número de grãos por vagem (NGV). Não houve efeito da interação entre os fatores nas variáveis de produção ($p \geq 0,05$) (Tabela 9). No entanto salienta-se que a não ocorrência de diferenças entre genótipos e efeito da interação quanto às produtividades pode esta

relacionada ao alto coeficiente de variação, sendo assim, nestas variáveis, proceder-se-á o desdobramento da interação, a fim de definir onde se tem o maior e o menor rendimento.

Tabela 9. 3 Resumos da análise de variância para as variáveis de produção, comprimento de vagem (CVG) (cm), número de grãos por vagem (NGV), produtividade de grãos verdes (PRODGV) (g planta ha⁻¹) e produtividade de grãos secos (PRODGS) (g planta ha⁻¹) dos genótipos de feijão Caupi, cultivados sob técnicas de captação de água *in situ*, Pombal, PB, 2014.

| F.V. | G.L. | Quadrados Médios | | | |
|--------------|------|----------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | CVG | NGV | PRODGV | PRODGS |
| Técnica (T) | 3 | 12,471 ^{**} | 4,585 ^{ns} | 12952424,674 ^{**} | 8563471,911 ^{**} |
| Genótipo (G) | 5 | 41,573 ^{**} | 14,070 [*] | 1496016,112 ^{ns} | 715305,373 ^{ns} |
| Int. T x G | 15 | 3,928 ^{ns} | 7,241 ^{ns} | 861928,867 ^{ns} | 540815,613 ^{ns} |
| Bloco | 3 | 1,095 ^{ns} | 11,284 ^{ns} | 404575,409 ^{ns} | 275799,225 ^{ns} |
| Resíduo | 69 | 2,609 | 5,00 | 913039,091 | 614099,729 |
| C.V.(%) | | 10,60 | 26,10 | 53,20 | 53,44 |
| Média | | 15,23 | 8,57 | 1.796,084 | 1.466,50 |

* e ** = Significativo a P<0,05 e P< 0,01 pelo teste F, respectivamente, ns= não significativo a P < 0,05.

As maiores vagens de feijão foram encontradas nas plantas cultivadas na técnica de camalhão, apresentando valores em 12% dos resultados obtidos nas plantas cultivadas no método convencional (testemunha), entretanto não diferiram de sulco e bacia (Figura 27A). Esses resultados podem ter relação com o fato da técnica de camalhão, manter a umidade do solo, por maior período de tempo, permanecendo com as raízes hidratadas, o que resulta em melhoria nos componentes de produção vegetal.

Nas cultivares estudadas os maiores comprimentos de vagens (CVG) foram obtidos com a cultivar ‘Costela de Vaca’ (Testemunha), porém ocorreram resultados semelhantes para os genótipos de feijão caupi ‘BRS Guariba’ e ‘BRS Aracé’. Os genótipos com menor comprimento de vagens foram o ‘BRS Itaim’ e ‘BR-17 Gurguéia’, constatando-se reduções nos valores de 26 e 23% ao relacionar com os resultados da Costela de Vaca (Figura 27B). Porém ao associar tais resultados com a cultivar ‘Costela de Vaca’, evidencia-se por sua rusticidade e adaptação às condições ambientais da localidade, que a mesma possui vantagem de cultivo sobre os genótipos de feijão *Vigna*, haja vista sua tolerância ao déficit hídrico. Nesse sentido, a variação ocorrida entre os genótipos pode estar relacionada tanto a adaptabilidade às condições ambientais como a carga genética de cada cultivar.

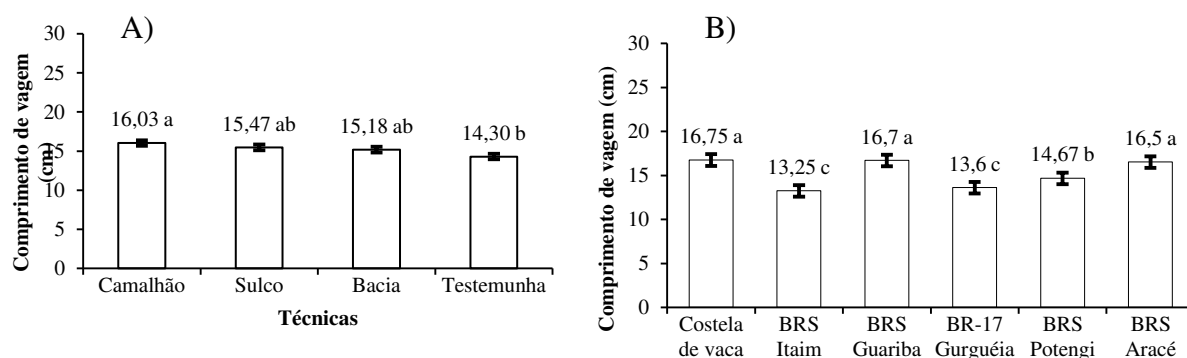


Figura 29. Comprimento de vagem (CVG) (cm) em cada técnica de compactação de água (A) e nos genótipos de feijão Caupi (B), Pombal, PB, 2014.

O número de grãos por vagem é um índice importante a ser mensurado no estudo com o uso de diferentes cultivares, pois está diretamente ligado ao rendimento das plantas. Nesse sentido, quanto maior esse número maior será a produção da planta. Assim, verifica-se que a cultivar testemunha (Costela de Vaca) apresentou maior número de grãos por vagem (9,47), seguindo dos genótipos de feijão Caupi ‘BRS Aracé’ e ‘BR-17 Gurguéia’ com 9,4 e 8,96 grãos em média, respectivamente, possuindo cerca de dois grãos a mais do que os genótipos ‘BRS Itaim’ e ‘BRS Aracé’, nos quais se registrou redução de 28% no número de grãos (Figura 28).

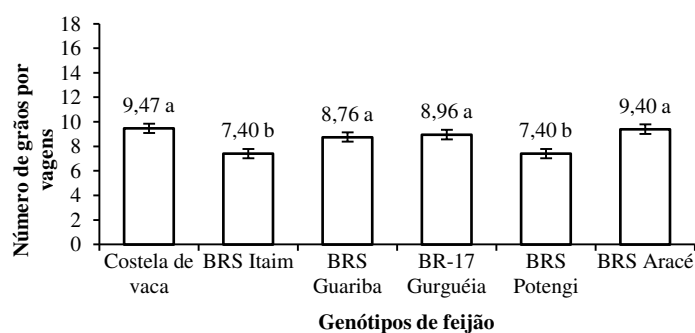


Figura 30. Número de grãos por vagem (NGV) nos genótipos de feijão Caupi estudados, Pombal, PB, 2014.

Quanto à produtividade de grãos verdes, evidência-se que o uso da técnica em camalhão proporcionou o maior rendimento médio, cerca de 2.797,90g planta ha⁻¹ e a técnica de bacia o menor com 1.228,64g planta ha⁻¹, evidenciando-se diferença de 128% entre os valores (Figura 29A). Comportamento semelhante foi verificado na produtividade de grãos secos, onde se constata incremento de 127% na técnica de camalhão ao relacionar com a técnica de bacia (Figura 29B).

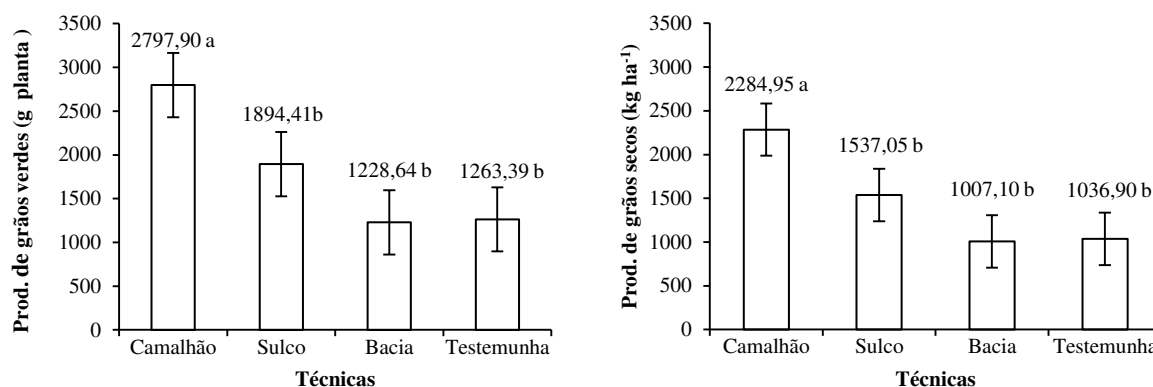


Figura 31. Produtividade de feijãoCaupi em grãos verdes (A) e secos (B) em função de cada técnica de captação de água, Pombal, PB, 2014.

A maior diferença entre os rendimentos de grãos verdes e secos foi de 23,2% encontrada com aplicação da técnica de sulco, seguida de camalhão com 22,4%. Nesses resultados, evidência-se que as técnicas, influenciando o nível de umidade do solo, sendo a produção das plantas de feijão beneficiada, apresentando maior quantidade de água nos grãos verdes, resultando em melhor qualidade do produto. Estudos realizados por Leite *et al.* (2004), avaliando o efeito do estresse hídrico na fase vegetativa, reprodutiva e no crescimento do feijãoCaupi, mostram que houve efeitos negativos sobre o crescimento da cultura, os quais se acentuaram como resposta ao déficit hídrico de maior duração, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva, resultando em progressiva redução da matéria seca total, de folhas, flores e frutos.

Em relação ao desempenho dos genótipos de feijão caupi observa-se a seguinte sequência de desempenho da produção de grãos verdes: Costela de Vaca = BRS Guariba > BRS Itaim = BRS Potengi > BRS Acaré = BRS 17- Gurguéia (Tabela 10).

Tabela 10. Teste de comparação de médias para a produtividade em grãos verdes (g planta ha⁻¹) dos genótipos de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água aos 80° dias após semeadura (DAS). Pombal, PB, 2014.

| Técnicas | Produção de grãos verdes (g planta ha ⁻¹) | | | | | |
|--------------|---|-------------|-------------|----------------|-------------|------------|
| | Genótipos | | | | | |
| | Costela de vaca | BRS Itaim | BRS Guariba | BR-17 Gurguéia | BRS Potengi | BRS Aracé |
| Camalhão | 3465,97 aA | 2788,58 aA | 3090,62 aA | 3027,97 aA | 2688,97aA | 1612,62 aA |
| Sulco | 2415,65 aA | 1662,31 abB | 2432,70 abA | 1203,08 aB | 1667,08 aB | 2354,08 aA |
| Bacia | 1497,99 bA | 725,81 cA | 961,76 bA | 970,05aA | 1527,04 aA | 1398,60 aA |
| Convencional | 1153,49 bA | 1813,52 abA | 1611,44 bA | 1213,48 aA | 1010,46 aA | 1388,26 aA |

Letras iguais, minúsculas entre linhas (técnicas) e maiúsculas entre colunas (genótipos) não possuem diferença significativa conforme teste de Tukey e Scottknot, $p \leq 0,05$.

No entanto se tratando de produção de grãos secos observam-se mudanças no comportamento dos genótipos sendo que a sequência de produção consistiu em Costela de Vaca = BRS Guariba >BRS Itaim>BR-17 Gurguéia BRS Acaré = BRS Potengi (Tabela 11). Ressaltando o potencial das variedades Costela de Vaca e BRS Guariba como estratégia de convivio com o semiárido para pequenos e grandes produtores. Se em função dos demais genótipos a época de colheita dos grãos pode afetar o rendimento da cultura, embora o uso de técnicas de captação de água tenha mostrado diferenças entre elas, as cargas genéticas de cada cultivar exerce influência, nos respectivos rendimentos, como comprovado em outras variáveis apresentadas no transcorrer do trabalho. Destacando-se o plantio em sulcos e camalhão como as técnicas mais indicadas para a região, por proporcionar melhor rendimento nos genótipos de feijão Caupi.

Tabela 11. Teste de comparação de médias para a produtividade em grãos secos (g planta ha⁻¹) dos genótipos de feijão Caupi em função das técnicas de captação de água aos 80º dias após semeadura (DAS). Pombal, PB, 2014.

| Técnicas | Produção de grãos secos (g planta ha ⁻¹) | | | | | |
|--------------|--|-------------|-------------|----------------|-------------|------------|
| | Genótipos | | | | | |
| | Costela de vaca | BRS Itaim | BRS Guariba | BR-17 Gurguéia | BRS Potengi | BRS Aracé |
| Camalhão | 2671,22 aA | 2303,79 aA | 2513,05 aA | 2641,93 aA | 2177,34 aA | 1333,07 aA |
| Sulco | 1861,75 abA | 1373,32 abA | 1978,09 abA | 1049,70 aA | 1349,89 aA | 1946,00 aA |
| Bacia | 1154,50 cA | 599,63 cA | 782,03 bA | 846,38 aA | 1236,49 aA | 1156,15 aA |
| Convencional | 888,99 bcA | 1498,24 abA | 1310,30 bA | 1058,77 aA | 818,20 aA | 1147,60 aA |

Letras iguais, minúsculas entre linhas (técnicas) e maiúsculas entre colunas (genótipos) não possuem diferença significativa conforme teste de Tukey e Scootknot, $p \leq 0,05$.

6.5 Aspectos econômicos

6.5.1 Análise econômica

Ao analisara equação que modelou o rendimento dos genótipos de feijão Caupi, conforme (WESTON & BRIGHAM *et al.*, 2000) apresentado na (Exp. 6) foi possível estimar o índice de lucratividade em função das técnicas de captação de água.

Nota-se que o uso das técnicas promoveu incremento médio na produtividade de grãos verdes de 55,85% em relação à testemunha (figura 30A). Isso evidencia um alto rendimento de grãos, fato comprovado pelo índice de lucratividade que oscilou de forma positiva entre 65,18% na técnica de captação de água camalhão, com o genótipo Costela de Vaca ; Já na técnica bacia ocorreu índice de lucratividade negativo em (-60,33%). Este baixo rendimento encontrado na técnica bacia, associa-se, principalmente, a inadaptabilidade do

BRS Itaim há esta técnica de cultivo, fato esse deduzido em função da comparação do seu rendimento com as demais técnicas estudadas, que demonstram resultados positivos.

Conforme Silva *et al.* (1993) na variação das chuvas no semiárido, é de fundamental importância o uso de técnicas de captação de água adequadas ao cultivo de sequeiro, visando amenizar os efeitos do déficit hídrico nas culturas. Fato em comum acordo com resultados encontrados em outras variáveis, que indicam que o uso de técnicas associadas a cultivares adaptadas como a Costela de Vaca, proporciona bons índices econômicos, nesse mesmo patamar, destaca-se os genótipos estudados BRS Guariba, BR-17 Gurguéia, BR Itaim e BRS Potengi respectivamente. Sendo as cultivares Costela de Vaca e BRS Guariba as mais indicadas para a região, por proporcionar os melhores rendimentos, sejam para a sua comercialização da produção na forma de grãos verdes ou secos. (Tabela 12)

Para as demais técnicas, o plantio em sulcos obteve resultados satisfatórios com o genótipo acima citado, superando a testemunha. Observa-se que o uso da técnica camalhão proporcionou um rendimento de grãos verdes totais de 3.465,97g planta ha⁻¹ na Costela de Vaca, sendo a relação benefício/custo positiva, ou seja, para cada R\$ 1,00 investido na atividade, proporcionou retorno de R\$ 1,18 de lucro.

TABELA 12. Estimativas de custos e lucratividade do cultivo de genótipos de feijão Caupi (grãos verdes) sob técnicas de captação de água em Pombal, PB, 2013.

| Técnicas | Genótipos | Produtividade | Custos fixos ⁽²⁾ | Custos variáveis ⁽³⁾ | Custo total | Receita bruta | Receita líquida | Benefício Custo | Preço de equilíbrio | Índice de lucratividade |
|----------|----------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| | | g planta ha ⁽¹⁾ | -----R\$ kg ha ⁽¹⁾ ----- | | | | | | R\$ kg ⁻¹ | % |
| Cam. | C. de Vaca | 3465,97 | 790,00 | 5.244,28 | 6.034,28 | 17.329,85 | 11.295,57 | 1,87 | 1,74 | 65,18 |
| Sulco | C. de Vaca | 2415,65 | 790,00 | 4.796,38 | 5.586,38 | 12.078,25 | 6.491,87 | 1,16 | 2,31 | 53,75 |
| Bacia | C. de Vaca | 1497,99 | 790,00 | 5.028,38 | 5.818,38 | 7.489,95 | 1.671,57 | 0,29 | 3,88 | 22,32 |
| Conv. | C. de Vaca | 1153,49 | 790,00 | 4.715,38 | 5.505,38 | 5.767,45 | 262,07 | 0,05 | 4,77 | 4,54 |
| Cam. | BRS-Itaim | 2788,58 | 790,00 | 5.244,28 | 6.034,28 | 13.942,90 | 7.908,62 | 1,31 | 2,16 | 56,72 |
| Sulco | BRS-Itaim | 1662,31 | 790,00 | 4.796,38 | 5.586,38 | 8.311,55 | 2.725,17 | 0,49 | 3,36 | 32,79 |
| Bacia | BRS-Itaim | 725,81 | 790,00 | 5.028,38 | 5.818,38 | 3.629,05 | -2.189,33 | -0,38 | 8,02 | -60,33 |
| Conv. | BRS-Itaim | 1813,52 | 790,00 | 4.715,38 | 5.505,38 | 9.067,60 | 3.562,22 | 0,65 | 3,04 | 39,29 |
| Cam. | BRS Guariba | 3090,62 | 790,00 | 5.244,28 | 6.034,28 | 15.453,10 | 9.418,82 | 1,56 | 1,95 | 60,95 |
| Sulco | BRS Guariba | 2432,70 | 790,00 | 4.796,38 | 5.586,38 | 12.163,50 | 6.577,12 | 1,18 | 2,30 | 54,07 |
| Bacia | BRS Guariba | 961,76 | 790,00 | 5.028,38 | 5.818,38 | 4.808,80 | -1.009,58 | -0,17 | 6,05 | -20,99 |
| Conv. | BRS Guariba | 1611,44 | 790,00 | 4.715,38 | 5.505,38 | 8.057,20 | 2.551,82 | 0,46 | 3,42 | 31,67 |
| Cam. | BR-17 Gurguéia | 3027,97 | 790,00 | 5.244,28 | 6.034,28 | 15.139,85 | 9.105,57 | 1,51 | 1,99 | 60,14 |
| Sulco | BR-17 Gurguéia | 1203,08 | 790,00 | 4.796,38 | 5.586,38 | 6.015,40 | 429,02 | 0,08 | 4,64 | 7,13 |
| Bacia | BR-17 Gurguéia | 970,05 | 790,00 | 5.028,38 | 5.818,38 | 4.850,25 | -968,13 | -0,17 | 6,00 | -19,96 |
| Conv. | BR-17 Gurguéia | 1213,48 | 790,00 | 4.715,38 | 5.505,38 | 6.067,40 | 562,02 | 0,10 | 4,54 | 9,26 |
| Cam. | BRS Potengi | 2688,97 | 790,00 | 5.244,28 | 6.034,28 | 13.444,85 | 7.410,57 | 1,23 | 2,24 | 55,12 |
| Sulco | BRS Potengi | 1667,08 | 790,00 | 4.796,38 | 5.586,38 | 8.335,40 | 2.749,02 | 0,49 | 3,35 | 32,98 |
| Bacia | BRS Potengi | 1527,04 | 790,00 | 5.028,38 | 5.818,38 | 7.635,20 | 1.816,82 | 0,31 | 3,81 | 23,80 |
| Conv. | BRS Potengi | 1010,46 | 790,00 | 4.715,38 | 5.505,38 | 5.052,30 | -453,08 | -0,08 | 5,45 | -8,97 |
| Cam. | BRS Aracé | 1612,62 | 790,00 | 5.244,28 | 6.034,28 | 8.063,10 | 2.028,82 | 0,34 | 3,74 | 25,16 |
| Sulco | BRS Aracé | 2354,08 | 790,00 | 4.796,38 | 5.586,38 | 11.770,40 | 6.184,02 | 1,11 | 2,37 | 52,54 |
| Bacia | BRS Aracé | 1398,60 | 790,00 | 5.028,38 | 5.818,38 | 6.993,00 | 1.174,62 | 0,20 | 4,16 | 16,80 |
| Conv. | BRS Aracé | 1388,26 | 790,00 | 4.715,38 | 5.505,38 | 6.941,30 | 1.435,92 | 0,26 | 3,97 | 20,69 |

⁽¹⁾ Estimado por: $(P=T*V/CP)=CP^{(2)}$; Valores baseada no levantamento no cultivo de feijão pelos preços dos insumos agrícolas (Feiras livres) localizada nos municípios de Pombal e Catolé do Rocha-PB; ⁽³⁾ Preço médio do kg de feijão no comércio regional; ⁽⁴⁾ Produtividade(g planta ha⁻¹) x preço médio (R\$ 5,00 kg).

Para a produção de grãos secos, o cenário das variáveis assemelha-se ao obtido nos grãos verdes, em função dos génotipos e das técnicas de captação, sendo a maior produtividade obtida com 2.671,22g planta ha⁻¹ no cultivo do feijão Costela de Vaca em camalhão, gerando uma receita líquida ao produtor na razão de R\$ 5.185,45, por outro lado, o menor rendimento foi obtido ao se cultivar a BRS Itaim em bacias, quando se obteve déficit na receita em ordem de (-1.849,07) não sendo recomendado seu cultivo em bacia. Conforme parâmetros obtidos pela metodologia porposta por alguns autores (ALVAREZ, 1985; ZONETTI *et al.*, 2002) no primeiro ciclo de cultivo os custos totais com a produção apresentam valores elevados para a primeira safra, com respostas negativas para algumas técnicas avaliadas, porém no segundo ciclo, com a diluição dos custos com assistência técnica (redução do tempo de orientação) e o tempo útil de utilização das estruturas (três anos), pode-se ter uma maior lucratividade, fato que possibilitara diminuição dos custos no cultivo do BRS Itaim sob bacias.

Lopes *et al.* (2009) em estudos avaliando a produtividade do milho em dois sistemas de captação de água *in situ*, (Sistema W e Guimarães Duque) relatam que seu uso proporcionou bons resultados para aumentar a capacidade produtiva das plantas, por ajudar a manter os níveis ideais de umidade no solo. Diante disso o próximo ciclo será mais rentável ao produtor, no cultivo em camalhão com a redução dos custos totais da produção em 20,12%, assim, pode-se indicar que, diante dos resultados, é viável economicamente a produção de feijão Caupisob essa técnica. Salienta-se que com o emprego de tecnologias adequadas, podem ser atingidos valores rentáveis na produção de feijão Caupi na região semiárida de forma satisfatória no cultivo em camalhões e sulcos, onde ocorreram os maiores rendimentos (Tabela 13) sendo uma excelente alternativa de investimento agrícola, gerando rentabilidade aos produtores da região que a cultivam.

TABELA 13. Estimativas de custos e lucratividade do cultivo de genótipos de feijão Caupi (grãos secos) sob técnicas de captação de água em Pombal, PB, 2013.

| Técnicas | Genótipos | Produtividade | Custos fixos ⁽²⁾ | Custos variáveis ⁽³⁾ | Custo total | Receita bruta | Receita líquida | Benefício Custo | Preço de equilíbrio | Índice de lucratividade |
|----------|----------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| | | g planta ha ⁽⁻¹⁾ | -----R\$ kg ha ⁽⁻¹⁾ ----- | | | ----- | | | R\$ kg ⁻¹ | % |
| Cam. | C. de Vaca | 2671,22 | 790,00 | 4.944,38 | 5.734,38 | 9.349,27 | 5.185,45 | 0,90 | 2,15 | 55,46 |
| Sulco | C. de Vaca | 1861,75 | 790,00 | 4.400,38 | 5.190,38 | 6.516,13 | 2.799,84 | 0,54 | 2,79 | 42,97 |
| Bacia | C. de Vaca | 1154,50 | 790,00 | 4.728,38 | 5.518,38 | 4.040,75 | 92,98 | 0,02 | 4,78 | 2,30 |
| Conv. | C. de Vaca | 888,99 | 790,00 | 4.415,38 | 5.205,38 | 3.111,47 | -373,35 | -0,07 | 5,86 | -12,00 |
| Cam. | BRS-Itaim | 2303,79 | 790,00 | 4.944,38 | 5.734,38 | 8.063,27 | 36,2 | 0,01 | 2,49 | 0,45 |
| Sulco | BRS-Itaim | 1373,32 | 790,00 | 4.400,38 | 5.190,38 | 4.806,62 | 212,79 | 0,04 | 3,78 | 4,43 |
| Bacia | BRS-Itaim | 599,63 | 790,00 | 4.728,38 | 5.518,38 | 2.098,71 | -1.849,07 | -0,34 | 9,20 | -88,11 |
| Conv. | BRS-Itaim | 1498,24 | 790,00 | 4.415,38 | 5.205,38 | 5.243,84 | 1.759,03 | 0,34 | 3,47 | 33,54 |
| Cam. | BRS Guariba | 2513,05 | 790,00 | 4.944,38 | 5.734,38 | 8.795,68 | 4.631,86 | 0,81 | 2,28 | 52,66 |
| Sulco | BRS Guariba | 1978,09 | 790,00 | 4.400,38 | 5.190,38 | 6.923,32 | 3.207,03 | 0,62 | 2,62 | 46,32 |
| Bacia | BRS Guariba | 782,03 | 790,00 | 4.728,38 | 5.518,38 | 2.737,11 | -1.210,67 | -0,22 | 7,06 | -44,23 |
| Conv. | BRS Guariba | 1310,30 | 790,00 | 4.415,38 | 5.205,38 | 4.586,05 | 1.101,24 | 0,21 | 3,97 | 24,01 |
| Cam. | BR-17 Gurguéia | 2641,93 | 790,00 | 4.944,38 | 5.734,38 | 9.246,76 | 5.082,94 | 0,89 | 2,17 | 54,97 |
| Sulco | BR-17 Gurguéia | 1049,70 | 790,00 | 4.400,38 | 5.190,38 | 3.673,95 | -42,34 | -0,01 | 4,94 | -1,15 |
| Bacia | BR-17 Gurguéia | 846,38 | 790,00 | 4.728,38 | 5.518,38 | 2.962,33 | -985,44 | -0,18 | 6,52 | -33,27 |
| Conv. | BR-17 Gurguéia | 1058,77 | 790,00 | 4.415,38 | 5.205,38 | 3.705,70 | 220,89 | 0,04 | 4,92 | 5,96 |
| Cam. | BRS Potengi | 2177,34 | 790,00 | 4.944,38 | 5.734,38 | 7.620,69 | 3.456,87 | 0,60 | 2,63 | 45,36 |
| Sulco | BRS Potengi | 1349,89 | 790,00 | 4.400,38 | 5.190,38 | 4.724,62 | 1.008,33 | 0,19 | 3,85 | 21,34 |
| Bacia | BRS Potengi | 1236,49 | 790,00 | 4.728,38 | 5.518,38 | 4.327,72 | 379,95 | 0,07 | 4,46 | 8,78 |
| Conv. | BRS Potengi | 818,20 | 790,00 | 4.415,38 | 5.205,38 | 2.863,71 | -621,1 | -0,12 | 6,36 | -21,69 |
| Cam. | BRS Aracé | 1333,07 | 790,00 | 4.944,38 | 5.734,38 | 4.665,75 | 501,93 | 0,09 | 4,30 | 10,76 |
| Sulco | BRS Aracé | 1946,00 | 790,00 | 4.400,38 | 5.190,38 | 6.811,00 | 3.094,71 | 0,60 | 2,67 | 45,44 |
| Bacia | BRS Aracé | 1156,15 | 790,00 | 4.728,38 | 5.518,38 | 4.046,53 | 98,76 | 0,02 | 4,77 | 2,44 |
| Conv. | BRS Aracé | 1147,60 | 790,00 | 4.415,38 | 5.205,38 | 4.016,60 | 531,79 | 0,10 | 4,54 | 13,24 |

⁽¹⁾ Estimado por: $(P=T*V/CP)=CP^{(2)}$; Valores baseada no levantamento no cultivo de feijão pelos preços dos insumos agrícolas (Feiras livres), localizada nos municípios de Pombal e Catolé do Rocha-PB; ⁽³⁾ Preço médio do kg do feijão no comércio regional; ⁽⁴⁾ Produtividade(g planta ha⁻¹) x preço médio (R\$ 3,50 kg).

7 CONCLUSÕES

1- A região semiárida possui características edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de genótipos de feijão Caupi.

2- O uso datensiômetria possibilita o manejo adequado da umidade no solo para o cultivo de feijão Caupi.

3- O uso de técnicas de captação de água *in situ*, influenciaas trocargasosas da cultura, tanto na fase vegetativa V4, como na reprodutiva R2, sendo o cultivo em camalhão a mais indicada pra região semiárida, por proporcionar uma melhor eficiencia do uso da água,

4- O crescimento de genótipos de feijão Caupi não foi influenciado pelas técnicas de captação de água.

5- O cultivo em camalhão proporciona maior acumulo de fitomassa, notadamente em feijoeiro BRS – Potengi.

6- A cultivar Costela de Vaca e o BRS Guariba são as mais indicadas para nossa região, por apresentarem os melhores rendimentos em relação aos demais genótipos, seguidas da BR-17 Gurguéia, BRS Itam e BRS Potengi, respectivamente.

7- O cultivo da Costela de Vaca emcamalhõesé a mais indicada para a região semiárida, por proporcionar um rendimento em função do custo de R\$ 1,87.

8- O cultivo em sulcos ou camalhão são técnicas auxiliares disponível ao produtor, sobressaindo-se do sistema convencional de plantio e bacia.

9- O cultivo da BRS Itaim em bacias é inviável ao produtor, não respondendo ao investimento operacional inicial.

10- Há viabilidade econômica na produção de feijão Caupi no semiárido, desde que esteja associado à cultivares adaptadas como a exemplo o (Costela de Vaca e BRS Guariba)e de técnicas adequadas de captação de água como (camlhão e sulco).

8 REFERÊNCIAS

AGARWAL, A.; SUNITA N, Dying wisdom, **The rise, fall and potential of India's traditional water harvesting systems**, New Delhi, 9th International Rainwater Catchment Systems Conference at Petrolina, Brasil, 1999.

AGRIANUAL, **Anuário da agricultura brasileira**, São Paulo: FNP Consultório e Comércio, 2006, 520p.

ALVAREZ, V, H, **Avaliação da fertilidade do solo: superfície de respostas e modelos aproximados para expressar a relação fator resposta**, Viçosa: Imprensa Universitária, 1985, 75p, (Circular, 228).

ALLEN, R,G.; PEREIRA, L,S.; RAES, D.; SMITH, M, **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**, Rom: FAO, 1998, 300p, (Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRADE JÚNIOR et al. **Cultivo de feijão-caupi-solos e adubação**. Versão Eletrônica. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/Feijaocaupi/importancia.htm>> 2003. Acesso em: 10 de maio de 2012.

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. **Tensiometro: dispositivo prático para controle da irrigação**, Planatina: EMBRAPA Cerrados, Circular técnico, v, 01, 33p, 1999.

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

BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. **Parâmetros de crescimento do feijão caupi sob diferentes regimes hídricos**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.

BEZERRA, A.A. de C. Variabilidade e diversidade genética em caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) precoce, de crescimento determinado e porte ereto e semi-ereto. Recife, 1997. 105f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, 1997.

BEZERRA, F. M. L.; ARARIPE, M. A. E.; TEÓFILO, E. M.; CORDEIRO, L. G.; SANTOS, J. J. A. **Feijão-caupi e déficit hídrico em suas fases fenológicas**. *Ciência Agronômica*, v.34, p.5-10, 2003.

BERNAL, N, A, H, **Avaliação de técnicas de captação de água de chuva para recuperação ambiental na região semi-árida do Vale do Jequitinhonha**, (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 202p 2007.

BENINCASA, M,M,P, **Análise de crescimento de plantas**, Jaboticabal: FUNESP, 2003. 41p.

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 8.^a ed., Viçosa: UFV, 2006. 625p.

BEZERRA, F, M,L,; ARARIPE, M, A, E,; TEÓFILO, E, M,; CORDEIRO, L, G,; CAUPI, movimenta mais de US\$ 249 milhões no Brasil, **Embrapa Meio-Norte**, Teresina, v, 3, n, 3, p, 4-5, jul, 2001.

BORGONOVIT, R, A, GIACOMINI, F, SANTOS, H, L, D, FERREIRA, A, S, WAQUIL, J, M, SILVA, J,B, CRUZ, I, **Recomendações para o plantio de sorgo sacarino**: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo / EMBRAPA, ALavoura Set,/Out, 1982.

CASTRO, Eduardo Rodrigues de et al, **Teoria dos Custos**, In: SANTOS, Maurinho Luiz dos et al, *microeconomia Aplicada*, Visconde do Rio Branco: Suprema, 2009.

CARVALHO, H, W, L, SANTOS, M, X, SILVA, A, A, G, CARDOSO, M, J, TABOSA, J, N, **Caatingueiro: uma variedade de milho para o semiárido nordestino**, Aracaju, SE: 2004.

CARDOSO, M, J, **A cultura de feijão Caupi no Meio-Norte do Brasil**, Teresina, **Teresina: Embrapa Meio-Norte**, Circular técnica, 28, Teresina, 2000.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2013. Brasília: **CONAB**, 2013. 29p. (Disponível em: www.conab.gov.br).

CULLIS, A.; PACEY, A, **A Development Dialogue**, Rainwater Harvesting in Turkana, London 1992.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 589-602, 2011a.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. II - Atributos biológicos do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 603-611, 2011b.

DUARTE, Suelíria Lima. **A sustentabilidade Agrícola dos solos no assentamento de Lagoa Vermelha, município de Upanema – RN**. Mossoró/RN: ESAM, 2002. 37 p. (Monografia de Graduação).

DUQUE, G. J., **Solo e água no polígono das secas**, 6,ed, Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004.

DURET, T.; BARON, V.; ANJOS, J.B, dos, “**Systemes de cultures**” **experimentes dansle Nordeste duBrezil**, *MachinismeAgricoleTropicale*, Antony, n,94, p,62-74, 1986.

DURET, T.; BARON, V.; ANJOS, J.B, dos **Mecanização agrícola e alternativas para o cultivo de sequeiro**, (EMBRAPA-CPATSA, **Pesquisa em Andamento**, 43) Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 10p, 1985.

EMBRAPA MEIO-NORTE, **Cultivo de feijão caupi, Jul/2003**, Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br/pesquisa/graos/FeijaoCaupi/referencias.htm>>, Acesso em: 15 mai, 2012, EMBRAPA-**Tabuleiro Costeiro**, 2004, 5p, (Comunicado Técnica, 29).

EMBRAPA, **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed, Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 212 p 1997.

ENDRES, L.; Souza, J, L.; Teodoro, L.; Marroquim, P, M, G.; Santos, C, M.; Brito, J, E, D, **Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage**, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v,14, p,11- 16, 2010.

FALKENMARK, M., FOX, P., PERSSON, G, and ROCKSTRÖM, J., **Water harvesting for upgrading of rainfed agriculture: problem analysis and research needs – SIWI report 11**, Stockholm International Water Institute, Sweden, 2001.

FATUKUN, A,C, **Breeding cowpea for resistance to insect pests; attempted crosses between cowpea and *Vigna vexillata***, In *Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production*, Eds C,A,Fatakun; Tarawali, S,A.; Singh, B,B.; Kormawa, P,M.; Tamo, M, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Fatukun, C,A, Tarawali, S,A.; Singh, B,B.; Ibadan, P,M, Nigeria, p52-61, 2002.

FAO, **Agriculture production: cowpea production**, Rome, 2007, <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> (08 out, 2009).

FAO, **Agriculture production: cowpea production**, Rome, 2012, <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> (05 out, 2014).

FERREIRA, D,F, **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4,0**, In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 2000, São Carlos, SP, p,255-258.

FERNANDES, P, D, **Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal**, Campina Grande: UFPB – DEAg, 2002, 52 p.

FERRAZ, R. L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; NUNES JÚNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.42, n.2, p.181-188, 2012.

FREIRE FILHO, F. L.; J. A. A.; RIBEIRO, V. Q.; ROCHA, M. de M.; LOPES, A. C. de A., **Avanços tecnológicos no feijão caupi**: anais, Teresina: Embrapa Meio-norte, 2001, p. 219-224, (Embrapa Meio-norte, Documentos, 56).

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. DOS P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. DE M., **BRS Marataoã: Novo cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde**, Revista Ceres, v,52, p,771-777, 2005b.

FOOLAD, M. R.; CHEN, F. Q.; LIN, G. Y., **Mapping of QTLs conferring salt Tolerance during germination in an interspecific cross of tomato**, Theoretical and Applied Genetics, v,97, p,1133-1144, 1998.

GOMES FILHO, R. R.; TAHIN, J. F., **Respostas fisiológicas de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata*) eretos e decumbentes a diferentes níveis de irrigação**, Engenharia na Agricultura, v,10, p,56-60, 2002.

GUIMARÃES, C. M.; Stone, L. F.; Brunini, O. **Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.70-75, 2006.

GUIMARÃES, C. M., **Efeitos fisiológicos do estresse hídrico**, In: ZIMMERMANN, M. J, de O.; ROCHA, M.; YAMADA, T, Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade, Piracicaba: POTAFOS, 1988, p. 157-174.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRUNINI, O., **Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L) à seca II**, Produtividade e componentes agronômicos, Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v, 31, n, 7, p, 481-488, 1996.

JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCIA NÚÑEZ, C.; AZÓCAR, A. **Seasonal variation in leaf gas exchange of platin cv. Hartón (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region.** *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.104, n.1, p.79-89, 2005.

KLEIN, V. A. Física do solo. Passo Fundo: Editora UPF, 212p. 2008.

KONRAD, M.L.F.; SILVA, J.A.B.; FURLANI, P.R.; MACHADO, E.C. **Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio.** *Bragantia*, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

LAIME, E, M, O, **Sistemas de captação de água in situ em função do crescimento e produção do pinhão-mansão:** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Pós Graduação e Engenharia Agrícola (Irrigação e Drenagem), Campina Grande, 65p, 2012.

LARCHER, W, **Ecofisiologia vegetal**, São Carlos: ed, Rima Artes e Textos, 2000, 531p.

LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, Rio de Janeiro: IBGE, v, 16-20, 2004-2008.

LEITE, M. L.; VIRGENS FILHO, J. S. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, v. 10, n. 1, p. 43-51, 2004.

LOPES, R, C, DOS ANJOS, J, B, SILVA, A, S, PORTO, E, R, SILVA, M, S, L, CORDEIRO, G, G, **Conservação da Capacidade Produtiva do Solo em Sistemas de Captação de Água de Chuva "in situ"**, Petrolina, 2009, (EMBRAPA-CPATSA).

MACHADO, E.C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. **Repostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.40, n.12, p.1161-1170, 2005.

MACHADO, E. C.; TEIXEIRA, N. J. P.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. DE M.; GOMES, R. L. F. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade,

arquitetura da planta e produtividade de grãos. Rev. Ciên. Agron., v. 39, n. 01, p. 114-123, Jan.- Mar., 2008.

MARTIN, N,B.; SERRA, R.; ANTUNES, J,F,G.; OLIVEIRA, M,D,M.; OKAWA, H,**Custos: sistema de custo de produção agrícola**,Informações Econômicas, São Paulo, v,24, n,9, p,97-122, 1990.

MASCARENHAS, J,C.; BELTRÃO, B,A.; SOUZA JUNIOR, L,C.; MORAIS, F.; MENDES, V,A.; MIRANDA, J,L,F,**Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: Diagnóstico do município de Pombal, Estado da Paraíba**, Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

MEDEIROS, J. F. **Usoracional e preservação de recursos hídricos na agricultura**. In: FREITAS, F. C. L.; KARAM, D.; OLIVEIRA, O F. PROCOPIO, S. O. (Org.) I Simpósio sobre manejo de plantas daninhas no semi-árido. Mossoró- RN, p. 35-52, 2002.

MENDES, R, M,S.; TÁVORA, F, J, A, F.; PINHO, J, L, N.; PITOMBEIRA, J, B, **Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica**, Ciência Agronômica, v,38, p,95-103, 2007.

NASCIMENTO, H, T, S, do; FREIRE FILHO, F,R.; ROCHA, M, M.; RIBEIRO, V, Q.; DAMASCENO-SILVA, K, J,**Produção, avanços e dasafios para cultura do feijão-caupi no Brasil**, In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2; REUNIÃO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 7,, 2009, Belém, PA, Da agricultura de subsistência ao agronegócio: Anais, Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009, 1 CD-ROM.

NASCIMENTO, J. T. et al. **Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes**. Horticultura Brasileira, Vitória da Conquista, v. 22, n. 2, p. 174-177, 2004.

NEVES, L.L.M.; SIQUEIRA, D.L.; CECON, P.R.; MARTINEZ, C.A.; SALOMÃO, L.C.C. **Crescimento, trocas gasosas e potencial osmótico da bananeira "Prata" submetida a diferentes doses de sódio e cálcio em solução nutritiva**.Revista Brasileira de Fruticultura, v.24, n.2, p.524-529, 2002.

NEPOMUCENO, A,L,;Neumaier, N,; Farias, J, R, B,; Oya, T,**Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares**,Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento, p,12-18, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. **Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água**. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal, 13, n.1, p. 75-87. 2001.

OLIVEIRA, A,D,; FERNANDES, E, J,; RODRIGUES, T, J, D,**Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão**,Engenharia Agrícola, v,25, p,86-95, 2005.

OLIVEIRA JÚNIOR, S.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; SOUTO, P. C.; MAIOR JÚNIOR, S. G. S. **Adubação com diferentes esterco no cultivo de moringa** (Moringa oleiferaLam.). Revista Verde (Mossoró–RN–Brasil) v.4, n.1, p.125–134, 2009.

ORCUTT, D,M,; NILSEN, E,T,**Physiology of plants under stress**, New York: John Willey e Sons, 2000, 225p.

PACEY, A, CULLIS, A. **Rainwater Harvesting: The Collection of Rainfall and Runoff in Rural Areas Paperback**. London, 1986.

PORTO, E.R. et al. **Captção e Aproveitamento de Água de Chuva na Produção Agrícola dos Pequenos Produtores do Semi-árido Brasileiro**. 9th International Rainwater Catchment Systems Conferenceat Petrolina, Brasil, 1999.

PORTES, T, A,Ecofisiologia,In: ARAÚJO, R, S, et al,**Cultura do feijoeiro comum no Brasil**, Piracicaba: POTAFOS, 1996, p, 101-137.

REIS, Ricardo Pereira,**Fundamentos de economiaaplicada**, Lavras: UFLA/FAEPE, 2007.

RIBEIRO, R,V,; Santos, M, G,; Souza, G, M,; Machado, E, C,; Oliveira R, F,; Angelocci, L,R,;Pimentel,C,**Environmental ctsonphotosyntheticcapacityofbeangenotypes**,Pesquisa Agropecuária Brasileira, v,39, p,615- 623, 2004.

RIBEIRO, R.V, **Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranja “Valência”**, Piracicaba, 2006, 157f, Tese (Doutorado em Agronomia / Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SILVA, A. DE S.; PORTO, E.R.; BRITO, L.T. DE L.; MONTEIRO, M.A.R. **Captação de água de chuva “in situ”: Comparação de métodos e densidade de plantio**. Petrolina, 1989. P.5-24. EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 35).

SILVA, C.M.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, T, J, A.; FOLEGATTI, M, V,.; CAMPECHE, L, F, S, M,.; Variação sazonal na evapotranspiração de plantas jovens de lima ácida ‘tahiti’, Irriga, Botucatu, v, 11, n,1, p, 26-35, 2006.

SILVA, V. P. R; CAMPOS, J. H. B. C.; SILVA, M. T.; AZEVEDO, P. V. **Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil**. Agriculture Water Management, v. 97, p. 1760-1768, 2010.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F.; PEREIRA, J. V.; FREITA, C. A. S. Trocas gasosas em plantas de girassol submetidas à deficiência hídrica em diferentes estádios fenológicos. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, CE v. 44, n. 1, p. 86-93, 2013.

SILVA, F, B,R,.; RICHÉ,G, R,.; TONNEAU, J, P,.; SOUZA NETO, N, C, de,.; BRITO, L, T, de L,.; CORREIA, R, C,.; CAVALCANTE, A, C,.; SILVA, F, H, B, B, da,.; SILVA, A, B, da,.; ARAÚJO FILHO, J, C, de, **Zoneamento agroecológico do Nordeste**: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico, Petrolina-PE: EMBRAPA - CPATSA/Recife: EMBRAPA - CNPS, Coordenadoria Regional Nordeste, 1993,v, 1 il.

SHIMAZAKI, K., DOI, M., ASSMANN, S.M., KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annu Rev Plant Biol**, v. 58, p. 219–247, 2007.

SCHOLES, J.D.; HORTON, P. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence: Simultaneous measurements. In: **Methodes in comparative plant ecology**. Chapman e Hall, London, 1993. 252p.

STONE, L,R.; GOODRUM, D,E.; JAAFAR, M,N.; KHAN, A,K,**Rooting Front and Water Depletion Depths in Grain Sorghum and Sunflower**,Agronomy Journal 93:1105-1110, 2001.

SULTAN SINGH, S,S.; KUNDU, A,S.; NEGI, P,N,S,**Cowpea (Vignaunguiculata) legumegrans as proteins source in the ration of growins sheep**,Small Ruminant Research, v, 64, n, 3, p, 247-254, 2006.

TAIZ, L, ZEIGER, E,**Fisiologia vegetal**, 4º ed, Porto Alegre: Artmed, 2009,819p.

TEIXEIRA, N. J. P.; MACHADO, C. DE F.; FREIRE FILHO, F. R.; ROCHA, M. DE M.; GOMES, R. L. F. Produção, componentes de produção e suas inter-relações em genótipos de feijão-caupi [vignaunguiculata(l.) walp.] de porte ereto. Revista Ceres, v. 54, n. 314 2007.

VASCONCELOS, M. A. S. da; GARCIA, M. E. **Fundamentos de economia**. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

ZONETTI, P,C.; TARSITANO, M,A,A.; SANTOS, P,C.; SILVA, S,C.; PETINARI, R,A,**análise de custo de produção e lucratividade de bananeira “Nanicão Jangada” sob duas densidades de cultivo em Ilha Solteira-SP**,Revista Brasileira de Fruticultura, v,24, n,2, p, 406-410, 2002.

WESTON, J.F. e BRIGHAM, E.F. **Fundamentos da Administração Financeira**. Tradução Sidney Stancatti. 10. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

YAMAGUCHI, L,C,T,**Novo enfoque sobre custos**,Balde Branco, São Paulo, n,434, p,66, 2000.

