

RÔMULO MAGNO OLIVEIRA DE FREITAS

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI SOB
EFEITO DE VERANICO NOS SISTEMAS DE PLANTIO
DIRETO E CONVENCIONAL**

**MOSSORÓ - RN
2012**

RÔMULO MAGNO OLIVEIRA DE FREITAS

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI SOB EFEITO DE
VERANICO NOS SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte das exigências para obtenção do grau de Mestre em Agronomia: Fitotecnia.

ORIENTADOR:
Prof. DSc. Jeferson Luiz Dallabona Dombroski

MOSSORÓ - RN
2012

**Ficha catalográfica preparada pelo setor de classificação e
catalogação da Biblioteca “Orlando Teixeira” da UFERSA**

F866c Freitas, Rômulo Magno Oliveira de.

Crescimento e produção de feijão-caupi sob efeito de veranico
nos sistemas de plantio direto e convencional. / Rômulo Magno
Oliveira de Freitas. -- Mossoró, 2012.

83 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Área de Concentração:
Agricultura tropical – Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Orientador: Prof^o. Jeferson Luiz Dallabona Dombroski.

Co-orientador: Prof^o. Francisco Cláudio Lopes de Freitas.

1. *Vigna unguiculata* (L.) walp. 2. Estresse hídrico.
3. Cobertura morta. 4. Rendimento de grãos I.Título.

CDD: 633.33

Bibliotecária: Vanessa de Oliveira Pessoa
CRB15/453

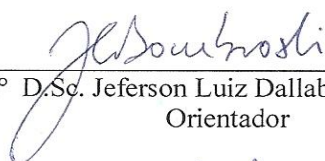
RÔMULO MAGNO OLIVEIRA DE FREITAS

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI SOB EFEITO DE
VERANICO NOS SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL**

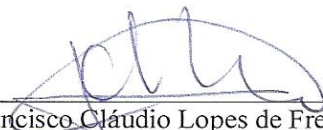
Dissertação apresentada ao programa de
pós-graduação em Fitotecnia da
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido, como parte das exigências para
obtenção do grau de Mestre em
Agronomia: Fitotecnia.

APROVADA EM: 24/02/2012

BANCA EXAMINADORA



Profº D.Sc. Jeferson Luiz Dallabona Dombroski
Orientador



Profº D. Sc. Francisco Cláudio Lopes de Freitas - UFERSA
Co-orientador



D.Sc. José Robson da Silva - Pesquisador/EMPARN
Membro da Banca

Aos meus amados pais, Ademir Freitas de Souza e Maria de Freitas Oliveira, por sempre acreditarem incondicionalmente em meu potencial.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter tornado tudo isso possível e concedido vitórias e conquistas que, em princípio, pareciam impossíveis.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), por meio do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

À minha esposa, Narjara Walessa Nogueira de Freitas, pela paciência, amizade, companheirismo e ajuda prestada durante todo o mestrado e durante a condução do experimento.

Aos meus pais, Ademir de Freitas de Souza e Maria de Freitas Oliveira de Souza, pela educação e exemplo de vida e a meus irmãos, Ruan Magno Oliveira de Freitas e Raissa Maria Oliveira de Freitas.

Ao professor e orientador, Dr. Jeferson Luiz Dallabonna Dombroski, pela orientação, dedicação, amizade e, principalmente, pelo exemplo de profissionalismo transmitido durante esses 5 anos.

Ao professor Francisco Cláudio, pela orientação no experimento na fase de campo e ao conselheiro José Robson da Silva pelas sábias sugestões.

Aos amigos Augusto, Cássia, Caio, Francineudo, Igor, Raul, Rivanildo, sem a ajuda dos quais, a realização desse trabalho se tornaria bem mais difícil.

A todos os alunos e funcionários da UFERSA que ajudaram para que este trabalho pudesse ser concretizado.

E a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a minha formação profissional.

Muito Obrigado!

*“O futuro tem muitos nomes.
Para os incapazes, o
inalcançável. Para os medrosos,
o desconhecido. Para os valentes,
a oportunidade”.*

VICTOR HUGO

RESUMO

FREITAS, Romulo Magno Oliveira de. **Crescimento e produção de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2012.

A cultura do feijão-caupi possui grande importância para a região Nordeste, principalmente para a população mais carente. Um dos grandes problemas encontrados para essa cultura é o estresse hídrico, provocado pela irregularidade das chuvas, aliado a altas temperaturas, comuns a esta região. O sistema de plantio direto possui características como redução da evaporação da água do solo, maior retenção do solo e menores oscilações da temperatura, e pode ser uma forma de minimizar o efeito do estresse hídrico para a cultura do feijão-caupi. Deste modo, o presente trabalho se propõe a obter informações relativas ao crescimento, componentes da produção e rendimento de feijão-caupi sob veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. Para isso, foi realizado, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido, um experimento em delineamento de blocos completos casualizados em parcelas subdivididas com 4 repetições, utilizando-se a cultivar de feijão-caupi BRS Guariba em plantio direto e convencional. Para aplicação do veranico, a irrigação foi suspensa nos sistemas aos 34 dias após a semeadura por períodos de 2, 6, 10, 14, 18 e 22 dias sem irrigação, ocasião em que foi verificado o início do florescimento. Para avaliar o efeito dos sistemas e do veranico no crescimento, foram realizadas coletas entre os 15 e 64 dias após a semeadura, nos tratamentos com e sem irrigação (22 dias de duração). A avaliação dos componentes de produção (comprimento de vagem, número de grãos por vagem, número de vagens por planta e peso de cem grãos) e rendimento de grãos foi realizada aos 70 dias após a semeadura. Os sistemas de plantio influenciam o crescimento da área foliar, da matéria seca do caule, de folhas, de vagens e total do feijão-caupi. Os índices de crescimento são influenciados pela fase fenológica da planta (idade) e pelo estresse hídrico. As maiores taxas de crescimento foram alcançadas no sistema de plantio direto. O estresse hídrico afeta negativamente todas as variáveis avaliadas, independentemente do sistema de plantio. O sistema de plantio direto é mais produtivo do que o convencional quando em irrigação e em condição de estresse. Os períodos de veranico influenciaram o rendimento de grãos e todos os componentes de produção estudados de forma negativa, com exceção do peso de cem

grãos. Entre os sistemas estudados, o direto é o que proporciona maiores valores para os componentes de produção, exceto peso de cem grãos.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp.; Estresse hídrico; Cobertura morta; Acúmulo de matéria seca; Rendimento de grãos.

ABSTRACT

FREITAS, Romulo Magno Oliveira de. **Growth and yield of cowpea under dry spell in conventional and no tillage crop systems**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2012.

The cowpea crop has great importance for the Brazilian Northeast, especially for the poorest population. One of the major problems encountered for this crop is drought stress caused by erratic rainfall, coupled with the high temperatures common in this region. The no-tillage system has features, such as reduction of soil water evaporation, higher water retention and lower soil temperature fluctuations, and can be a way to minimize the water stress in a cowpea crop. Thus, this study aims to obtain information on growth, yield components and cowpea yield under moisture stress in no-tillage and conventional crop systems. For this purpose an experiment was conducted at Universidade Federal Rural do Semi-Arido, in a split plot with randomized complete blocks design with four replications, using the cowpea cultivar BRS Guariba, and no-tillage and conventional crop systems treatments. For the dry spells simulation, irrigation systems has been suspended at 34 days after sowing, during the onset of flowering, for periods of 2, 6, 10, 14, 18 and 22 days, after what the irrigation was resumed. To evaluate the effect of the crop systems and moisture stress on growth, samples were taken between 15 and 64 days after sowing, in the treatments with and without irrigation (22 days duration). The evaluation of yield components (pod length, number of grains per pod, number of pods per plant and hundred grains weight) and yield was performed at 70 days after sowing. The tillage systems influenced the leaf area, and stem leaf, pod and plant dry weight. The growth rates were influenced by the plant phenological phase (age) and by water stress. The highest growth rates were achieved in the no-tillage system. Water stress affected negatively all the variables, regardless of tillage system. The no-tillage system was more productive both for the irrigated and the stress treatments. The dry spells periods affected grain yield and all other yield components studied in a negative way, except for the hundred grains weight. Among the systems studied, the no-tillage system provides higher values for the yield components, except for the hundred grains weight.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.); Water stress; Mulch, Dry matter accumulation, grain yield.

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1-	Caracterização química de solos dos sistemas direto e convencional: pH, teor de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e Alumínio. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	37
Tabela 2-	Valores médios de matéria seca das flores (MSFL) de feijão-caupi sob veranico, em diferentes épocas de coleta. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	48

CAPÍTULO 3

Tabela 1-	Caracterização química de solos dos sistemas direto e convencional: pH, teor de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e Alumínio. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	66
Tabela 2-	Resumo da análise de variância (valores de F) para as variáveis comprimento de vagem (CV, cm), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), peso de cem grãos (PCG,g) e rendimento de grãos (RG, Kg ha ⁻¹) de feijão-caupi submetido a diferentes períodos de veranico (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	68

Tabela 3- Coeficientes de correlação de Pearson dos valores de rendimento de grãos (RG, kg ha ⁻¹) em períodos de veranico (2, 6, 10, 14, 18 e 22), com os valores dos componentes de produção, peso de 100 grãos (PCG, g), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV) e número de vagens por planta de feijão-caupi, nos sistema de plantio direto (SPD) e convencional (SPC). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	78
--	----

LISTAS DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1 -	Área foliar (AF) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	41
Figura 2 -	Índice de área foliar (IAF) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	42
Figura 3 -	Acúmulo de matéria seca de caule (MSC) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	44
Figura 4 -	Acúmulo de matéria seca de folhas (MSF) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	45
Figura 5 -	Acúmulo de matéria seca de vagens (MSV) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	47
Figura 6 -	Acúmulo de matéria seca total (MST) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	49
Figura 7 -	Razão de área foliar (RAF) de feijão-caupi cultivado nos sistemas convencional e direto, sem veranico e com veranico. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	51

Figura 8 -	Taxa de crescimento absoluto (TCA) de feijão-caupi cultivado nos sistemas convencional e direto, sem veranico e com veranico. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	52
Figura 9 -	Taxa de assimilatória líquida (TAL) de feijão-caupi cultivado nos sistemas convencional e direto, sem veranico e com veranico. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	53
Figura 10 -	Taxa de crescimento relativo (TCR) de feijão-caupi cultivado nos sistemas convencional e direto, sem veranico e com veranico. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	55

CAPÍTULO 3

Figura 1 -	Comprimento de vagem (CV, cm) do feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	69
Figura 2 -	Número de grãos por vagem (NGV) de feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	71
Figura 3 -	Número de vagens por planta (NVP) do feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	73
Figura 4 -	Peso de cem grãos (PCG, g) do feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	75
Figura 5 -	Rendimento de grãos (RG, Kg ha ⁻¹) do feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.....	76

SUMÁRIO

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI.....	18
2.2 ECOFISIOLOGIA E ESTRESSE HÍDRICO.....	20
2.3 PLANTIO DIRETO.....	23
REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 2 - CRESCIMENTO DE FEIJÃO-CAUPI SOB EFEITO DE VERANICO NOS SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL.....	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	33
1 INTRODUÇÃO.....	34
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	36
2.1 LOCALIZAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PREPARO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	36
2.2 CULTIVAR E SEMEADURA.....	37
2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	38
2.4 VARIÁVEIS AVALIADAS.....	38
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4 CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS.....	57

CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI SOB EFEITO DE VERANICO NOS SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL.....	61
RESUMO.....	61
ABSTRACT.....	62
1 INTRODUÇÃO.....	63
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	65
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
4 CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS.....	80

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO GERAL

Na região Nordeste do Brasil encontram-se as maiores áreas plantadas com a cultura do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), que desempenha função de destaque socioeconômico, onde representa um dos principais componentes da dieta alimentar, possuindo excelente valor nutritivo, sendo, desta forma, a principal fonte de proteína vegetal para os sertanejos. O caupi tem alto potencial produtivo e é uma cultura que contribui para fixar o homem no campo, melhorando a renda dos agricultores familiares. Nesta região, normalmente a precipitação pluvial é bastante irregular, ocasionando o fenômeno conhecido por “veranico” (CARDOSO & RIBEIRO, 2006; TÁVORA et al., 2001; HALL, 2003; PHILLIPS et al., 2003; FREIRE FILHO et al., 2005).

O veranico pode provocar deficiência hídrica nas culturas vegetais. A deficiência hídrica é uma situação comum a muitas culturas e constitui-se em um dos fatores que mais afetam a produção agrícola, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal (DAMATTA, 2007). Os danos provocados pelo estresse hídrico variam conforme a duração, intensidade, frequência, época de sua ocorrência e cultivar. A frequência e a intensidade da deficiência hídrica estão entre os principais fatores limitantes da produção agrícola mundial (SANTOS & CARLESSO, 1998).

Para o manejo adequado desta cultura, visando à produtividade, é importante conhecer a capacidade de resposta aos níveis de déficit hídrico (NASCIMENTO et al.,

2004), bem como formas de manejo que possam minimizar os danos provocados por esse problema.

Uma das formas de manejo que podem ser úteis na convivência com veranicos é a utilização da cobertura morta do solo, o que pode ser feito através do plantio direto. Esse sistema de plantio melhora a qualidade química do solo em razão do aumento de matéria orgânica e da maior disponibilidade de nutrientes para as plantas (CAVALIERI et al., 2004). O manejo do solo exerce ação direcionada ao sistema de preparo mínimo do solo ou de semeadura direta, em várias áreas agrícolas do mundo, dando-se ênfase à prevenção da erosão e da degradação, como também à capacidade de armazenamento de água no solo (BONFIL et al., 1999; GALANTINI et al., 2000; MARTENS et al., 2001), proporcionando menor variabilidade térmica deste (NASCIMENTO et al., 2003).

Uma forma de avaliar o efeito do plantio direto, bem como a resposta aos efeitos do veranico na cultura do feijão-caupi, é a avaliação dos componentes de produção e rendimento, além da análise de crescimento, pois esta análise descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento. Os índices determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar (fonte) e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos) que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono aos locais de utilização ou de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos (LARCHER, 2004).

Deste modo, o presente trabalho se propõe a obter informações relativas ao crescimento, componentes de produção e rendimento de feijão-caupi sob efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI

O feijão-caupi, também denominado de feijão-de-corda ou feijão macassar, é uma dicotiledônea pertencente à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo *Phaseoleae*, subtribo *Phaseolinae*, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) (ONOFRE, 2008).

O caupi apresenta germinação epígea, com os cotilédones inseridos no primeiro nó do ramo principal. O sistema radicular é do tipo axial, relativamente superficial, embora algumas raízes possam atingir a profundidade de 2,0 m, característica que a torna uma espécie com capacidade de manter-se por longos períodos sem irrigação. A raiz principal e as secundárias apresentam nódulos quase sempre eficientes devido à associação com bactérias nitrificadoras nativas do solo. A inflorescência é do tipo cimeira e está localizada na axila da folha, em um pedúnculo que varia de tamanho dentro e entre cultivares. O fruto é uma vagem de tamanho e forma variáveis, contendo, no seu interior, sementes dispostas em fileiras, podendo apresentar diversas formas, tamanho e cor do tegumento (MAFRA, 1979).

O caupi é uma excelente fonte de proteínas (23-25% em média) e apresenta todos os aminoácidos essenciais, carboidratos (62%, em média), vitaminas e minerais, além de possuir grande quantidade de fibras dietéticas, baixa quantidade de gordura, teor de óleo de 2%, em média (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003). A comercialização de feijão-caupi é realizada com grãos secos ou verdes como hortaliça, com 60 a 70% de umidade, vagens verdes, farinha para acarajé e sementes (OLIVEIRA et al., 2001).

Dentre as leguminosas, o feijão-caupi destaca-se pela sua rusticidade, sendo cultivado principalmente nos países da África, América Latina e Ásia, exercendo

importante papel no suprimento das necessidades nutricionais das camadas mais carentes desses países (FREIRE FILHO et al., 2005), pois seus grãos são muito aceitos, possuem alto valor nutritivo e são relativamente mais acessíveis, constituindo-se em um dos principais elementos da dieta alimentar, além de desempenhar papel fundamental na composição da produção agrícola desses países, por possuir baixo custo e ser fisiologicamente adaptada a diferentes condições ambientais, apresentando tolerância ao estresse hídrico, pouca exigência em fertilidade de solo e fixação biológica do nitrogênio atmosférico, fatores que garantem a versatilidade de produção. Devido a essas características, é um dos produtos mais importantes do sistema de produção tipo agricultura familiar do nordeste brasileiro (CORDEIRO, 1998; SALES & RODRIGUES, 1988).

Além da sua utilização na alimentação humana, o feijão-caupi pode ser utilizado na alimentação animal, como forragem, e ainda como adubo verde e cobertura do solo (ANDRADE JÚNIOR et al., 2003).

No mundo, estima-se que o feijão-caupi ocupe uma área de 12,5 milhões de ha, sendo produzidos cerca de 3 milhões de Mg/ano. Aproximadamente 64% da área ocupada mundial (8 milhões de hectares) está localizada na parte oeste e central da África. O restante é representado pela América do Sul, América Central e Ásia, com pequenas áreas espalhadas pelo sudoeste da Europa, sudoeste dos Estados Unidos e Oceania. Os principais produtores mundiais são: Nigéria, Niger, Brasil, Mali e Tanzânia. Estima-se, através de dados dos anos 2005 a 2009, que esta cultura tenha sido responsável pela geração de 1.113.109 empregos por ano no Brasil, produzindo suprimento alimentar para 28.205.327 pessoas, e gerando uma produção anual no valor de 684.825.333 reais (FREIRE FILHO, 2011).

No Brasil, historicamente, a produção de feijão-caupi concentra-se nas regiões Nordeste (1,2 milhão de hectares) e Norte (55,8 mil hectares) do país, no entanto, a cultura está conquistando espaço na região Centro-Oeste, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo

mecanizado. A produtividade média do feijão-caupi, no Brasil, é baixa (366 kg ha^{-1}), em função do baixo nível tecnológico empregado no cultivo (SILVA, 2009). Este fato ocorre porque ele é plantado principalmente por pequenos agricultores, que utilizam pouca tecnologia ou cultivam-no consorciado com outras culturas (FILHO, 2007).

A produção de feijão-caupi no Nordeste brasileiro tem apresentado, ao longo dos últimos anos, variações importantes de acréscimo e decréscimo, com tendência oscilante. Estas variações na produção são típicas de regiões cujos processos produtivos são dependentes de clima, em que um ano de distribuição pluviométrica regular quase sempre é seguido por uma distribuição irregular, com reflexos na produção (FROTA & PEREIRA, 2000). Este efeito é mais observado no cultivo de sequeiro (plantio das águas), que geralmente é responsável por mais de 70% da produção média anual, ficando os 30% restantes por conta do cultivo irrigado.

2. 2 ECOFISIOLOGIA E ESTRESSE HÍDRICO

Quando as plantas sofrem estresse hídrico para evitar a desidratação, elas fecham os estômatos. A absorção e a perda de água nas “células-guarda” modificam seu turgor e modulam a abertura e fechamento dos estômatos, de forma hidropassiva (sem gasto de energia) e hidroativa (com gasto de energia). Com o fechamento dos estômatos, há uma redução drástica da transpiração, já que a maior parte é transpiração estomática, e o restante é realizado pela cutícula (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A taxa fotossintética da folha (expressa por unidade de área foliar) raramente é tão responsiva ao estresse hídrico moderado quanto à expansão foliar, pois a fotossíntese é muito menos sensível ao turgor do que à expansão foliar. Com o fechamento dos estômatos, durante os estágios iniciais do estresse hídrico, a eficiência do uso da água pode aumentar (ou seja, mais CO_2 pode ser absorvido por unidade de água transpirada). Quando o estresse é severo, no entanto, a desidratação de células do

mesófilo inibe a fotossíntese, o metabolismo do mesófilo é prejudicado e a eficiência do uso da água decresce (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Sobre o crescimento da planta, Kramer (1983) afirma que o estresse hídrico normalmente provoca múltiplos efeitos, tais como: redução da capacidade de assimilação pelo decréscimo da fotossíntese, através do fechamento dos estômatos e pela perda de folhas, conseqüentemente da área foliar, o que acarreta diminuição do suprimento de dióxido de carbono, que reduz a translocação de carboidratos e dos reguladores de crescimento, provocando distúrbios no metabolismo do nitrogênio. Estes efeitos, adicionados à redução na turgescência, reduzem o crescimento e a produtividade das culturas. Os danos provocados pelo estresse hídrico variam conforme a duração, intensidade, frequência, época de sua ocorrência e da cultivar.

A frequência e a intensidade da deficiência hídrica constituem os principais fatores limitantes da produção agrícola mundial (SANTOS & CARLESSO, 1998; DAMATTA, 2007). A deficiência hídrica é uma situação comum a muitas culturas, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal (DAMATTA, 2007).

Um fator que pode influenciar o estresse hídrico é a temperatura, sendo que a temperatura adequada para o desenvolvimento do feijão-caupi está na faixa de 20°C a 30°C. Altas temperaturas durante o florescimento podem ser prejudiciais à cultura, diminuindo a nodulação nas raízes, o crescimento e a produtividade. Por outro lado, temperaturas abaixo de 20°C podem causar a paralisação ou redução do desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA & CARVALHO, 1988).

A maioria das culturas possui períodos críticos quanto à deficiência hídrica, durante os quais a falta de água causa sérios decréscimos na produção final; os prejuízos causados dependem da sua duração e severidade, e do estágio de desenvolvimento da planta (FOLEGATTI et al., 1997). Segundo Cardoso et al. (2000), deficiências hídricas na fase inicial podem afetar sensivelmente o processo germinativo, comprometendo, de tal forma, o estabelecimento da cultura; de modo que

deficiências posteriores poderão paralisar o crescimento, bem como retardar o desenvolvimento produtivo das culturas.

O conhecimento dos aspectos da ecofisiologia e da fenologia do feijão-caupi é extremamente importante para a condução da cultura em um sistema de produção. O conhecimento dos estágios fenológicos tem permitido otimizar a utilização de fertilizantes, defensivos agrícolas e especialmente de água (FANCELLI, 2005).

O consumo de água do feijão-caupi aumenta de um valor mínimo na germinação até um valor máximo na floração e na formação de vagens, decrescendo a partir do início da maturação (NÓBREGA et al., 2001), variando de 300 a 450mm/ciclo bem distribuídos nos diferentes estágios de desenvolvimento.

Este consumo é dependente da cultivar, do solo e das condições climáticas locais (NASCIMENTO, 2009). O consumo hídrico diário raramente excede 3,0 mm, quando a planta está na fase inicial de desenvolvimento, sendo que ele pode ser elevado para 5,0 a 5,5 mm diários, durante os períodos compreendidos entre o pleno crescimento, florescimento e enchimento de vagens (BEZERRA, 2003).

Embora o feijão-caupi seja considerado uma espécie adaptada à seca, seu cultivo, nas áreas semiáridas do Nordeste, é realizado predominantemente sob o regime de sequeiro, no qual a irregularidade de chuvas e as altas temperaturas têm contribuído consideravelmente para o déficit hídrico, com consequente redução da sua produtividade. Para o manejo adequado desta cultura, visando à produtividade, é importante conhecer a capacidade de resposta aos níveis de déficit hídrico, e sua relação com a produtividade (NASCIMENTO et al., 2004).

Para o feijão-caupi, assim como para outras culturas, pode-se, através da análise de crescimento, avaliar o efeito do déficit hídrico. Os índices determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar (fonte) e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos) que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono aos locais de utilização ou de armazenamento, onde ocorrem o

crescimento e a diferenciação dos órgãos. Portanto, a análise de crescimento expressa as condições morfofisiológicas da planta e quantifica a produção líquida, derivada do processo fotossintético, sendo esta produção o resultado do desempenho do sistema assimilatório durante certo período de tempo. Este desempenho é influenciado pelos fatores bióticos e abióticos (LARCHER, 2004).

Leite et al. (2004), avaliando o efeito do estresse hídrico na fase vegetativa e reprodutiva no crescimento do feijão-caupi, verificaram que houve efeitos negativos sobre o crescimento da cultura, os quais se acentuaram como resposta aos déficits hídricos 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 condições de déficits hídricos mais prolongados, as plantas diminuíram acentuadamente seu crescimento, evidenciando um período de repouso fisiológico, porém com capacidade de retomar suas atividades após o fim do período estressado. A recuperação da planta foi caracterizada por intensa emissão de novas folhas e botões florais, salientando sua aptidão para atravessar condições adversas. A duração do período estressado revelou-se um parâmetro mais importante do que a época de ocorrência do déficit hídrico.

2.3 PLANTIO DIRETO

O sistema de plantio convencional é considerado o método de produção agrícola mais adotado, sendo caracterizado pelo uso intenso de insumos comerciais, como defensivos agrícolas e adubos químicos. Nele, pouco se considera a preservação dos recursos naturais (DANTAS & FILHO, 2006). O preparo do solo com grade aradora é muito usado e, normalmente, a grade trabalha o solo a pouca profundidade e apresenta alto rendimento de campo, porém o uso contínuo deste implemento pode

levar à formação de camadas compactadas, conhecidas como “pé de grade” (SILVEIRA, 2003).

O plantio direto é considerado um sistema de manejo sustentável, consistindo na semeadura diretamente sobre a palhada da cultura anterior ou de plantas cultivadas para tal fim. É caracterizado pela semeadura sem revolvimento do solo, através do uso de rotação de culturas e da cobertura permanente do solo, seja com plantas em desenvolvimento ou seus restos culturais (OLIVEIRA et al., 2001), sendo uma alternativa ao sistema convencional.

É fundamental, para o sistema de plantio direto, a utilização de espécies com alta produção de fitomassa para o desenvolvimento sustentável deste sistema (SOUZA et al., 2008). As plantas forrageiras do gênero *Brachiaria* e *Panicum* apresentam capacidade de reestruturar o solo, fornecendo condições favoráveis à infiltração e retenção de água e arejamento, sendo que a *Brachiaria* apresenta adaptação a solos de baixa fertilidade, fácil estabelecimento e considerável produção de biomassa durante o ano, proporcionando excelente cobertura ao solo (ALVIM et al., 1990).

Marouelli et al. (2006) ressaltam que a cobertura morta melhora a estrutura do solo, aumenta a infiltração e a retenção de água e proporciona maior disponibilidade de água para as plantas. Segundo Carter e Jonnson (1988), o plantio direto altera o regime térmico do solo e a conservação da água no solo, características importantes em regiões onde ocorre irregularidade nas chuvas e nas temperaturas do ar e do solo, além de redução da perda de nutrientes por lixiviação e, para Fialho et al (1991), melhora também as qualidades físicas e químicas do solo.

Estudos mostram que a utilização da palhada que permanece na superfície pode reduzir em 5% a evaporação da água para cada 10% de superfície de solo efetivamente coberta. A cobertura morta evita a evaporação da água direta do solo, podendo reduzir a evapotranspiração das culturas em estágios iniciais de crescimento na ordem de 50 a 60% (ALLEN et al., 1998; MEDEIROS, 2007).

Em experimento realizado com o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L), sob plantio direto, em relação a diferentes porcentagens de cobertura morta no solo, Andrade et al. (2002) concluíram que a evapotranspiração observada ao final do ciclo apresentou valores menores à medida que aumentou a cobertura do solo pela palhada, os autores verificaram também que a maior disponibilidade de água no plantio direto deveu-se principalmente à diminuição das perdas por evaporação e à diminuição da taxa de infiltração.

Urchei et al. (2000), trabalhando com três cultivares de feijoeiro comum, concluíram que, no sistema plantio direto, a cultura do feijoeiro aumenta a produção de matéria seca total, o índice de área foliar, a taxa de crescimento da cultura, a taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e a duração da área foliar, apresentando menor razão de área foliar. O autor considerou ainda que a análise de crescimento é um instrumento adequado para avaliar o desenvolvimento do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, 297p. (FAO, irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVIM, M.J.; BOTREL, M.A.; VERNEQUE, R.S. Aplicação de nitrogênio em acessos de Brachiaria. Efeitos sobre produção de matéria seca. **Pasturas Tropicales**, v.12, n.2, p.2-6, 1990.

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.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; FRIZZONE, J. A.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B. Níveis de irrigação na cultura do feijão-caupi. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. v. 6, n. 1, p. 17-20, 2002.

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, n. 1, 2003.

BONFIL, D. J.; MUFRADI, I.; KLITMAN, S.; ASIDO, S. Wheat grain yield and soil profile water distribution in a no-till and environment. **Agronomy Journal**, v. 91, n. 3, p. 368-373, 1999.

CARDOSO, M. J.; MELO, F. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; LIMA, M. G. Clima e aspectos de plantio. In: CARDOSO, M. J. (Org.) **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa/Meio-Norte, 2000, 264p. (Circular técnica, 28)

CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Desempenho agronômico do feijão-caupi, cv. Rouxinol, em função de espaçamento entre linhas e densidade de plantas sob regime de sequeiro. **Ciência Agrônômica**, v. 37, p. 102-105, 2006.

CARTER, I.; JOHNSON, C. Influence of different types of mulches on egg plant production. **Hortscience**, v. 23, n. 1, p. 143-145, 1988.

CAVALIERI, K. M. V.; TORMENA, C. A; COSTA, A. C. S.; SOUZA JUNIOR, I. G. Alterações nas propriedades químicas de um latossolo vermelho eutroférico por dois sistemas de manejo do solo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, p. 377-385, 2004.

CORDEIRO, L. G.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, J. J. A.; MIRANDA, E. P. Fator de sensibilidade ao déficit hídrico da cultivar feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) walp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 153-157, 1998.

DAMATTA, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 239-244, 2007.

DANTAS, C. L. F.; FILHO, R. A. M. Estratégia competitiva para empresas produtoras de hortaliças no sistema orgânico. **Revista de Gestão**, v. 13, n. 2, p. 66-67, 2006.

FANCELLI, A. L. Ecofisiologia e fenologia do feijoeiro comum. In: **Feijão Irrigado – Tecnologia e Produção**. Piracicaba: ESALQ/USP. p. 166-174, 2005.

FIALHO, J. F, BORGES, N. F.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividades microbiótica de latossolo vermelho, amarelo distrófico, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 1, p. 21-28, 1991.

FILHO, R. V. **Manejo da cultura do feijoeiro visando ao controle de plantas daninhas**. VI Seminário sobre pragas, doenças e plantas daninhas do feijoeiro, Campinas (SP), 2007. (Documentos IAC).

FOLEGATTI, M. V.; PAZ, V. P. S.; PEREIRA, A. S.; LIBARDI, V. C. M. **Efeito de diferentes níveis de irrigação e de déficit hídrico na produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. In: congresso chileno de engenharia agrícola, 2., 1997, Chillán. Disquete. Chillán, 1997.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; ALCÂNTARA, J. P.; BELARMINO FILHO, J.; ROCHA, M. M. BRS Marataoã: nova cultivar de feijão-caupi com grão tipo sempre-verde. **Revista Ceres**, v. 52, n. 303, p. 771-777, 2005.

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Terezina: EMBRAPA meio Norte, 2011, 84p.

FROTA, A. A. A.; PEREIRA, P. R. Caracterização do feijão-caupi na região meio-norte do Brasil. CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão-caupi no meio-norte do Brasil**. EMBRAPA Meio-Norte, 2000. 264p. (Circular Técnica, 28).

GALANTINI, J. A.; LANDRISCINI, M. R.; IGLESIAS, J. O.; MIGLIERINA, A. M.; ROSSELL, R. A. The effects of crop rotation and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina. Nutrient balance, yield and grain quality. **Soil & Tillage Research**, v. 53, n. 2, p. 137-144, 2000.

HALL, A. E. Future directions of bean/cowpea collaborative research support program. **Field Crops Research**, v. 82, p. 233-240, 2003.

KRAMER, P. J. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, 1983. p.146-186.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2004. 531 p.

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.

MAFRA, R. C. **Contribuição ao estudo do “feijão massacar”: fisiologia, ecologia e tecnologia de produção.** In: Curso de treinamento para pesquisadores de feijão-caupi, 1, 1979, Goiânia. Assuntos abordados. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF/IITA, 1979. p. 01-39.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; MADEIRA, N. R. Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1399-1404, 2006.

MARTENS, J. R. T.; HOEPPNER, J. W.; ENTZ, M. H. Legume cover crops with winter cereals in southern Manitoba: establishment, productivity, and microclimate effects. **Agronomy Journal**, v. 93, n. 5, p. 1086-1096, 2001.

MEDEIROS, J. F. Uso racional 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, 2007.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**. v. 7, n. 3, 2003.

NASCIMENTO, J.T.; PEDROSA, M.B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão-caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 174-177, 2004.

NASCIMENTO, S. P. **Efeito do déficit hídrico em feijão-caupi para identificação de genótipos com tolerância à seca.** 112p. Dissertação de Mestrado. Teresina, PI. Universidade Federal do Piauí, 2009.

NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO, N. E. M.; FIDELIS FILHO, J. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 437-443, 2001.

OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, J. S.; ALVES, E. U.; NORONHA, M. A. S.; CASSIMIRO, C. M.; MENDONÇA, F. G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 81-84, 2001.

OLIVEIRA, I. P.; CARVALHO, A. M. A cultura do caupi nas condições de clima e de solo dos trópicos úmido e semi-árido do Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P. (Org). **O caupi no Brasil**. Brasília: IITA/ EMBRAPA. 722p., 1988.

ONOFRE, A. V. C. **Diversidade genética e avaliação de genótipos de feijão-caupi contrastantes para resistência aos estresses bióticos e abióticos com marcadores SSR, DAF e ISSR**. Dissertação de Mestrado, UFPE, Recife, 2008.

PHILIPS, R.D.; MCWATTERS, K.H.; CHINNAN, M.S.; HUNG, Y.; BEUCHA, L.R.; SEFA-DEDEH, S.; SAKYI-DAWSON, E.; NGODDY, P.; NNANYELUGO, D.; ENWERE, J.; KOMEY, N.S.; LIU, K.; MENSA-WILMOT, Y.; NNANNA, I.A.; OKEKE, C.; PRINYAWIWATKUL, W.; SAALIA, F.K. Utilization of cowpeas for human food. **Field Crops Research**, v. 82, n. 2, p. 193-213, 2003.

SALES, M. G.; RODRIGUES, M. A. C. Consumo, qualidade nutricional e métodos de preparo do feijão-caupi. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (eds.). **O Feijão-caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA/CNPAP, 1988. p. 694-722.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SILVA, K. J. D. **Centro de Inteligência do Feijão**. Disponível em: <www.cpamn.embrapa.br>, 2009. Acesso 16/12/2011.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, 2003.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; BANY, V. L. Fitomassa e acúmulo de nitrogênio, em espécies vegetais de cobertura do solo para um latossolo vermelho distroférrico de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 4, p. 525-531, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 449-48.

TÁVORA, F. J. A. F.; NOGUEIRA, S. L.; PINHO, J. L. N. de. Arranjo e população de plantas em cultivares de feijão-de-corda com diferentes características de copa. **Revista Ciência Agronômica**, v. 32, p. 69-77, 2001.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO DE FEIJÃO-CAUPI SOB EFEITO DE VERANICO NOS SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de feijão-caupi sob o efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional. Para isso, foi realizado um experimento na Universidade Federal Rural do Semi-árido, utilizando-se a cultivar de feijão-caupi BRS Guariba em plantio direto e convencional. Para aplicação do veranico, a irrigação foi mantida em parte dos tratamentos e cortada em outros por 22 dias, sendo os tratamentos iniciados aos 34 dias após a semeadura, ocasião em que foi verificado o início do florescimento. Entre os 15 e 64 dias após a semeadura foram realizadas, semanalmente, coletas de plantas para avaliação de: matéria seca das folhas (MSF, g planta⁻¹), matéria seca do caule (MSC, g planta⁻¹), matéria seca das flores (MSFL, g planta⁻¹), matéria seca das vagens (MSV, g planta⁻¹), matéria seca total (MST, g planta⁻¹), área foliar (AF, cm²) e índices fisiológicos: índice de área foliar (IAF), razão de área foliar (RAF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), e taxa assimilatória líquida (TAL). Os sistemas de plantio influenciam o crescimento da área foliar, da matéria seca do caule, de folhas, de vagens e total do feijão-caupi. Os índices de crescimento foram influenciados pela fase fenológica da planta (idade) e pelo estresse hídrico. As maiores taxas de crescimento foram alcançadas no sistema de plantio direto. O estresse hídrico afeta negativamente todas as variáveis avaliadas, independentemente do sistema de plantio.

Palavras-chave: Estresse hídrico; Cobertura do solo; *Vigna unguiculata* (L.) Walp; Índices fisiológicos.

COWPEA GROWTH AS AFFECTED BY DRY SPELL IN NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL CROP SYSTEMS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth of cowpea under the influence of dry spell in no-tillage and conventional crop systems. For this purpose an experiment was conducted at the Universidade Federal Rural do Semi-Arido, using the cowpea cultivar BRS Guariba in both crop systems. For the dry spells simulation, irrigation was suspended for 22 days, with the treatments starting at 34 days after sowing, at the onset of flowering. Between 15 and 64 days after sowing plants samples were collected weekly to evaluate dry matter of leaves (MSF, g plant⁻¹), stem (MSC, g plant⁻¹), flowers (MSFL, g plant⁻¹), pods (MSV, g plant⁻¹), and plants d (TDM, g plant⁻¹), and the leaf area (LA, cm²) and it was calculated the physiological indexes: leaf area index (LAI), leaf area ratio (LAR), absolute growth rate (AGR), relative growth rate (RGR) and net assimilation rate (NAR). The tillage systems influenced the growth of leaf area, and the dry matter of stem, leaf, pod and plant. The growth rates were influenced by the plant phenological phase (age) and by water stress. The highest growth rates were achieved in the no-tillage system. Water stress affects negatively all the variables studied, regardless of tillage system.

Keywords: Water stress, Ground Cover, *Vigna unguiculata* (L.) physiological indexes.

1 INTRODUÇÃO

A produtividade das culturas no Nordeste do Brasil, entre elas a do feijão-caupi, bastante cultivado nessa região, é sensível à precipitação e temperatura do ar. A área do Nordeste semiárido é afetada por secas periódicas, conhecidos por veranico, que causam graves consequências sobre uma grande proporção da população rural, dependente da produção de culturas de sequeiro para subsistência. A alta variabilidade climática, em diferentes tempos e escalas de espaço, exerce efeitos sobre a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico da região (SILVA et al., 2010).

A deficiência hídrica causada pelos veranicos é comum a muitas culturas, em especial a do feijão-caupi, e constitui um dos fatores que mais afetam a produção agrícola, influenciando praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal (DAMATTA, 2007).

Um modo de a cultura do feijão-caupi ganhar mais eficiência no uso da água é a utilização do sistema de plantio direto. Esta técnica tem seu fundamento na mínima movimentação do solo, na manutenção da cobertura morta, que permanece sobre a superfície, e na rotação de culturas. A cobertura morta atua como agente isolante, impedindo oscilações bruscas da temperatura do solo e contribuindo para a menor evaporação da água armazenada, com melhor aproveitamento da água no solo pelas plantas (BIZARI et al., 2009; NASCIMENTO et al., 2003). O plantio direto reduz o efeito drástico das condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura (SIMIDU et al., 2010), principalmente quando a cultura é produzida em sequeiro, ocasião onde ocorrem veranicos prolongados na região Nordeste.

Uma forma de avaliar o efeito do plantio direto, bem como uma possível minimização dos efeitos do estresse hídrico na cultura do feijão-caupi, é através da análise de crescimento, a qual descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, o que não é possível com o simples registro do rendimento. Os índices

determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar (fonte), através das folhas, e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos), como estruturas reprodutivas que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono aos locais de utilização ou de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos (LARCHER, 2004).

Para identificar tais alterações, o acúmulo de matéria seca é, talvez, o parâmetro mais significativo, sendo resultante da associação de vários outros componentes (AZEVEDO NETO & TABOSA, 2000). A determinação da matéria seca possibilita a estimativa de taxas de crescimento que quantificam este balanço em determinado momento ou intervalo de tempo de interesse (SILVA et al., 2000).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de feijão-caupi sob o efeito de veranico nos sistemas de plantio direto e convencional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E PREPARO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na horta do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN, entre setembro e dezembro de 2011, em solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 1999). O município de Mossoró-RN é localizado na região semiárida do nordeste brasileiro. Possui coordenadas geográficas 5°11' de latitude sul, 37°20' de longitude W. Gr., e 18 m de altitude. O clima é quente e seco, com temperatura média anual em torno de 27,5°C, umidade relativa de 68,9%, nebulosidade média anual de 4,4 décimos e precipitação média anual de 673,9 mm (CARMO FILHO et al., 1991).

A área utilizada no experimento tem sido cultivada nos sistemas de plantio direto e convencional há quatro anos. Para obtenção da palhada, no sistema de plantio direto, foi realizado, no início do período chuvoso, o plantio com *Brachiaria brizanta*. 30 dias antes da instalação do experimento, foi realizada a dessecação com 1,90 kg ha⁻¹ do herbicida glyphosate.

Nas áreas destinadas ao plantio convencional, foi realizado o preparo do solo por meio de uma aração e duas gradagens. Da área onde foi conduzido o experimento, foi retirada, para cada sistema de plantio, uma amostra composta de solo a uma profundidade máxima de 20 cm para análise química a fim de determinar a adubação (Tabela 1).

Tabela 1- Caracterização química de solos dos sistemas direto e convencional: pH, teor de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e Alumínio. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Sistemas de plantio	pH	MO	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
	(água)	(g/Kg)	(mg/dm ³)		(cmol c /dm ³)		
Plantio convencional	6,1	10,1	220,4	157,3	3,65	1,00	0,15
Plantio direto	6,2	12,9	127,0	160,3	3,40	1,05	0,20

MO: matéria orgânica, P: fósforo, K⁺: potássio, Ca²⁺: cálcio, Mg²⁺: Magnésio, Al³⁺: alumínio.

Após o preparo do solo, foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento na linha de plantio, com emissores de 1,7 L h⁻¹ espaçados 0,3 m. A fim de evitar diferenças no fornecimento de água para os tratamentos, a cada dois dias, foram feitas leituras de um conjunto de tensiômetros instalados a 20 cm de profundidade. Para o controle da irrigação, cada subparcela foi composta de um registro.

O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, sendo feitas duas capinas no sistema convencional, aos 15 e 30 dias após a semeadura (DAS), e uma no sistema de plantio direto até os 25 DAS.

2.2 CULTIVAR E SEMEADURA

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi o BRS Guariba, de crescimento semiereto, destinada à produção de grãos secos. A semeadura e adubação foram realizadas com plantadeira adubadeira manual (matraca), colocando-se quatro sementes por cova, para posterior desbaste, deixando-se duas plantas por cova. A adubação realizada foi de 250 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 6-24-12. O espaçamento adotado foi de 0,3 m entre covas e 0,5 m entre linhas.

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se o esquema de parcelas subsubdivididas, distribuídas no delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Na parcela, os tratamentos foram constituídos de dois sistemas de plantio (convencional e direto). Nas subparcelas, os tratamentos (sem veranico e com veranico a partir dos 34 DAS, quando se observou o início da floração, o período de veranico foi de 22 dias). As subparcelas foram constituídas por quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m, tendo como área útil duas linhas centrais, descartando-se 0,50 m em cada extremidade. Nas subsubparcelas, as coletas foram realizadas semanalmente dos 15 aos 64 DAS.

2.4 VARIÁVEIS AVALIADAS

Em cada época de amostragem foram coletadas plantas, quatro por tratamento, as quais foram fracionadas em folhas, caule, flores e vagens, e em seguida colocadas em estufa com circulação forçada de ar sob temperatura de 65° C, até atingir massa constante. As variáveis avaliadas foram: matéria seca das folhas (MSF, g planta⁻¹), matéria seca do caule (MSC, g planta⁻¹), matéria seca das flores (MSFL, g planta⁻¹), matéria seca das vagens (MSV, g planta⁻¹) e matéria seca total (MST, g planta⁻¹).

A área foliar (AF, cm²) foi determinada pelo método do disco corrigido (LOPES et al., 2011), por meio da multiplicação por uma constante obtida para a cultura através da análise de regressão entre os valores de área de uma amostra de 15

folhas numeradas, obtidos pelo método do disco. Os valores de área foram determinados após análise das imagens obtidas com auxílio de um scanner de mesa das mesmas folhas. Para a determinação das áreas por análise de imagens, foi utilizado o software Sigmascan® (SPSS). Com base na área foliar e nas massas secas, foram determinadas as seguintes características, conforme Benincasa (2003):

Índice de área foliar (IAF): determinado a partir da área foliar (AF) total de cada planta e da área de solo explorada por cada cultura (AES), sendo a AES de 0,075 m², considerando o espaçamento de 0,5 m x 0,3 m, com duas plantas por cova. Desta forma, o IAF foi calculado com base na equação 1:

$$IAF = AF / AES \quad (1)$$

Razão de área foliar (RAF): expressa a área foliar útil para a fotossíntese, é a razão entre a área foliar (AF) e matéria seca total (MST), obtida através da equação 2:

$$RAF = AF/MST \text{ (cm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

Taxa de crescimento absoluto (TCA): representa a massa seca acumulada por intervalo de tempo. É a variação ou incremento entre duas amostragens. É obtida através da equação 3, onde MS₁ e MS₂ são as massas da matéria seca de duas amostragens sucessivas e T₂ e T₁ representam as épocas de amostragem, neste caso, a diferença de tempo foi fixada em sete dias:

$$TCA = (MS_2 - MS_1)/(T_2 - T_1) \text{ (g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

Taxa de crescimento relativo (TCR): a taxa de crescimento da planta é função do tamanho inicial, isto é, o aumento em gramas da massa seca, o qual é relacionado à

massa seca existente no instante em que se inicia o período de observação. A TCR é dada pela equação 4, onde MS_2 e MS_1 são as massas secas de duas amostragens sucessivas e T_2 e T_1 representam as épocas de amostragem:

$$TCR = (\ln MS_2 - \ln MS_1) / (T_2 - T_1), (g\ g^{-1}\ dia^{-1}) \quad (4)$$

Taxa assimilatória líquida (TAL): expressa a taxa de fotossíntese líquida, massa seca produzida (g), por unidade de área foliar (cm^2), por unidade de tempo. A TAL é obtida através equação 5, onde MS_2 e MS_1 são as massas secas de duas amostragens sucessivas, T_2 e T_1 representam as épocas de amostragem e AF_2 e AF_1 representam as áreas foliares de duas amostragens sucessivas.

$$TAL = [(MS_2 - MS_1) / (T_2 - T_1)] \cdot [(\ln AF_2 - \ln AF_1) / (AF_2 - AF_1)] (g\ cm^{-2}\ dia^{-1}) \quad (5)$$

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, com o auxílio do programa estatístico Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2008). As regressões foram geradas utilizando-se o software Sigmaplot 11.0. Na escolha do modelo, levou-se em conta a explicação biológica e a significância do quadrado médio da regressão. Para os parâmetros fisiológicos TCA, TCR e TAL, por serem calculados com base nas amostragens anteriores, somente foram avaliados os comportamentos das curvas nos gráficos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de plantio comportaram-se de forma semelhante, dentro de cada condição hídrica, para as variáveis AF e IAF, em função dos períodos de coletas (Figura 1 e 2). Após os 22 DAS, o sistema de plantio direto apresentou melhores resultados em comparação com o sistema convencional, resultado que persistiu até os 64 DAS, quando irrigado. Na mesma condição, houve, para os dois sistemas, crescimento lento até os 22 DAS, com posterior aumento do investimento em AF até os 43 DAS e, em seguida, um crescimento mais lento até os 54 DAS, período após o qual ocorreu declínio dessas variáveis.

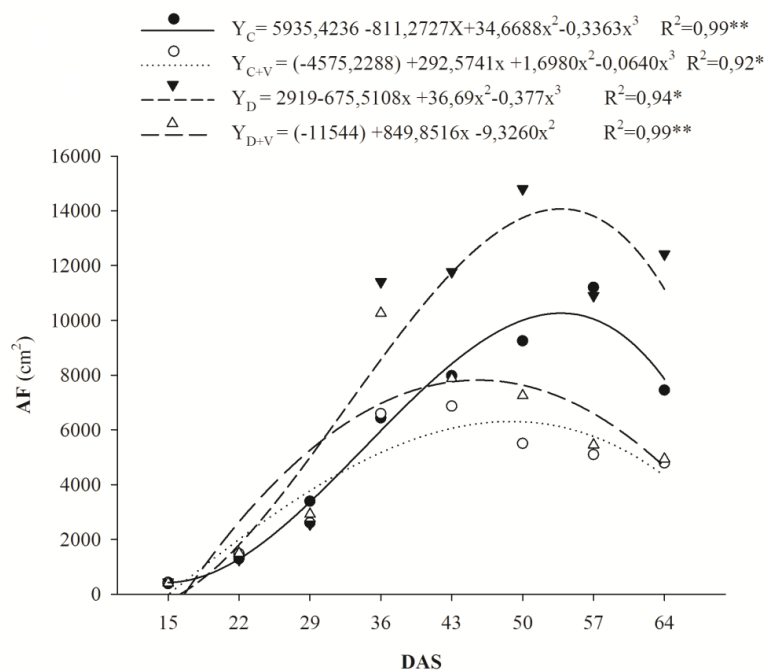


Figura 1- Área foliar (AF) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFRSA, 2011.

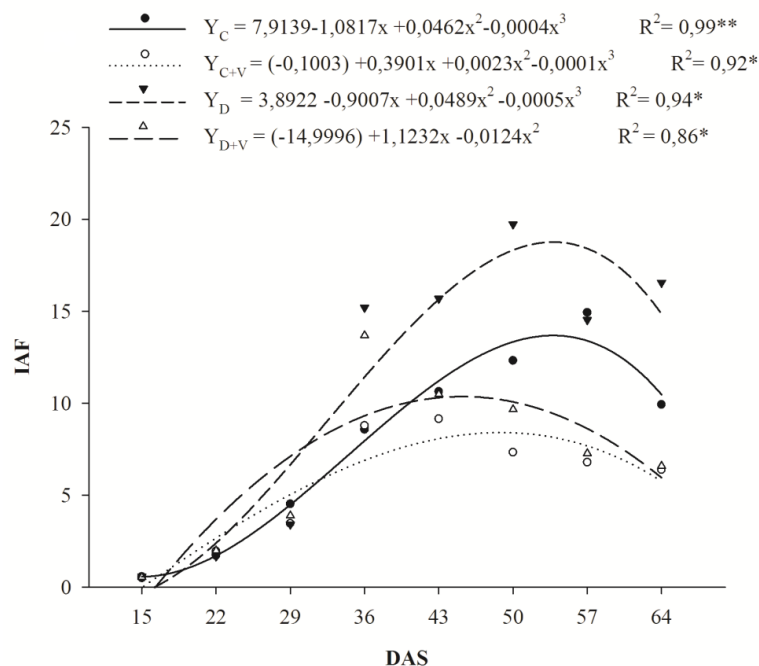


Figura 2- Índice de área foliar (IAF) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Os resultados obtidos por Urchei et al. (2000), trabalhando com feijão-comum, nos sistemas de plantio direto e convencional, mostram que o melhor desenvolvimento da cultura ocorreu no sistema plantio direto. Os autores afirmam, ainda, que este aumento se deveu à maior expansão foliar e à menor abscisão das folhas, implicando na elevação do IAF.

Quando os sistemas foram submetidos ao veranico, após os 34 DAS, ocasião em que foi realizada a suspensão da irrigação, verificou-se inicialmente uma paralisação no aumento da área foliar para ambos os sistemas. Essa resposta foi

observada até próximo dos 50 DAS, verificando-se, após esse período, quedas da AF e IAF, sendo essas quedas mais acentuadas no sistema direto, que ao final do estudo apresentou resultado semelhante ao convencional. Mendes et al. (2007) verificaram que quando ocorreu estresse hídrico na fase reprodutiva houve maior abscisão foliar em comparação à testemunha e que, ao final do ciclo, devido à retomada da irrigação, o tratamento controle apresentou maior abscisão em comparação com o estressado.

O acúmulo de massa seca do caule, para os tratamentos sem veranico, apresentou comportamento sigmoide, com uma diferenciação aos 22 DAS, com valores superiores para o sistema direto, resultado que durou até o final do ciclo. Para esses tratamentos, ocorreu um crescimento lento até os 36 DAS, seguido de um crescimento acelerado e estabilização a partir dos 49 DAS (Figura 3). Este período de maior acúmulo de matéria seca do caule foi devido ao surgimento de hastes florais, que são estrutura anexas ao caule.

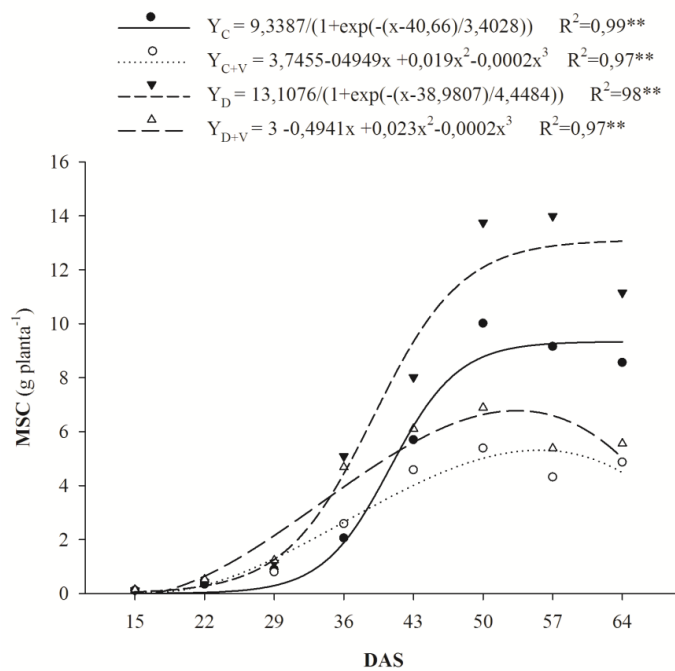


Figura 3 - Acúmulo de matéria seca de caule (MSC) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

O aumento verificado nos sistemas para MSC, após os 36 dias, foi bastante reduzido com o veranico, resultado verificado até os 49 DAS, com um período estável. Após os 58 DAS, ocorreu uma queda. Nas condições relatadas, o sistema de plantio direto apresentou resultados superiores ao convencional, fato que pode ter sido registrado em virtude de, no período anterior ao veranico, ter ocorrido maior investimento das plantas do plantio direto em acúmulo de MSF (Figura 4), verificando-se, logo, maior capacidade fotossintética. Em estudo realizado por Mendes et al. (2007), o estresse hídrico aplicado, tanto na fase vegetativa como na reprodutiva, reduziu a produção de matéria seca da parte aérea das duas cultivares de caupi estudadas.

A evolução do acúmulo de massa seca de folhas apresentou comportamento semelhante entre os sistemas, em cada condição hídrica (Figura 4). Quando irrigado, houve um crescimento até os 54 DAS, quando foi verificado maior acúmulo de MSF, com posterior redução. Nascimento et al. (2004) observaram redução de 48 e 35% para comprimento da haste e número de folhas, com utilização de 40% da água disponível.

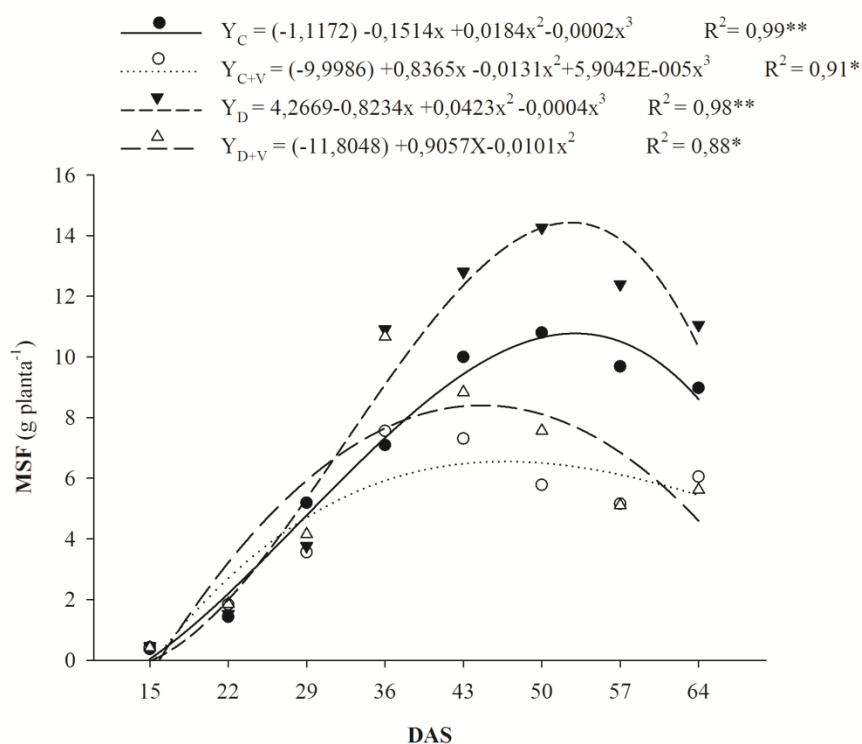


Figura 4- Acúmulo de matéria seca de folhas (MSF) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Para os tratamentos submetidos ao veranico, houve paralisação da emissão de novas folhas. Este resultado pode ser explicado pela paralisação do investimento da planta, em virtude da necessidade de investir em outras estruturas, que passaram a

receber os fotoassimilados produzidos, que funcionaram como dreno. Essas estruturas podem pertencer tanto ao sistema radicular como ao reprodutivo. Segundo Costa et al. (1997), quando as plantas de caupi são submetidas a estresse hídrico, elas diminuem a quantidade de raízes nas primeiras camadas do solo (55%) e aumentam a quantidade nas camadas mais profundas. Já em condições hídricas normais, elas permanecem, em sua grande maioria (67%), na superfície do solo, que possui umidade necessária para a cultura. Larcher (2004) afirma que este pode ser, para algumas espécies, um mecanismo de adaptação à seca.

A resposta dos sistemas direto e convencional ao estresse hídrico, embora não avaliada, pode estar relacionada ao maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas no sistema convencional quando comparado ao sistema direto, porque o fato de o último apresentar maior capacidade de retenção de água nas camadas superficiais do solo pode ter feito as plantas desenvolverem pouco o seu sistema radicular. Alguns autores observaram maior acúmulo de fitomassa total da planta no sistema convencional (LOPES et al., 2009; CARVALHO et al., 2004; SINGER et al., 2007) em anos com deficiência hídrica, e afirmaram que este fato pode estar relacionado ao desenvolvimento do sistema radicular. Com isso, um maior sistema radicular (mais profundo) proporcionaria maior tolerância a um período de estiagem (QIN et al., 2005).

A presença de vagens foi constatada na coleta realizada aos 43 DAS (Figura 5), período em que não foi verificada diferença entre os tratamentos. Em seguida, ocorreu um enchimento lento das vagens. Plantas sem veranico apresentaram, após os 50 DAS, um pico de acúmulo de biomassa das vagens, com maior acúmulo no sistema direto; e aos 57 DAS, ocorreu uma estabilização em ambos os sistemas.

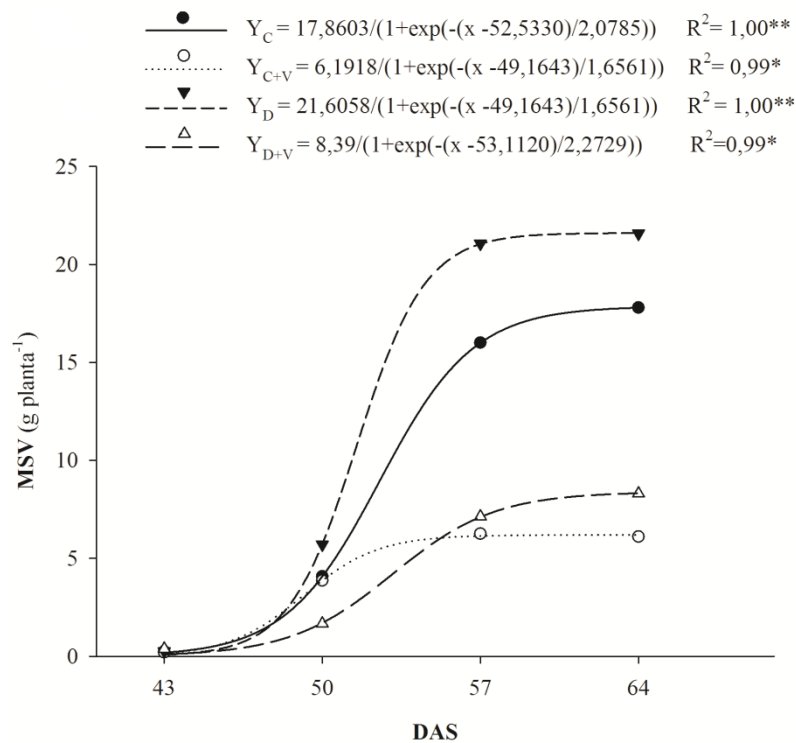


Figura 5- Acúmulo de matéria seca de vagens (MSV) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Plantas submetidas ao veranico não mais apresentaram incremento da MSV aos 52 e 57 DAS, para os sistemas convencional e direto, respectivamente, sendo a MSV do sistema direto superior ao verificado no convencional. Nascimento et al. (2004) observaram que, quando submetido ao estresse hídrico, o caupi apresentou uma redução da matéria seca da vagem de 30%, quando aplicados 40% de água disponível no solo.

Para os sistemas submetidos ao veranico, observou-se, inicialmente, um acúmulo de biomassa das vagens bem menor do que o verificado para os demais tratamentos, situação que parece ter diminuído a formação de vagens. Este fato pode

ter ocorrido devido à redução na produção de flores, verificada quando, aos 43 DAS, os sistemas foram submetidos ao veranico (Tabela 2). Resultados diferentes do que foi observado por Mendes et al. (2007), nos quais o regime hídrico não teve efeito significativo sobre a relação vagem/flor e números de flores por área foliar para o estresse na fase reprodutiva em relação ao controle.

As coletas realizadas entre os dias 36 e 50 após a semeadura foram as que apresentaram flores. Houve uma tendência da coleta realizada aos 43 dias apresentar o maior acúmulo de matéria seca das flores e de os menores valores serem registrados aos 36 DAS, em virtude do início da floração, e aos 50 DAS, por ocasião do fim da floração e formação de vagens. Para esta última variável, não foi verificado efeito da cobertura do solo.

Tabela 2- Valores médios de matéria seca das flores (MSFL) de feijão-caupi sob veranico, em diferentes épocas de coleta. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Tratamentos	Épocas de coleta (DAS)		
	36	43	50
Sem veranico	0,19a	0,49a	0,10a
Com veranico	0,15a	0,39b	0,13a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade.

Observa-se, na figura 6, que correu lenta ampliação, nos primeiros 30 DAS, da MST; tendo ocorrido, após esse período, nos sistemas irrigados, maior acúmulo até os 54 DAS, com posterior tendência à estabilização. Este acúmulo inicial ocorreu devido ao investimento MSF (Figura 4) e à formação de estruturas de sustentação anexas ao caule, como hastes florais, que atingiram seus picos perto dos 54 DAS. O crescimento e a estabilização verificados posteriormente ocorreram principalmente porque o caupi passou a investir os fotoassimilados na produção de MSV, que passa a ser o dreno

principal até sua maturação (Figuras 5). A tendência de maior percentagem de massa seca dos frutos nessa época em relação aos demais órgãos também foi constatada por Fontes et al. (2005); Silva et al., 2010; Lopes et al. (2011) e Linhares et al. (2011).

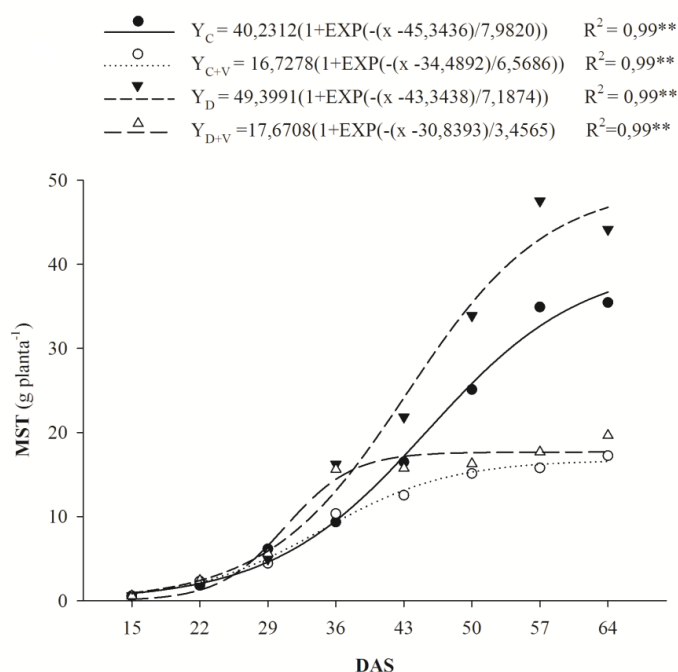


Figura 6- Acúmulo de matéria seca total (MST) de feijão-caupi cultivado no sistema convencional, sem veranico (C) e com veranico (C+V) e no sistema direto, sem veranico (D) e com veranico (D+V). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

As curvas de produção de matéria seca total do feijoeiro-comum, obtidas Urchei et al. (2000), sugerem que o plantio direto possibilitou melhor desenvolvimento dela em comparação com o convencional, o que, segundo o autor, pode ter sido decorrente do aumento da disponibilidade de água no plantio direto. Outros pesquisadores atribuem os melhores resultados do plantio direto à menor evaporação da água do solo, com consequente aumento da água disponível para as plantas, além de

menores temperaturas do solo, o que não ocorre no sistema convencional, porque este apresenta grandes oscilações, com picos de aumento de temperatura (ANDRADE et al., 2002; COSTA et al., 2003; BIZARI et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2002; MARTORANO et al., 2009; ZANETT et al., 2007; SIMIDU et al., 2010).

Nos tratamentos submetidos ao veranico, a MST apresentou resultado tendendo à estabilização após os 40 DAS (Figura 6). Este resultado foi devido à redução da massa seca das folhas ter sido compensada pelo investimento em estruturas reprodutivas anexas ao caule (Figura 3). Embora os valores de MST, em condições normais de irrigação, tenham sido maiores para o sistema direto do que para o convencional, o mesmo não foi observado para eles quando os tratamentos foram submetidos a veranico. Resultados semelhantes foram obtidos por Mendes et al. (2007); Costa et al. (1997); Oliveira et al. (2011) e Leite et al. (2004).

Em trabalho realizado com caupi, Leite et al. (2004) afirmam que os efeitos negativos sobre o crescimento da cultura são maiores quando os déficits hídricos apresentam maior duração, independentemente da fase de aplicação, resultando em progressiva redução da matéria seca total, de folhas, flores e frutos. O mesmo autor observou que em déficits hídricos longos, as plantas diminuíram acentuadamente seu crescimento, evidenciando um período de repouso fisiológico, porém com capacidade de retomar suas atividades após o final do período estressado, com intensa emissão de novas folhas e botões florais, o que demonstra sua aptidão para atravessar condições adversas.

As curvas da razão de área foliar (RAF), em função dos períodos de coleta, evidenciam menor translocação e partição de assimilados da planta para folhas em comparação com a matéria seca (Figura 7). Este decréscimo do investimento em folhas, à medida que a cultura se desenvolve fenologicamente, decorre do surgimento de tecidos e estruturas não assimilatórias, como estrutura de sustentação, flores, vagens e sementes, além do autossombreamento, secamento e queda de folhas com a idade da planta. Esta resposta foi observada em todos os tratamentos estudados.

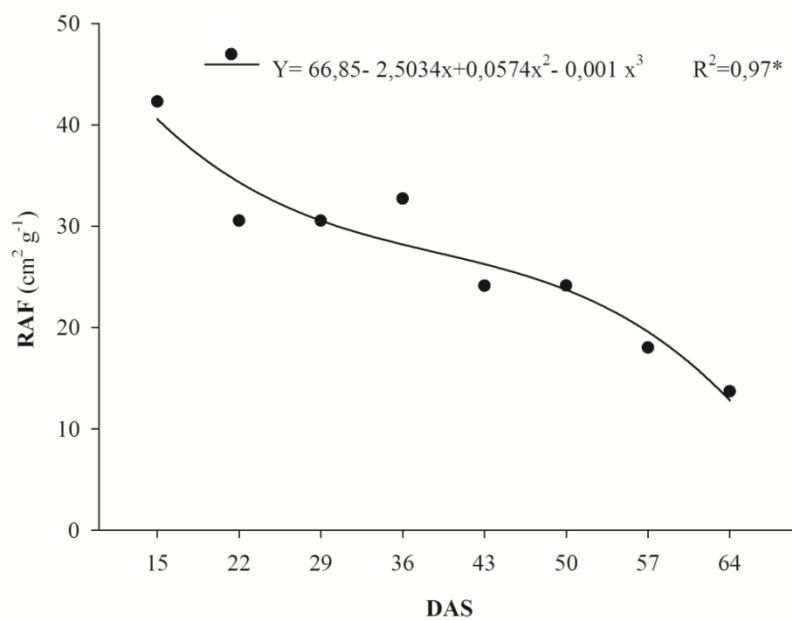


Figura 7- Razão de área foliar (RAF) de feijão-caupi cultivado nos sistemas convencional e direto, sem veranico e com veranico. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

No que diz respeito à taxa de crescimento absoluto (TCA), observa-se que no período entre os 22 e 29 DAS ocorreu um avanço lento para todos os tratamentos estudados (Figura 8). Após este período, houve aumento acelerado, que foi maior no sistema de plantio direto.

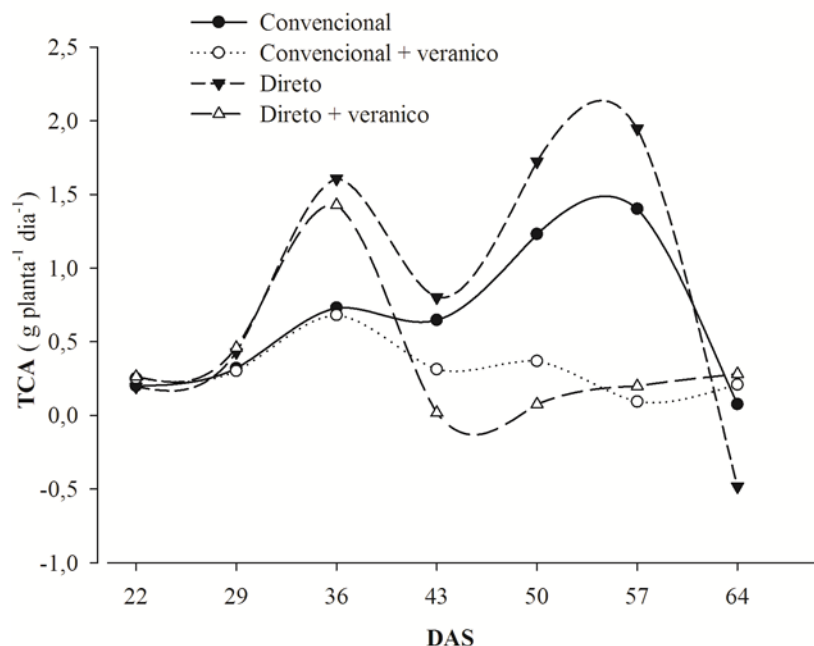


Figura 8- Taxa de crescimento absoluto (TCA) de feijão-caupi cultivado nos sistemas convencional e direto, sem veranico e com veranico. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Aos 36 DAS, houve uma redução da TCA, que foi mais evidente para o sistema direto submetido ao veranico. A partir dos 43 DAS, momento no qual as plantas já estavam submetidas a 9 dias de veranico, as taxas de crescimento absoluto dos sistemas direto e convencional apresentaram comportamentos semelhantes, tendendo a se estabilizar, fato que persistiu até o fim do ciclo da cultura.

A partir dos 43 DAS, houve, para os tratamentos com suprimento hídrico adequado, comportamento semelhante, com retomada do crescimento da TCA até os 54 DAS, sendo este crescimento maior para o sistema direto. Posteriormente, os valores da TCA decresceram bruscamente até o fim do ciclo, sendo esta queda maior para o sistema direto. Esses resultados sugerem que o plantio direto pode ter apresentado maior disponibilidade de água por períodos mais prolongados,

favorecendo sua absorção pelas plantas e aumentando a síntese de fotoassimilados, o que provavelmente levou ao aumento das taxas de produção de matéria seca (URCHEI et al, 2000). De acordo com Souza et al. (1994), a taxa de crescimento absoluto não constitui uma boa avaliação do crescimento, pois a alternância entre ganho e perda de peso da matéria seca, nas diversas fases da cultura, inibe uma melhor avaliação dos resultados como uma apresentação única ou isolada.

O comportamento da taxa assimilatória líquida (TAL) foi semelhante para todos os tratamentos até os 40 dias, com maiores valores verificados no sistema direto (Figura 9). A partir daí, com a aplicação do estresse, o comportamento passou a ser semelhante entre as condições de suprimento hídrico.

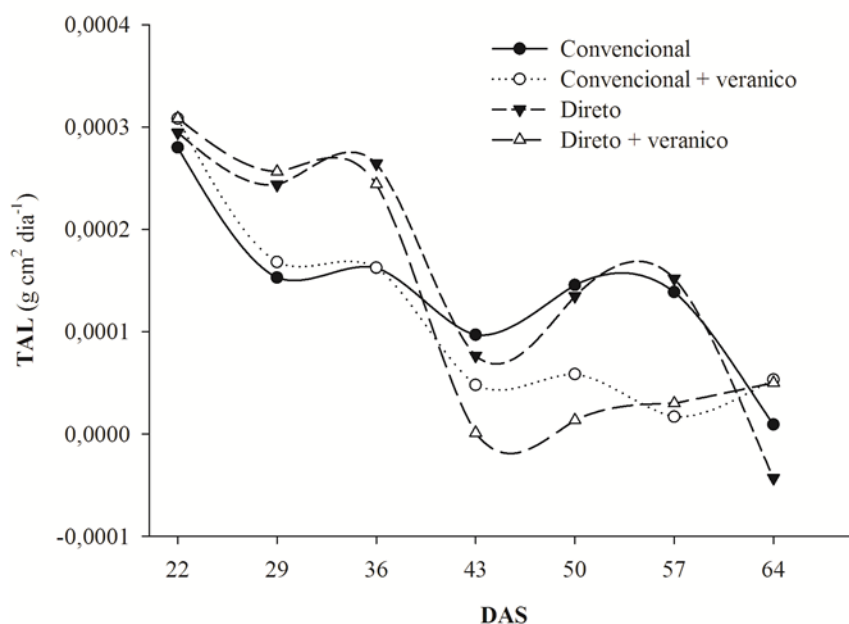


Figura 9- Taxa de assimilatória líquida (TAL) de feijão-caupi cultivado nos sistemas convencional e direto, sem veranico e com veranico. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Plantas que não sofreram veranico tiveram uma retomada do crescimento da TAL a partir dos 43 dias, comportamento verificado até os 54 DAS. Nas avaliações subsequentes, verificou-se redução da TAL.

Embora os valores da TAL, a partir dos 43 DAS, para os tratamentos submetidos ao veranico, tenham sido inferiores aos dos tratamentos com condições hídricas adequadas, ao fim do ciclo, os tratamentos estressados apresentaram TAL superior, em virtude da retomada do crescimento das plantas após o retorno da irrigação.

O comportamento da taxa de crescimento relativo (TCR) foi semelhante ao da TAL, sendo verificado valor máximo para este índice aos 36 DAS (Figura 10). Pode-se definir a TCR como o produto entre a taxa assimilatória líquida e a razão de área foliar (BENINCASA, 2003). Assim, os aumentos e declínios da TCR ao longo do ciclo, ocorrem devido aos aumentos e declínios verificados na taxa assimilatória líquida, sendo esta redução atribuída à diminuição da razão de área foliar e posterior decréscimo da taxa assimilatória líquida.

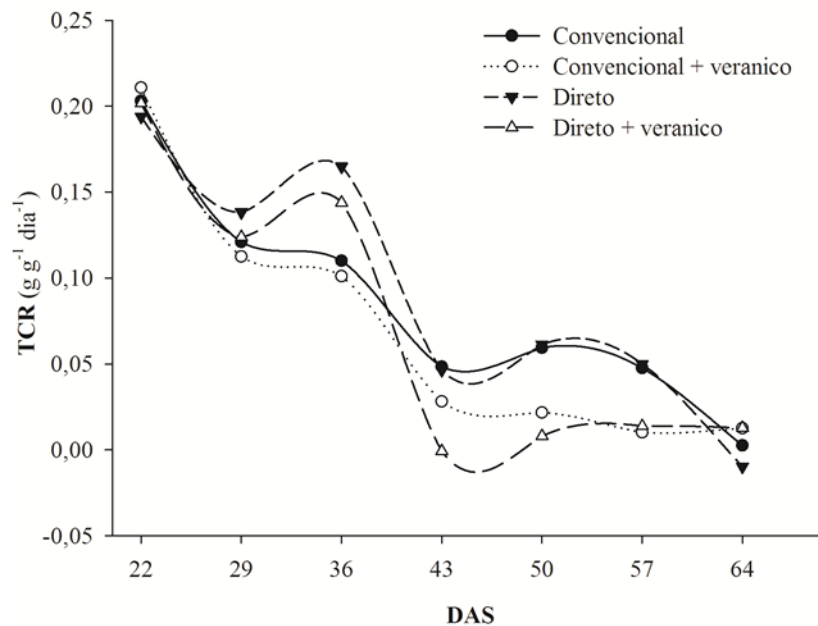


Figura 10- Taxa de crescimento relativo (TCR) de feijão-caupi cultivado nos sistemas convencional e direto, sem veranico e com veranico. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Decréscimos nos valores de TCR ao longo do ciclo são comuns para a maioria das espécies, inclusive para o caupi, estando relacionados aos decréscimos na taxa assimilatória líquida (TAL) e na razão de área foliar (RAF). Com o aumento da massa acumulada pela planta, ocorre aumento da necessidade por fotoassimilados para a manutenção dos órgãos já formados. Assim, a quantidade de fotoassimilados disponível para o crescimento (TCR) tende a ser menor (BENINCASA, 2003).

4 CONCLUSÕES

Os sistemas de plantio influenciam o crescimento da área foliar, da matéria seca do caule, de folhas, de vagens e total do feijão-caupi.

Os índices de crescimento foram influenciados pela fase fenológica da planta (idade) e pelo estresse hídrico.

As maiores taxas de crescimento foram alcançadas no sistema de plantio direto.

O estresse hídrico afeta negativamente todas as variáveis avaliadas, independentemente do sistema de plantio.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. S.; MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; CARVALHO, J. A. Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 35-38, 2002.

AZEVEDO NETO, A. D.; TABOSA, J. N. Estresse salino em plântulas de milho: Parte II Análise do crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 159-164, 2000.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP. 42p. 2003.

BIZARI, D. R.; MATSURA, E. E.; ROQUE, M. W.; SOUZA, A. L. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2073-2079, 2009.

CARMO FILHO F.; ESPÍNOLA SOBRINHO J.; MAIA NETO J. M. **Dados climatológicos de Mossoró: um município semi-árido nordestino**. Mossoró: ESAM, 121p. 1991.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 47-53, 2004.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINTO, J. L. N.; MELO, F. I. O. Produção, componentes e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 43-50, 1997.

DAMATTA, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 239-244, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1999) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 412p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p. 36-41, 2008.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 94-99, 2005.

LARCHER W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima. 531p. 2004.

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.

LINHARES, C. M. S. **Crescimento do feijão caupi sob efeito dos herbicidas fomesafen e bentazon + Imazamox**. Mossoró, 2011. Monografia (Graduação em Agronomia) UFRSA.

LOPE, W. A. R.; NEGREIROS, M. Z.; DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S. O.; SOARES, A. M.; ARAÚJO, A. P. Análise do crescimento de tomate ‘SM-16’ cultivado sob diferentes coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, v. 29, 554-561, 2011.

LOPES, J. P.; MACHADO, E. C.; DEUBER, R.; MACHADO, R. S. Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 839-848, 2009.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 397-405, 2009.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 457-462, 2003.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 174-177, 2004.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 872-882, 2011.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.

QIN, R.; STAMP, P.; RICHNER, W. Impact of tillage and banded starter fertilizer on maize root growth in the top 25 centimeters of the soil. **Agronomy Journal**, v. 97, p. 674-683, 2005.

SILVA, L. C.; BELTRÃO, E. M.; AMORIM NETO, M. S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2000. 47p. (Boletim Técnico, 34).

SILVA, P. I. B. e; NEGREIROS, M. Z. de; MOURA, K. K. C. de F.; FREITAS, F. C. L. de; NUNES, G. H. de S.; SILVA, P. S. L. e; GRANGEIRO, L. C.; Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais, **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 45, n. 2, p. 132-139, 2010.

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. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 1760-1768, 2010.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. L. ; SILVA, M. P. E.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

SINGER, J. W.; LOGSDON, S. D.; MEEK, D. W. Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield. **Agronomy Journal**, v. 99, p. 80-87, 2007.

SOUZA, M. C.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. Tecnologia pós-colheita e produção de melão no estado do RN. **Horticultura brasileira**, v. 12, n. 2, p. 188-190, 1994.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

ZANETTE, S. V.; SAMPAIO, S. C.; SILVESTRE, M. G.; BOAS, M. A. V.; URIBE-OPAZO, M. A.; QUEIROZ, M. F. DE. Análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 239-247, 2007.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI SOB EFEITO DE VERANICO NOS SISTEMAS DE PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes períodos de deficiência hídrica, nos sistemas de plantio direto e convencional, sobre componentes de produção e rendimento de grãos de feijão-caupi, na Região de Mossoró-RN. Para isso, foi realizado um experimento utilizando-se dois sistemas de plantio (convencional e direto) submetidos a períodos de suspensão da irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias), iniciados por ocasião do florescimento (34 dias após a semeadura). A colheita foi realizada aos 70 dias após a semeadura, sendo colhida uma das linhas da área útil, correspondendo a uma linha de 4 m por subparcela, as variáveis avaliadas foram: comprimento de vagens (CV); número de grãos por vagem (NGV); número de vagens por planta (NVP); peso de cem grãos em gramas (PCG) e rendimento de grãos (kg.ha^{-1}). O sistema de plantio direto é mais produtivo do que o convencional quando sob irrigação e em condição de estresse. Os períodos de veranico influenciaram o rendimento de grãos e todos os componentes de produção estudados negativamente, com exceção do peso de cem grãos. Entre os sistemas estudados, o direto é o que proporciona maiores valores para os componentes de produção, exceto peso de cem grãos.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L.) Walp; Cobertura do solo; Estresse hídrico; Rendimento de grãos; Componentes de produção.

COWPEA PRODUCTION AS AFFECTED BY DRY SPELLS IN NO-TILLAGE AND CONVENTIONAL CROP SYSTEMS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of different periods of water shortage in no-tillage and conventional crop systems on cowpea yield components and grain yield in the Mossoró-RN region. For this, an experiment was conducted using two tillage systems (conventional and no-tillage) subjected to periods of irrigation suspension (2, 6, 10, 14, 18, 22 days), started at flowering (34 days after sowing). Plants were harvested 70 days after sowing, and the studied variables were: Pods length (CV), number of grains per pod (NGV), number of pods per plant (NPP), the hundred grains weight (PCG) and grain yield (kg ha^{-1}). The no-tillage system is more productive than the conventional under both irrigation and water stress treatments. The water stress length affected grain yield and all yield components studied in a negative way, except for the hundred grains weight. Among the systems studied, the no-tillage provides higher values for the yield components, except the hundred grains weight.

Keywords: *Vigna unguiculata* (L.), ground cover, water stress, grain yield, yield components

1 INTRODUÇÃO

O Nordeste do Brasil é uma importante região tropical do mundo, contando com uma área de cerca de 1,6 milhões de km², onde mais de 30 milhões de pessoas vivem em regiões semiáridas. A agricultura é principalmente de sequeiro, com produção de culturas de subsistência, como a do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), que apresenta significativa importância socioeconômica como suprimento alimentar, na fixação de mão de obra no campo e como componente da produção agrícola (SILVA et al., 2010; BEZERRA et al., 2008; ROCHA et al., 2009).

Um dos grandes problemas encontrados nessa Região é a irregularidade das chuvas, que faz com que a média do rendimento dessa cultura em sistemas de sequeiro fique entre 300-700 kg ha⁻¹, valor menor do que o rendimento de feijão cultivado em condições hídricas adequadas. Além da deficiência hídrica, provocada pela irregularidade das chuvas, altas temperaturas associadas a períodos críticos, como o estágio de florescimento, provocam redução drástica do rendimento de grãos, aumento na respiração e redução da fotossíntese (BEAVER et al., 2003; MENDES et al, 2007).

A cultura do feijão-caupi tem sido mais pesquisada nos últimos anos, o que tem contribuído para melhorar sua produtividade e rentabilidade, o que, aliado a outros fatores, vem aumentando o interesse de médios e grandes produtores pela cultura (XAVIER et al., 2005; FREIRE FILHO et al., 2005; BEZERRA et al., 2008).

Diversos estudos foram realizados a fim de avaliar o efeito do déficit hídrico no rendimento e/ou componentes produtivos do feijão-caupi, como os realizados por Costa et al (1997); Cordeiro et al (1998); Nascimento et al (2004); Leite et al (2004) e Mendes et al (2007). Os estudos realizados até o momento abordam efeitos provocados pela deficiência hídrica. É preciso, porém, que haja estudos relacionados a técnicas que possibilitem a manutenção da produtividade mesmo em períodos sem chuvas.

Entre as práticas que podem ser estudadas destaca-se o plantio direto, considerado promissor para a cultura do caupi, por utilizar resíduos de cultura para cobertura do solo com a finalidade de manter a umidade deste, podendo ser uma alternativa na diminuição do risco da cultura ao déficit hídrico. Outra vantagem é a redução da temperatura do solo, muito alta na região Nordeste, com a proteção da palhada no solo contra os raios solares, ou seja, o plantio direto reduz o efeito drástico das condições climáticas desfavoráveis ao desenvolvimento da cultura (SIMIDU et al, 2010).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes períodos de veranico, nos sistemas de plantio direto e convencional, sobre componentes produtivos e rendimento de feijão-caupi.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na horta do Departamento de Ciências Vegetais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró-RN, entre setembro e dezembro de 2011, em solo classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA, 1999). O município de Mossoró-RN possui coordenadas geográficas 5°11' de latitude sul, 37°20' de longitude W. Gr., com 18 m de altitude, com uma temperatura média anual em torno de 27,5° C, umidade relativa de 68,9%, nebulosidade média anual de 4,4 décimos e precipitação média anual de 673,9 mm, com clima quente e seco, e está localizado na região semiárida do Nordeste brasileiro (CARMO FILHO et al., 1991).

A área utilizada foi cultivada nos sistemas de plantio direto e convencional nos quatro anos anteriores à instalação do experimento. Para obtenção da palhada, no início do período chuvoso, no sistema de plantio direto, foi realizado o plantio com *Brachiaria brizantha*. 30 dias antes da instalação do experimento, foi realizada dessecação com 1,90 kg ha⁻¹ do herbicida glyphosate.

Nas áreas destinadas ao plantio convencional, foi realizado preparo do solo por meio de uma aração e duas gradagens. Da área onde foi conduzido o experimento, foram retiradas, para cada sistema de plantio, uma amostra composta de solo a uma profundidade de até 20 cm para análise química a fim de determinar a adubação (Tabela 1).

Tabela 1- Caracterização química de solos dos sistemas direto e convencional, pH, teor de matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e alumínio. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Sistemas de plantio	pH (água)	MO (g/Kg)	P (mg/dm ³)	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
					(cmol c /dm ³)		
Plantio convencional	6,1	10,1	220,4	157,3	3,65	1,00	0,15
Plantio direto	6,2	12,9	127,0	160,3	3,40	1,05	0,20

MO: matéria orgânica, P: fósforo, K⁺: potássio, Ca²⁺: cálcio, Mg²⁺: Magnésio, Al³⁺: alumínio.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados completos, no esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas, foram avaliados dois sistemas de plantio (convencional e direto) e nas subparcelas, seis períodos de suspensão da irrigação foram avaliados (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias). A aplicação dos tratamentos (suspensão da irrigação) foi feita por ocasião do florescimento, período em que 70% das plantas apresentaram no mínimo uma flor, aos 34 dias após a semeadura (DAS). As parcelas foram constituídas por quatro linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,5 m, tendo como área útil as duas linhas centrais, descartando-se 0,5 m em cada uma das extremidades. Visando a garantir o isolamento, cada subparcela foi separada por um metro.

Após o preparo do solo e demarcação do experimento, foi instalado um sistema de irrigação por gotejamento na linha de plantio, com emissores de 1,7 L h⁻¹ espaçados de 0,3 m. A fim de evitar diferenças no fornecimento de água para os tratamentos, foram feitas leituras diárias de tensiômetros instalados, de forma casualizada, com dois tensiômetros por tratamento, a 20 cm de profundidade. Para o controle da irrigação, em cada subparcela foi utilizado um registro.

A cultivar de feijão-caupi utilizada foi o BRS Guariba, de crescimento semiereto, destinado à produção de grãos secos. A semeadura e adubação foram realizadas com utilização de uma matraca, regulada para duas a quatro sementes por

cova e 250 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 6-24-12. O espaçamento adotado foi de 0,3 m entre covas e 0,5 m entre linha. Após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando duas plantas por cova.

O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente, sendo realizadas duas capinas no sistema convencional, aos 15 e 30 DAS, e uma no sistema de plantio direto, aos 25 DAS.

A colheita foi realizada aos 70 DAS, sendo colhida uma das linhas da área útil de cada subparcela (4m). Após este processo, foram avaliadas as características agronômicas: a) comprimento de vagens (CV, cm) - determinada pela medição do comprimento, de 10 vagens por subparcela; b) número de grãos por vagem (NGV) - realizada pela contagem do número de grãos das mesmas vagens da variável anterior; c) número de vagens por planta (NVP) - dividindo-se o número total de vagens pelo de plantas da área útil; d) peso de cem grãos em grama (PCG); e) rendimento de grãos (kg.ha⁻¹) – foi determinado o peso de grãos por planta em gramas (PGP), dividindo-se o peso de grãos pelo número de plantas encontradas na área útil. O peso de grãos, em kg, por área útil, foi corrigido para 13% de umidade - $[(100-H_i) \times PG]/(100-H_f)$, onde H_i : umidade de grãos determinada em estufa a 105° C por 24h; H_f : umidade de grãos que deve ser corrigida (13%) e PG produção de grãos na área útil. Com esses valores, foi determinado o rendimento de grãos (kg.ha⁻¹) - calculado por $RG = (10.000 \text{ m}^2 \times PGC \text{ kg})/\text{área útil m}^2$, onde PGC é o peso de grãos corrigido a 13% de umidade da área útil experimental.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2008). As regressões foram geradas utilizando-se o software Sigmaplot 11.0. Na escolha do modelo, levou-se em conta a explicação biológica e a significância do quadrado médio da regressão. Foi feita análise de correlação de Pearson dos valores de rendimento de grãos, nos períodos de estresse, com os componentes de produção.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os sistemas de plantio, houve efeito significativo para as variáveis número de grãos por vagem (NGV), comprimento de vagens (CV), número de vagens por planta (NVP) e rendimento de grãos (RG), não sendo verificado efeito significativo para peso de cem grãos (PCG). Os períodos de veranico promoveram alterações significativas em todas as características produtivas e rendimento. Houve interação entre os sistemas de plantio e os períodos de veranico para todas as variáveis, exceto peso de cem grãos (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância (valores de F) para as variáveis comprimento de vagem (CV, cm), número de grãos por vagem (NGV), número de vagens por planta (NVP), peso de cem grãos (PCG, g) e rendimento de grãos (RG, Kg ha⁻¹) de feijão-caupi submetido a diferentes períodos de veranico (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

FV	CV	NGV	NVP	PCG	RG
Sistema de plantio (SP)	24,82*	123,28**	18,05*	0,012 ^{ns}	54,17**
Veranico (V)	84,38**	135,7**	35,53**	3,93**	76,84**
SP*V	2,53*	10,05**	2,55*	0,699 ^{ns}	2,6*
Médias	16,52	10,21	5,58	20,58	1354,6
CV1(%)	3,79	4,71	35,22	6,21	19,37
CV2(%)	4,52	6,08	14,26	3,94	12,16

*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

**significativo ao nível de 1% de probabilidade.

^{ns}. Não significativo

Aos 2 e 4 dias sem irrigação, os sistemas de plantio não influenciaram o comprimento das vagens, sendo que para o plantio direto este comportamento ocorreu aos 10 dias de veranico (Figura 1). No sistema convencional, com 10 dias de veranico, ocorreu uma redução de 7,8% no comprimento das vagens. Deste período em diante, o sistema de plantio direto, para todos os períodos de veranico, foi superior ao sistema convencional para a característica estudada, com perdas relativas de 6,8; 20,4 e 25,5% para o direto e 16,8; 29,9 e 34,9% para o convencional, aos 14, 18 e 22 dias sem irrigação, respectivamente.

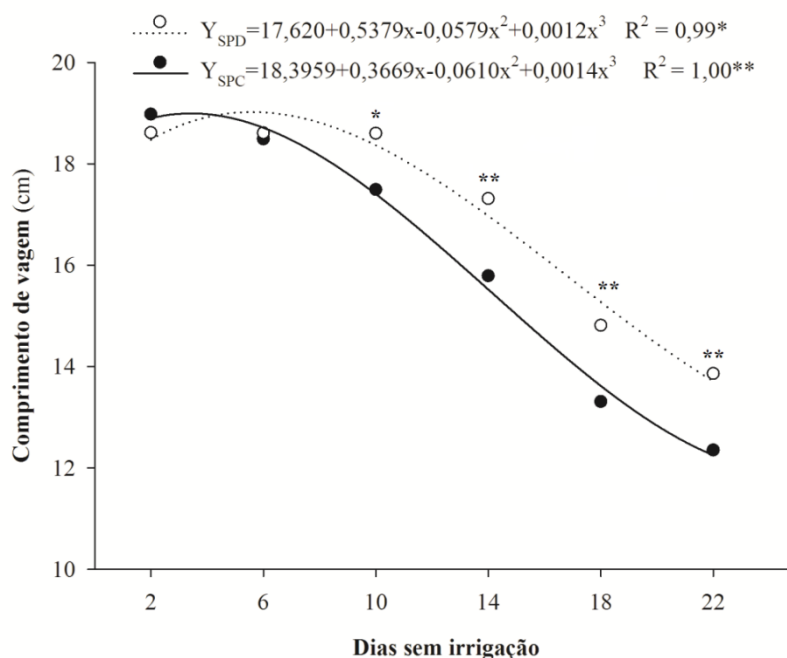


Figura 1 - Comprimento de vagem (CV, cm) do feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Pontos indicam média de quatro repetições e os asteriscos (**) e (*) diferença significativa ao nível de 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F.

Vagens de plantas cultivadas no sistema de plantio direto conseguiram permanecer com o mesmo tamanho por um tempo sem irrigação superior ao registrado no sistema convencional. Este foi o maior motivo para a ocorrência de maior comprimento médio das vagens em plantas de feijão-caupi semeadas no sistema de plantio direto do que registrado no sistema convencional. Nascimento et al. (2004), trabalhando com a cultivar IPA 206 de feijão-caupi, também encontraram redução do comprimento de vagem de 8; 16 e 24%, correspondentes aos níveis de 80; 60 e 40% da água disponível no solo. Já Mendes et al. (2007), trabalhando com estresse hídrico em duas cultivares de caupi, e Oliveira et al. (2011), em trabalho realizado com diferentes lâminas de irrigação na mesma cultura, verificaram que a deficiência hídrica não exerceu influência sobre o comprimento de vagem.

Quanto ao número de sementes por vagem, os sistemas de plantio apresentaram respostas semelhantes aos 2 dias de veranico, mostrando que, nesta condição, o número de sementes por vagem (Figura 2) não é uma característica afetada pelo sistema de plantio.

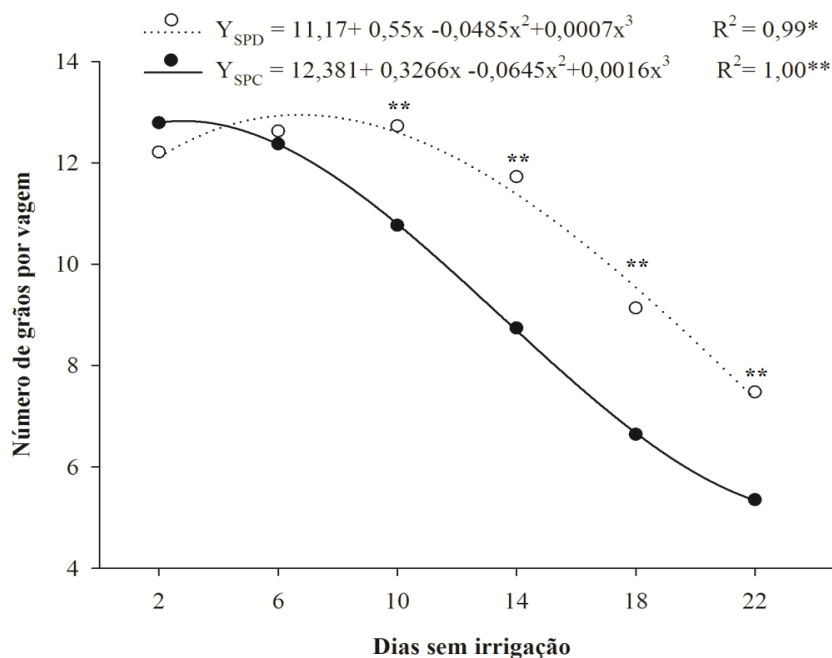


Figura 2- Número de grãos por vagem (NGV) de feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011. Pontos indicam média de quatro repetições e os asteriscos (**) e (*) diferença significativa ao nível de 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F.

Da mesma forma que ocorreu para comprimento de vagens, verificou-se diferença para o número de grãos por vagem apenas após os 10 dias, com o sistema direto mantendo o número de grãos e o convencional com uma redução de, em média, 2 grãos por vagem (15,8%), diferença que permaneceu até o maior período de veranico. Nos períodos de 14, 18 e 22 dias sem irrigação, verificaram-se, para os sistemas direto e convencional, perdas relativas de 4, 25 e 39 e 31, 48 e 58%, respectivamente. Em trabalho realizado com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade Pérola, em sistema de plantio direto, ANDRADE et al. (2002) constataram que todos os componentes da produção não diferiram estatisticamente do

tratamento sem cobertura do solo, com valores do número de grãos por vagem de 5,4 a 6,6; respectivamente. Chieppe Júnior et al. (2007), em estudo realizado com diferentes níveis de cobertura do solos na cultura do feijoeiro, verificaram que com o aumento da cobertura do solo, houve diminuição no número de irrigações e aumento no turno de rega, resultando em uma menor lâmina aplicada e maior eficiência do uso da água, devido à diminuição da evaporação da água do solo, com consequente aumento da disponibilidade de água para as plantas, característica que pode ter sido, no presente trabalho, o motivo pelo qual, nos períodos sem irrigação, o número de grãos por vagem e o comprimento das vagens tenham apresentado maiores valores no sistema de plantio direto.

Plantas de feijão-caupi submetidas a diferentes períodos de veranico apresentaram o maior número de vagens por planta (Figura 3) quando submetidas ao sistema de plantio direto, resultado observado até os 18 dias de veranico. Após esse período, verificou-se que os sistemas não mais diferiam. Aos dois dias sem irrigação, verificou-se que o número de vagens do sistema direto foi de 8,7 e no sistema de plantio convencional esse valor foi de 5,9, representando um incremento de aproximadamente 3 vagens por planta.

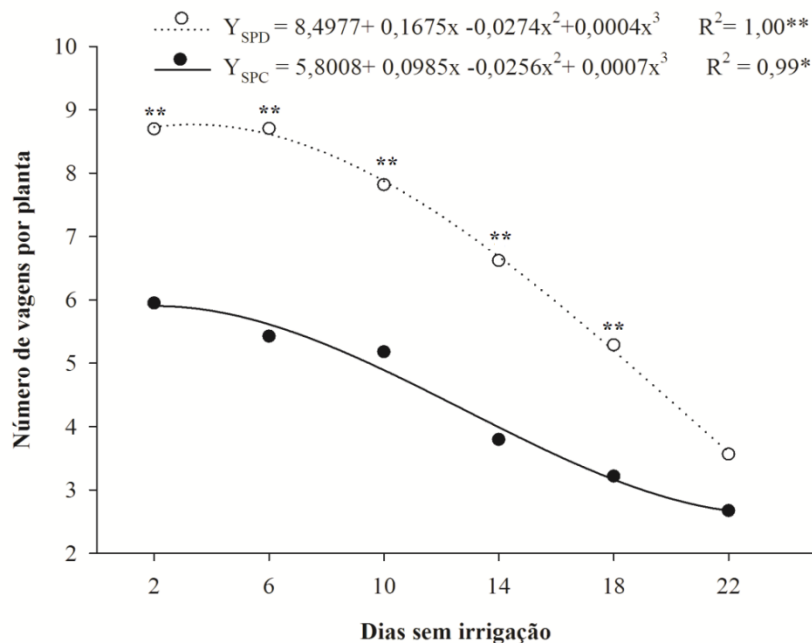


Figura 3- Número de vagens por planta (NVP) do feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011. Pontos indicam média de quatro repetições e os asteriscos (**) e (*) diferença significativa ao nível de 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F.

Nascimento et al. (2004) verificaram que o componente número de vagens por planta foi grandemente afetado pelos níveis de estresse hídrico, e mais severamente do que o ocorrido nos outros componentes de produção, em todos os níveis de déficit hídrico impostos pelos tratamentos. Este comportamento pode ser considerado um mecanismo de resistência à seca, utilizado por esta planta no sentido de buscar melhores condições para superar a falta de água, produzindo quantidade inferior de vagens, suficiente, porém, para a obtenção de sementes, de modo a garantir sua reprodução (LEITE et al., 2000).

Para Mendes et al. (2007), a ocorrência de deficiência hídrica resultou em reduções no número e peso de sementes por planta. Em média, essas perdas ocorreram de forma semelhante para as duas variáveis, em torno de 37,5% quando o déficit hídrico foi aplicado na fase vegetativa e de 49,0% na fase reprodutiva, mostrando que a fase reprodutiva foi a mais crítica. Como estes autores não encontraram diferença no número de grãos por vagem, acredita-se que a redução no número e peso de grãos por planta deveu-se à redução, em condições de deficiência hídrica, do número de vagens por planta.

Quanto aos sistemas de plantio, esses resultados corroboram os obtidos em estudo realizado por Bizare et al. (2009), que, avaliando o consumo de água e produção de grãos do feijoeiro (*P. vulgaris* L.) irrigado em sistemas plantio direto e convencional, observaram que entre os componentes da produção, os sistemas de manejo do solo não afetaram significativamente esses parâmetros, exceto para o número de vagens, que foi maior nas plantas do feijoeiro em sistema de plantio direto, diferindo estatisticamente do sistema convencional (8,44), com um incremento de três vagens por planta no primeiro. Os resultados diferem também dos encontrados por ANDRADE et al. (2002), que, trabalhando com o feijoeiro em plantio direto e convencional, não verificaram diferença significativa para esta variável.

Embora os sistemas de manejo tenham apresentado diferenças para todas as variáveis analisadas, o peso de cem grãos (Figura 4) parece não ser uma característica influenciada pelos sistemas de manejo, com valores médios de 20,57 e 20,60, para os sistemas direto e convencional. Esta é, porém, uma variável modificada pelo período de veranico, com resultados melhores justamente nos períodos de maiores decréscimos das variáveis estudadas até o momento, aos 10 e 14 dias de estresse, e piores resultados com o maior fornecimento hídrico. Esses resultados são diferentes dos encontrados por Mendes et al. (2007), que não verificaram efeito entre os períodos de estresse hídrico.

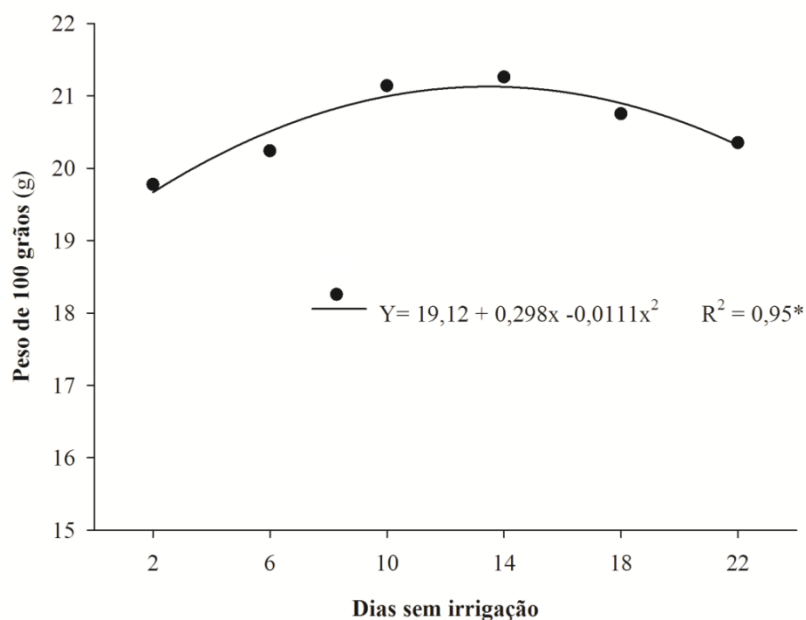


Figura 4- Peso de cem grãos (PCG, g) do feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Observa-se na Figura 5 que ocorreu decréscimo no rendimento de grãos com o aumento do tempo de veranico, resultado observado para os dois sistemas, sendo verificadas perdas de 1372 e 1210 kg ha⁻¹ para plantio direto e convencional, respectivamente, entre o menor e o maior período de veranico. Oliveira et al. (2011), avaliando lâminas de irrigação na cultura do caupi, observaram que a menor lâmina de irrigação aplicada (187 mm) reduziu consideravelmente a produção de grãos (43,3%), em comparação com a maior lâmina (273,4 mm).

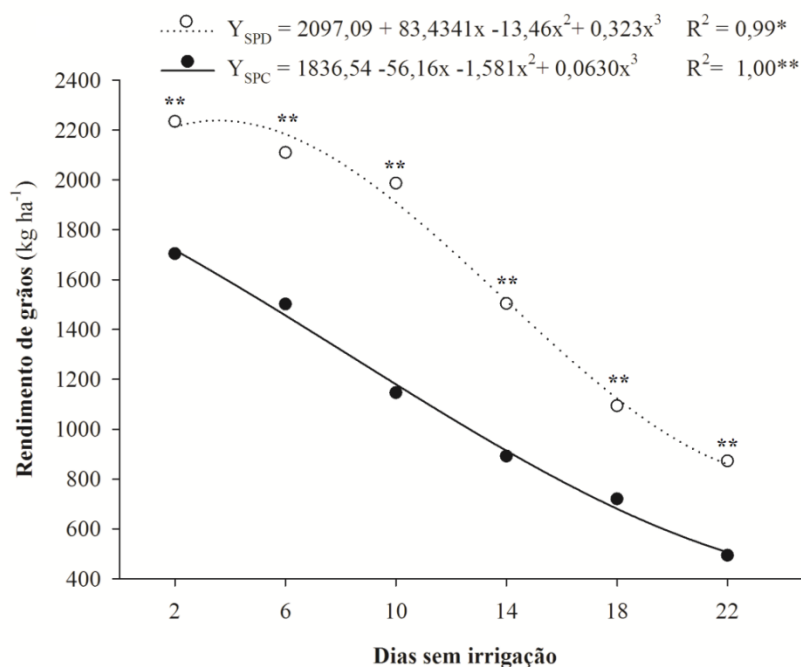


Figura 5 - Rendimento de grãos (RG, Kg ha⁻¹) do feijão-caupi submetido a diferentes períodos sem irrigação (2, 6, 10, 14, 18, 22 dias após o florescimento) nos sistemas de plantio direto e convencional. Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Pontos indicam média de quatro repetições e os asteriscos (**) e (*) diferença significativa ao nível de 1 e 5% de probabilidade, pelo teste F.

Ocorreu diferença significativa para todos os períodos de veranico estudados, com maiores rendimentos obtidos no sistema de plantio direto. Aos 2 dias sem irrigação, a produção de grãos foi de 2234,16 e 1705 kg ha⁻¹, correspondendo aos sistemas direto e convencional, um ganho de 24%. Não existem trabalhos na literatura mostrando a produtividade do feijão-caupi em plantio direto, embora existam indicativos da produção dessa cultura na entressafra da soja e outras culturas na região Centro-Oeste com cultivo altamente tecnificado, como relatado por Freire Filho (2011). Para plantio convencional, o rendimento obtido foi superior ao encontrado por

Freitas et al. (2009), que obtiveram um rendimento de 1350Kg ha⁻¹ na mesma região e de Oliveira et al. (2011), que obtiveram 1420 Kg ha⁻¹.

A redução do rendimento de grãos, observada entre os sistemas, foi de 12, 33, 48, 58, e 71% para o convencional e 6, 11, 32, 51, e 60% para o direto, aos 6, 10, 14, 18 e 22 dias de veranico, respectivamente. Observa-se que as perdas do sistema de plantio convencional foram superiores a 30% após os 10 dias sem irrigação. Este valor só foi verificado para o sistema direto após os 14 dias, mostrando uma tolerância ao veranico de 4 dias do sistema direto em comparação ao convencional.

Os melhores resultados alcançados no sistema direto podem estar relacionados à maior retenção de água no solo coberto com palhada, à redução da temperatura máxima e à diminuição das oscilações de temperatura do sistema, fato também verificado por Andrade et al. (2002), Costa et al. (2003), Bizari et al. (2009), Oliveira et al. (2002), Martorano et al. (2009), Zanett et al. (2007) e Simidu et al. (2010).

Bizare et al. (2009) obtiveram para o feijoeiro uma produtividade no sistema de plantio direto de 2.337kg ha⁻¹, superando em 36,2% a obtida no convencional (1.492kg ha⁻¹), e maior eficiência do uso da água, com uma melhora de 45%. O autor ressalta a importância da cobertura morta no processo de diminuição da evaporação da água no solo, com consequente aumento da disponibilidade de água para as plantas em comparação com o sistema convencional.

Urchei et al. (2000), trabalhando com o crescimento do feijoeiro em plantio direto e convencional, observaram que as curvas de produção de matéria seca sugeriram que o plantio direto possibilitou melhor desenvolvimento da cultura, o que pode ter sido decorrente de uma maior disponibilidade de água deste sistema em relação ao convencional. Os autores observaram ainda correlação significativa e positiva entre produção de grãos e acúmulo de MST, o que mostra que o maior rendimento encontrado no plantio direto, no presente trabalho, pode ter ocorrido em virtude de esse sistema propiciar maior acúmulo de biomassa, e consequentemente

maior área fotossintética, o que fez com que o sistema apresentasse maior capacidade de obter acréscimo no número de vagens e rendimento.

Pode-se observar que todos os componentes de produção, com exceção do peso de cem grãos, apresentaram correlação positiva com o rendimento de grãos (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo, exceto peso de cem grãos, com os obtidos por outros pesquisadores, que afirmam haver uma tendência de incremento no rendimento de grãos através do aumento dos componentes de produção, como número de vagens por planta, grãos por vagem e peso de 100 grãos, demonstrando uma relação direta entre esses componentes e a produção. O número de vagens por planta, por exemplo, tem sido utilizado, atualmente, para se efetuar a seleção indireta em gerações segregantes de feijão, por ser de fácil determinação e apresentar correlação alta e positiva com a produtividade (FERRÃO et al., 2001; COELHO et al., 2002; FURTADO et al., 2002; ARF et al., 2011).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson dos valores de rendimento de grãos (RG, kg ha⁻¹) em períodos de veranico (2, 6, 10, 14, 18 e 22), com os valores dos componentes de produção, peso de 100 grãos (PCG, g), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV) e número de vagens por planta de feijão-caupi, nos sistema de plantio direto (SPD) e convencional (SPC). Mossoró/RN, UFERSA, 2011.

Componentes de produção	RG	
	SPD	SPC
PCG	-0,523 ^{ns}	-0,372 ^{ns}
CV	0,972**	0,962**
NGV	0,930**	0,980**
NVP	0,984**	0,974**

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

^{ns} Não significativo

4 CONCLUSÕES

O sistema de plantio direto é mais produtivo do que o convencional quando em irrigação e sob condição de estresse.

Os períodos de veranico influenciaram negativamente o rendimento de grãos e todos os componentes de produção estudados, com exceção do peso de cem grãos.

Entre os sistemas estudados, o direto é o que proporciona maiores valores para os componentes de produção, exceto peso de cem grãos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. S.; MOREIRA, J. A. A.; STONE, L. F.; CARVALHO, J. A. Consumo relativo de água do feijoeiro no plantio direto em função da porcentagem de cobertura morta do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 35-38, 2002.

ARF, M. V.; BUZETTI, S.; ARF, O.; KAPPES, C.; FERREIRA, J. P.; GITTI, D. C.; YAMAMOTO, C. J. T. Fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em feijoeiro de inverno sob sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 430-438, 2011.

BEAVER, J. S.; ROSAS, J. C.; MYERS, J.; ACOSTA, J.; KELLY, J. D.; NCHIMBI-MSOLLA, S.; MISANGU, R.; BOKOSI, J.; TEMPLE, S.; ARNAUD-SANTANA, E.; COYNE, D. P. Contributions of the bean/cowpea CRSP to cultivar and germplasm development in common bean. **Field Crop Research**. v. 82, p. 2-3, 2003.

BEZERRA, A. A. C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, p. 85-93, 2008.

BIZARI, D. R.; MATSURA, E. E.; ROQUE, M. W.; SOUZA, A. L. Consumo de água e produção de grãos do feijoeiro irrigado em sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2073-2079, 2009.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados climatológicos de Mossoró: um município semi-árido nordestino**. Mossoró: ESAM, 1991. 121p.

CHIEPPE JÚNIOR, J. B.; PEREIRA, A. L.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; KLAR, A. E. Efeito de níveis de cobertura do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro irrigado, em sistema de plantio direto. **Irriga**, v. 12, n. 2, p. 177-184, 2007.

COELHO, A. D. F.; CARDOSO, A. A.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, G. A. A.; FURTADO, M. R.; AMARAL, C. L. F. Herdabilidades e correlações da produção do feijão e dos seus componentes primários, nas épocas de cultivo da primavera-verão e do verão-outono. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 211-216, 2002.

CORDEIRO, L. G.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, J. J. A.; MIRANDA, E. P. Fator de sensibilidade ao déficit hídrico da cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) walp.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 153-157, 1998.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 3, p. 527-535, 2003.

COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINTO, J. L. N.; MELO, F. I. O. Produção, componentes e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 43-50, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação. 1999, 412p.

FERRÃO, M. A. G.; VIEIRA, C.; CRUZ, C. D.; CARDOSO, A. A. Causas genéticas das correlações entre caracteres do feijoeiro avaliados no inverno. **Revista Ceres**, v. 48, n. 279, p. 573-582, 2001.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p. 36-41, 2008.

FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil**: Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Terezina: EMBRAPA meio Norte, 2011, 84p.

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

FREITAS, F. C. L.; MEDEIROS, V. F. L. P.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, M. G. O.; NASCIMENTO, P. G. M. L.; NUNES, G. H. Interferência de plantas daninhas na cultura do feijão-caupi. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 241-247, 2009.

FURTADO, R. M.; CRUZ C. D.; CARDOSO, A. A.; COELHO, A. D. F.; PETERNELLI, L. A. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura do milho. **Ciência Rural**, v. 32, n. 2, p. 217-220, 2002.

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. 01, p. 43-51, 2004.

LEITE, M. L.; RODRIGUES, J. D.; VIRGENS FILHO, J. S. Efeitos do déficit hídrico sobre a cultura do caupi, cv. EMAPA-821. III – Produção. **Revista de Agricultura**, v. 75, n. 1, p. 9-20, 2000.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 4, p. 397-405, 2009.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

NASCIMENTO, J. T.; PEDROSA, M. B.; TAVARES SOBRINHO, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 174-177, 2004.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 872-882, 2011.

OLIVEIRA, T. K.; CARVALHO, G. J.; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1079-1087, 2002.

ROCHA, M. M.; CARVALHO, K. J. M.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. C. A.; GOMES, R. L. F.; SOUSA, I. S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 270-275, 2009.

SILVA, V. P. R., AZEVEDO, P. V., BRITO, R. S., CAMPOS, J. H. B. C., Evaluating the urban climate of a typically tropical city of northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**. v. 161, n. 1-4, p. 45-59, 2010.

SIMIDU, H. M.; SÁ, M. E.; SOUZA, L. C. D.; ABRANTES, F. L.; SILVA, M. P.; ARF, O. Efeito do adubo verde e época de semeadura sobre a produtividade do feijão, em plantio direto em região de cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 309-315, 2010.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RUMJANEK, N. G.; FREIRE FILHO, F. R. Variabilidade genética em acessos de caupi analisada por meio de marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 353-359, 2005.

ZANETTE, S. V.; SAMPAIO, S. C.; SILVESTRE, M. G.; BOAS, M. A. V.; URIBE-OPAZO, M. A.; QUEIROZ, M. F. DE. Análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 239-247, 2007.