

## Produção de milho e leguminosas em sistemas consorciados para regiões semiáridas

### Production of millet and legumes in consortium systems for semiarid regions

### Producción de mijo y legumbres en sistemas de consorcio para regiones semiáridas

Recebido: 02/02/2023 | Revisado: 16/02/2023 | Aceitado: 17/02/2023 | Publicado: 22/02/2023

#### **Mirna Clarissa Rodrigues de Almeida**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7927-1329>  
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil  
E-mail: [mirna.26almeida@gmail.com](mailto:mirna.26almeida@gmail.com)

#### **Maurício Luiz de Mello Vieira Leite**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4241-241X>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [nopalea21@yahoo.com.br](mailto:nopalea21@yahoo.com.br)

#### **Eduardo Soares de Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5488-5284>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [eduardo.souza.rd@gmail.com](mailto:eduardo.souza.rd@gmail.com)

#### **José Nildo Tabosa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0759-8071>  
Instituto Agrônomo de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [nildo.tabosa@ipa.br](mailto:nildo.tabosa@ipa.br)

#### **Dennys Melo de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6370-8124>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [dennysmelo15@gmail.com](mailto:dennysmelo15@gmail.com)

#### **Fredson Luan Queiroz dos Anjos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5168-2289>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [fredsonluanluan@gmail.com](mailto:fredsonluanluan@gmail.com)

#### **Catriel Henrique Edgard Dantas Cardozo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9710-5455>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [catrielhenrique.dantas@gmail.com](mailto:catrielhenrique.dantas@gmail.com)

#### **Igor Masterson de Farias**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6436-3201>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [igormastersonfarias@gmail.com](mailto:igormastersonfarias@gmail.com)

#### **Layane Ferreira Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9309-3722>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [layane.f@outlook.com](mailto:layane.f@outlook.com)

#### **Álefe Chagas de Lima Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7021-4037>  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [alefechagas@outlook.com](mailto:alefechagas@outlook.com)

### **Resumo**

A utilização de sistemas de produção sustentáveis e com viabilidade econômica é de extrema importância. Portanto, estudo busca compreender as respostas do sistema solo-planta com a associação do uso da cobertura morta vegetal e o sistema de consórcio de gramínea e leguminosa. Para isto, realizou-se uma revisão bibliográfica narrativa. O milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) é uma planta de ciclo anual curto com baixa exigência hídrica (450-700 mm). Quando cultivada sob cobertura morta para a produção de forragem, seu rendimento foi elevado. Isto porque o uso da cobertura morta no solo pode aumentar a infiltração da água no solo, contribuindo para maior eficiência do uso da água nas plantas. Além disso, esta prática pode aumentar a população microbiana do solo e a fertilidade. Concomitantemente, o cultivo de milho consorciado com leguminosas como o feijão-caupi e o feijão-guando pode contribuir para um maior rendimento de cultivo em regiões semiáridas. O consórcio entre gramíneas e leguminosas, desde que sejam compatíveis em termos de desenvolvimento, pode acarretar em altos benefícios para a produção do sistema, pois a fixação biológica do N atmosférico pode aumentar a produção de biomassa e qualidade da forragem para alimentação animal. Apesar de suas inúmeras vantagens, o uso da cobertura morta no cultivo de milho e o consórcio com leguminosas ainda necessita de maiores definições técnicas e precisa ser melhor estudado. Principalmente no que diz respeito ao manejo associado dessas duas práticas (cobertura morta e consórcio).

**Palavras-chave:** Cobertura Morta; Consórcio; Forragem; Produção Animal.

### Abstract

The use of sustainable and economically viable production systems is extremely important. Therefore, the study seeks to understand the responses of the soil-plant system with the association of the use of mulch and the intercropping system of grasses and legumes. For this, a narrative bibliographic review was carried out. Pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) is a plant with a short annual cycle and low water requirement (450-700 mm). When cultivated under mulch for forage production, its yield was high. This is because the use of soil mulch can increase water infiltration into the soil, contributing to greater water use efficiency in plants. Furthermore, this practice can increase soil microbial population and fertility. Concomitantly, the cultivation of millet intercropped with legumes such as cowpea and guan bean can contribute to a higher crop yield in semi-arid regions. The consortium between grasses and legumes, as long as they are compatible in terms of development, can lead to high benefits for the production of the system, since the biological fixation of atmospheric N can increase the production of biomass and forage quality for animal feed. Despite its numerous advantages, the use of mulch in millet cultivation and intercropping with legumes still needs further technical definitions and needs to be better studied. Especially with regard to the associated management of these two practices (mulch and consortium).

**Keywords:** Mulch; Consortium; Forage; Animal Production.

### Resumen

El uso de sistemas de producción sostenibles y económicamente viables es de suma importancia. Por lo tanto, el estudio busca comprender las respuestas del sistema suelo-planta con la asociación del uso de mulch y el sistema de cultivo intercalado de gramíneas y leguminosas. Para ello se realizó una revisión bibliográfica narrativa. El mijo perla (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) es una planta de ciclo anual corto y bajo requerimiento hídrico (450-700 mm). Cuando se cultivó bajo mantillo para la producción de forraje, su rendimiento fue alto. Esto se debe a que el uso de mantillo de suelo puede aumentar la infiltración de agua en el suelo, lo que contribuye a una mayor eficiencia en el uso del agua en las plantas. Además, esta práctica puede aumentar la población microbiana y la fertilidad del suelo. Al mismo tiempo, el cultivo de mijo intercalado con leguminosas como el caupí y el frijol guan puede contribuir a un mayor rendimiento de los cultivos en las regiones semiáridas. El consorcio entre gramíneas y leguminosas, siempre que sean compatibles en términos de desarrollo, puede generar altos beneficios para la producción del sistema, ya que la fijación biológica del N atmosférico puede incrementar la producción de biomasa y la calidad del forraje para la alimentación animal. Apesar de sus numerosas ventajas, el uso de mantillo en el cultivo de mijo y el cultivo intercalado con leguminosas aún necesita más definiciones técnicas y debe estudiarse mejor. Especialmente en lo que se refiere a la gestión asociada de estas dos prácticas (mulch y consorcio).

**Palabras clave:** Mantillo; Consorcio; Forraje; Producción Animal.

## 1. Introdução

Os ambientes áridos, semiáridos e subúmidos abrangem aproximadamente 45,4% da superfície terrestre, ocupando uma área de aproximadamente 66,7 milhões de km<sup>2</sup> com uma população média de dois bilhões de pessoas (Pravalié, 2016; Oliveira Filho et al., 2019). Estas regiões são caracterizadas por apresentarem baixa precipitação pluviométrica com distribuição irregular, solos jovens com profundidade rasa e pouca água disponível no solo (Wei et al., 2016b; El-Mageed et al., 2018).

A baixa disponibilidade hídrica torna-se um agravante socioeconômico já que esta condição não permite o cultivo da maioria das espécies agrícolas (Marengo et al., 2011; Jha e Srivastava, 2018). Isto porque, a pouca água disponível no solo, associado a altas temperaturas do ar, alto índice de radiação solar e baixa umidade relativa do ar pode interferir na estrutura morfológica das culturas e causar mudanças fisiológicas como redução da abertura estomática, com implicações diretas nas trocas gasosas das plantas, acarretando em perdas severas de produtividade (Mendes et al., 2007; Santos et al., 2009; Peixoto, 2011).

Além disso, é cada vez maior o número de áreas degradadas devido ao manejo inadequado do solo, provocando compactação, desestruturação, perda da camada superficial e salinização (Ferreira, Tavares Filho e Ferreira, 2010; Guimarães et al., 2013). A ausência de práticas como manutenção da fertilidade do solo, inadequada qualidade da água de irrigação, presença de animais acima da capacidade de suporte no pasto são exemplos de manejos que provocam degradação e diminuição do potencial produtivo em regiões semiáridas (Zimmer et al., 2012; Oliveira Filho et al., 2019; Castro e Santos, 2020).

Estes são problemas recorrentes do Semiárido brasileiro, onde a pecuária destaca-se como uma das principais atividades econômicas (Bezerra et al. 2010; Farias et al., 2014). No entanto, esta atividade tem reduzido a produtividade devido a

irregularidade na oferta de forragem para os animais (Andrade et al., 2010; Pereira Filho et al., 2013; Leite et al., 2014). Em decorrência das características edafoclimáticas desta região a produção pecuária é baseada no uso da Caatinga como suporte forrageiro (Santos et al., 2011). Nesse contexto, para melhorar a capacidade de suporte e sustentabilidade da atividade, estratégias de convivência com o Semiárido brasileiro devem ser aplicadas (Pereira Filho et al., 2013).

A utilização de sistemas de produção sustentáveis e com viabilidade econômica é de extrema importância. Visando obter uma alta produtividade, espécies adaptadas à baixa disponibilidade de água no solo e altas temperaturas do ar, devem ser escolhidas. Como por exemplo, o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) que possui tolerância ao déficit hídrico, pode ser utilizado tanto na alimentação humana quanto de animais (Guimarães Junior et al., 2009; Sheahan, 2014; Taylor, 2016; Almeida et al., 2017).

Além disso, outras estratégias de cultivo devem ser adotadas, como o uso da cobertura morta. A utilização de cobertura morta é uma prática viável para reter a umidade do solo, aumentar a fertilidade, melhorar suas propriedades físicas e reduzir os efeitos da erosão (Ratan et al., 2011; Ozpinar e Ozpinar, 2015; Comino et al., 2017). Esta prática de baixo custo tem se caracterizado como uma importante estratégia sustentável e sua utilização vêm aumentando em países como EUA, Brasil, Argentina, Canadá e Austrália (Kurothe et al., 2014). O uso da cobertura morta, aumenta a capacidade fotossintética de culturas, melhoram o rendimento e eficiência do uso da água e promove melhor aproveitamento da água da chuva (Borges et al., 2014; Zhang et al., 2019; Xiao et al., 2019)

Outra ação importante é o sistema de cultivo em consórcio. O cultivo de gramíneas consorciadas com leguminosas pode ser uma alternativa interessante, pois pode proporcionar uma elevada produção de forragem favorecido pelo fornecimento de nitrogênio proveniente da fixação biológica das leguminosas (Balbinot Junior et al., 2008; Calvo et al., 2010). Além disso, o cultivo de leguminosas como feijão-guandu e feijão-caupi constituem a base econômica e alimentar de algumas regiões semiáridas (Souza et al., 2011; Brito et al., 2012; Vanlauwe et al., 2019).

Estas duas práticas agrícolas promovem uma gama de alterações no sistema solo-planta. As pesquisas até então realizadas constataam um aumento na produção do milheto em consórcio com leguminosas como feijão-de-porco (Teixeira et al., 2005), feijão guandu (Tiritan et al., 2013), e feijão-caupi (Nelson et al., 2018). Porém, não foram encontrados até o momento, trabalhos que relatem as respostas morfofisiológicas do milheto cultivado sobre cobertura morta e em consórcio com leguminosas em ambiente semiárido. Visando contribuir para a melhoria das práticas de convivência com ambientes semiáridos, este estudo busca compreender as respostas do sistema solo-planta com a associação do uso da cobertura morta vegetal e o sistema de consórcio de gramínea e leguminosa.

## 2. Metodologia

Trata-se de uma revisão de literatura narrativa com uma abordagem qualitativa, com o intuito de demonstrar os principais pontos discutidos sobre o sistema solo-planta com a associação do uso da cobertura morta vegetal em sistemas de consórcio de gramíneas com leguminosas, com foco no consórcio entre o milheto, feijão-caupi e feijão-guandu. Seguindo as diretrizes de Corrêa et al. (2013), através da revisão narrativa buscou-se abranger neste trabalho as principais informações fornecidas até o momento desta pesquisa, sobre o cultivo do milheto, o seu consórcio com leguminosas e o uso da cobertura morta neste tipo de sistema de cultivo.

A busca bibliográfica foi realizada utilizando as principais bases de dados de artigos científicos, ScienceDirect ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)), Scielo ([www.scielo.br](http://www.scielo.br)), Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>) e Periódicos Capes ([www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br](http://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br)). Como critérios de inclusão, selecionou-se artigos completos em português e inglês, publicados nos últimos dez anos (2012-2022) que se adequaram as questões principais da pesquisa. Foram utilizadas palavras chaves com o intuito de alcançar as buscas, tais como, “Milheto”, “*Pennisetum glaucum*”,

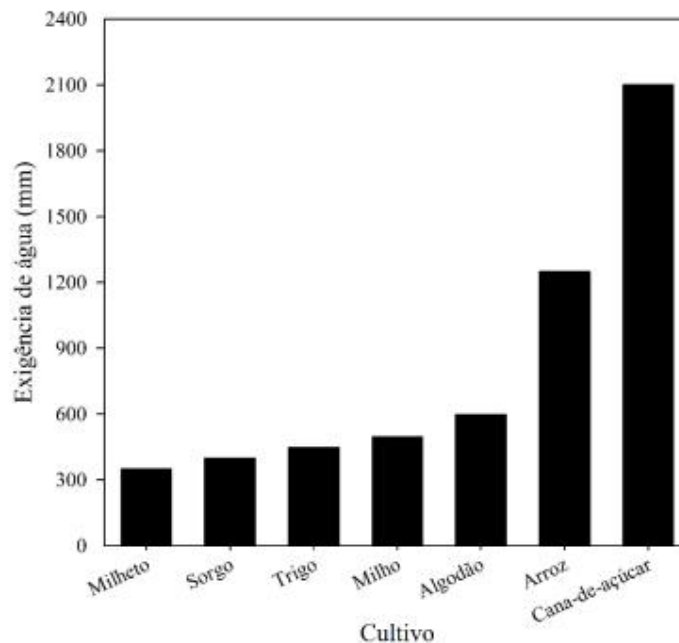
“Consórcio”, “Semiárido”, “leguminosas”, entre outras, em ambas os idiomas

### 3. A Cultura do Milheto

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) é uma planta de ciclo anual curto, pertence à família Poacea e tem origem africana (Chisi e Peterson, 2019). Sua domesticação, há cerca de 5000 anos na África, proporcionou sua evolução genética devido à seleção natural e antrópica, permitindo mudanças de suas características a ponto de tolerar o estresse hídrico, a baixa fertilidade natural dos solos, os altos teores de alumínio e as altas temperaturas (Dantas & Negrão, 2010).

Esta espécie possui crescimento ereto, podendo chegar a três metros de altura, com colmos robustos, excelente produção de perfilhos e vigorosa rebrota após o corte, além possuir um sistema radicular com capacidade de explorar um grande volume de solo, com crescimento de raízes acima de dois metros de comprimento (Aguilar et al., 2012). Segundo Chisi e Peterson (2019), a faixa ideal de precipitação para o crescimento do milheto é entre 350 mm e 700 mm, como poder ser observado na Figura 1, com temperaturas da superfície do solo entre 30°C e 40°C. Esta cultura não tolera solos encharcados e baixas temperaturas na superfície do solo (Lee et al., 2012).

**Figura 1** - Exigência de água do milheto em comparação a outras culturas de interesse comercial.



Fonte: Adaptado de Ullah et al. (2017).

Possui baixo custo de implantação e condução, multiplicidade de usos, compreendendo desde a alimentação humana e animal até a utilização da palha para a cobertura de solos no sistema de plantio direto e produção de biomassa para biocombustível (Rodrigues e Cruz, 2009; Priesnitz et al., 2011; Queiroz et al., 2012). Ganha destaque por seu alto valor energético nos grãos, sendo considerado como principal componente da segurança alimentar para famílias de áreas rurais de regiões secas do mundo (Vadez et al., 2012; Sheahan, 2014; Taylor, 2016; Almeida et al., 2017).

**Tabela 1** - Dados mundiais de área colhida (ha), produção (t) e produtividade (Kg ha<sup>-1</sup>) de trigo, milho, arroz, cevada, sorgo e milheto segundo a FAO (2018).

	Cultura	Área colhida (ha)	Produção (t)	Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )
1°	Trigo	214.291.888,00	734.045.174,00	3.425,00
2°	Milho	193.733.568,00	1.147.621.938,00	5.923,00
3°	Arroz	167.132.623,00	782.000.147,00	4.678,00
4°	Cevada	47.938.609,00	141.423.028,00	2.951,00
5°	Sorgo	42.143.146,00	59.342.103,00	1.408,00
6°	Milheto	33.560.087,00	31.019.320,00	924,00

Fonte: [www.fao.org.com](http://www.fao.org.com).

Sua fenologia comumente é dividida em três fases (estágios de crescimento). A primeira fase caracteriza-se pelo estabelecimento das mudas, perfilhamento e iniciação da panícula. A segunda, inclui o alongamento das folhas, iniciação floral e alongamento do caule. A terceira fase começa com a fertilização das flores, enchimento dos grãos e maturação da planta (Ullah et al., 2017). Fatores bióticos e abióticos podem interferir nas fases de crescimento do milheto, prejudicando sua produtividade. Temperaturas máximas diurnas acima de 42°C na fase de floração diminuem a produção de grãos da planta (Vadez, 2014).

O milheto é uma espécie com sistema fotossintético C<sub>4</sub>, o que significa que graças à catalisação da enzima fosfoenolpiruvato carboxilase possui reação vantajosa quando comparada com plantas C<sub>3</sub> porque o CO<sub>2</sub> fixado pela via C<sub>4</sub>, é essencialmente bombeado das células do mesófilo para as células da bainha vascular (Wei et al., 2016a; Taiz et al., 2017). Assim, mantém uma alta razão CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> no sítio de ação da Rubisco, favorecendo a carboxilação da ribulose-1,5-bifosfato isomerase (Taiz et al., 2017), que significa uma maior assimilação de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, maior eficiência fotossintética comparado ao sistema C<sub>3</sub>. Estresses abióticos podem causar mudanças na assimilação do CO<sub>2</sub> e reduzir a eficiência fotossintética, acarretando em redução de produtividade. Portanto, medidas de trocas gasosas são importantes indicadores de alterações fisiológicas no milheto (Silva et al., 2010; Kalaji et al., 2014). A assimilação de CO<sub>2</sub> está fortemente ligada à abertura estomática da planta e com isto, mudanças na abertura estomática podem influenciar diretamente a fotossíntese (Taiz et al., 2017).

Dito isto, medidas de condutância estomática são de extrema importância por estarem diretamente relacionadas com a taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> e a transpiração da planta. Ghatak et al. (2016) encontraram alterações na condutância estomática do milheto sob estresse hídrico e conseqüentemente alterações na morfologia das plantas. A abertura estomática do milheto é sensível a elevação da temperatura do ar e déficit de pressão de vapor, antes da floração devido ao conteúdo de ácido abscísico (ABA) nas folhas (Henson e Mahaklashmi 1985; Vadez et al. 2012).

Outros importantes indicadores do status hídrico da planta e sua influência nas trocas gasosas são o potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e o índice de área foliar (IAF) (Vieira Junior et al., 2007; Guarda e Campos, 2014), variáveis pouco estudadas em gramíneas como o milheto. Alguns trabalhos mostram alta eficiência de utilização da radiação do milheto, com variações entre 2,5 g MJ<sup>-1</sup> a 4,0 g MJ<sup>-1</sup> (Squire et al. 1986; Ram et al. 1999; Ullah et al., 2017). A eficiência do uso da radiação (EUR) é estimada a partir do rendimento de fitomassa seca e da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) interceptada pelo dossel, portanto, o IAF influencia diretamente na EUR, sendo essa maior, quanto maior for o IAF (Ullah et al., 2017).

Segundo dados da FAO (2018) o milheto é o sexto cereal em área colhida no mundo, sendo superado pelo trigo, milho, arroz cevada e sorgo. O milheto é a principal cultura de subsistência para cerca de 90 milhões de pessoas, em regiões secas da África e Ásia, onde outras culturas não podem ser cultivadas, pois fornece rendimento de grãos satisfatórios mesmo com baixa

fertilidade do solo, altas temperaturas e solos ácidos ou salinos (Chisi e Peterson, 2019). Nestas áreas o milho é consumido principalmente como mingau grosso, utilizado como farinha no preparo de pães e bolos não fermentados, pratos cozidos a vapor e bebidas não alcólicas (Pattanashetti et al., 2016).

Na região geoeconômica Centro-Sul do Brasil o milho é bastante cultivado na entressafra e utilizado como cultura para cobertura morta do solo (Costa et al., 2009; Pacheco et al., 2011; Pereira Filho et al., 2016). No Nordeste brasileiro o milho foi introduzido pelo Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) na década de 1970, como uma cultura de alto potencial e alternativa para a produção animal (Costa et al., 2009). Desde então, o milho vêm sendo cultivado para substituir o milho e o sorgo devido a adaptabilidade as condições edafoclimáticas do Semiárido brasileiro (Santos et al., 2017).

Quando cultivado sob cobertura morta no solo ( $4 \text{ t ha}^{-1}$ ) o rendimento de biomassa e grãos do milho foi superior ao tratamento sem cobertura morta em uma região semiárida da Índia (Choudhary et al., 2017). Variedades como a CMS-01 e a CMS-03 podem ser utilizadas para a produção de silagem no Semiárido brasileiro (Santos et al., 2017). Já a variedade IPA BULK 1BF mostrou-se mais tolerante ao estresse hídrico que a ADR 300 quando cultivados em um ambiente semiárido. Estes trabalhos destacam a variabilidade de cultivares adaptadas aos diversos ambientes brasileiros e que o uso de práticas como o uso da cobertura morta pode melhorar a produtividade desta espécie.

Dentre as principais características dos grãos do milho, destaca-se a presença de carboidratos, proteína e gordura, também vitaminas A e B, além disso, os grãos são livres de glúten, taninos, possuem óleo (5-7%), caracterizando-se como grãos de alto valor energético (Rai et al., 2008; Pattanashetti et al., 2016). Na Tabela 1 encontra-se os principais valores nutricionais do milho comparado a outros cereais como sorgo, arroz, trigo e milho.

**Tabela 2** - Valor nutricional do milho, sorgo, arroz, trigo e milho (porção de 100g).

Composição	Milho	Sorgo	Arroz	Trigo	Milho
Proteína (g)	11,8	10,4	7,9	11,6	9,2
Gordura (g)	4,8	2,2	2,7	2,0	4,6
Cinza (g)	2,2	1,6	1,0	1,6	1,2
Fibra bruta (g)	2,3	2,0	1,3	2,0	2,0
Carboidratos (g)	67,0	70,7	76,0	71,0	73,0
Energia (kcal)	363,0	329,0	362,0	348,0	358,0
Ca (mg)	42,0	25,0	33,0	30,0	26,0
Fe (mg)	11,0	5,4	1,8	3,5	2,7

Todos os valores, exceto proteína, são expressos em peso seco. Fonte: adaptado de Ullah et al. (2017).

Na alimentação animal pode ser utilizado tanto na forma de forragem, pastejo ou silagem, como também na produção de grãos para formulação de ração (Guimarães Junior et al., 2009). Segundo Queiroz et al. (2012), a utilização do milho para pastejo pode ser uma alternativa para aumentar a disponibilidade de forragem ao longo do ano. Visando a economia na produção de grãos e forragem, a cultura apresenta-se como uma vantajosa alternativa, a frente do milho e do sorgo, devido a sua baixa exigência hídrica (Pereira Filho et al., 2016).

Sua silagem é considerada de alta qualidade e de boa digestibilidade (Guimarães Junior et al., 2008). O milho pode ainda substituir o milho e sorgo na composição de rações para frangos (Rodrigues et al., 2001), galinhas poedeiras (Café et al., 1999), suínos (Bastos et al., 2004). Também se mostrou promissor no ganho de peso de novilhas sob pastejo (Pilau e Lobato, 2008). Sua qualidade nutricional engloba bons teores de proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT), baixos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (Assis et al., 2011), além da ausência de fatores



antinutricionais (Buso et al., 2011). Queiroz et al. (2012) encontraram elevados valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em comparação com a maioria dos volumosos oriundos de gramíneas forrageiras tropicais.

Estas características do milho são peças-chave na compreensão da adaptabilidade da cultura às mudanças edafoclimáticas em ambientes semiáridos. Não obstante, ainda são escassas as informações sobre a morfologia e a fisiologia do milho, sendo necessárias mais pesquisas visando enriquecer as informações para melhor adequar a cultura aos sistemas de produção.

#### **4. O uso da Cobertura Morta como Estratégia de Convivência com Ambientes Semiáridos**

Em decorrências das mudanças climáticas, aumento da escassez hídrica e necessidade de aumento na produção agrícola, práticas sustentáveis estão sendo desenvolvidas com o intuito de melhorar as condições de cultivo (Kader et al., 2017). Além do problema de escassez hídrica, há degradação dos solos devida principalmente, à retirada da vegetação, deixando o solo descoberto e vulnerável a processos de erosão, salinização provocada, em sua grande maioria, pelo manejo inadequado da irrigação e uso excessivo de insumos. Há também compactação do solo, causado pelo excesso de animais em uma área, utilização de máquinas e ausência de manejo do solo, e isto tem diminuído a área de terras cultiváveis, com uma maior gravidade nas regiões semiáridas (Brasileiro, 2009; Bezerra et al., 2010). Para contornar este problema, práticas agrícolas como o uso de cobertura morta vêm sendo utilizada (Kader et al., 2017).

O uso da cobertura morta é uma técnica de conservação que consiste em adicionar uma cama de material orgânico e/ou inorgânico na superfície do solo com o intuito de fornecer vários serviços ecossistêmicos (Quintanilla-Tornel et al., 2016). A utilização de cobertura utilizando material vegetal sobre o solo, dentre as muitas vantagens que esta prática apresenta, destaca-se a diminuição da evaporação da água do solo, mantendo a umidade, diminuindo a compactação e fornecendo nutrientes ao solo através de sua decomposição (Liu et al., 2012; Li et al., 2013; Ahmad et al., 2015).

A diminuição da evaporação e consequente conservação da água do solo podem contribuir para o aumento da eficiência de utilização de água (EUA) pelas culturas (Zhang et al., 2015; El-Wahed et al., 2017). Ameniza o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, o que diminui a erosão das camadas superficiais do solo (Cantalice et al., 2009; Tartari et al., 2012). Utilizar cobertura morta reduz o escoamento superficial e perda de solo das camadas superficiais, evitando assim, perda de nutrientes (Bakr et al., 2015). Outra vantagem importante é a supressão no crescimento de ervas daninhas (Mutetwa e Mtaita, 2014).

Alguns estudos mostraram que o uso de cobertura morta proporcionou um aumento da população microbiana do solo, aumentando também sua diversidade e isto influenciou diretamente nas propriedades físicas do solo (Liu et al., 2012; Dong et al., 2017; Huang et al., 2019a). Huang et al. (2019a e b), afirmaram que o uso de cobertura morta promove o aumento da população microbiana do solo, principalmente de fungos e bactérias, proporcionando melhoria das características físicas do solo, decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes. Além disso, Banihabib, Vaziri e Javadi (2018) afirmam que o uso de cobertura morta pode aumentar a capacidade de percolação profunda, contribuindo para recarga de aquíferos em regiões áridas.

O uso desta prática em regiões semiáridas promove inúmeros benefícios, como o aumento na infiltração de água no solo e melhor aproveitamento da água da chuva, afirmam Borges et al., (2014). Segundo Montenegro et al. (2013) a aplicação de 2 a 4 t.ha<sup>-1</sup> de cobertura morta à base de palhada diminui o escoamento superficial, temperatura do solo e promove maior retenção de umidade, com isso, pode melhorar o aproveitamento da água da chuva em regiões semiáridas (Borges et al., 2014). Sob condição de disponibilidade de água limitada, a cobertura morta mostrou-se eficiente para o cultivo de feijão-caupi contribuindo para manter o estado fisiológico das plantas no Semiárido brasileiro (Fernandes et al., 2015).

No cultivo do milheto, o uso de cobertura morta aumenta o conteúdo de água no solo e melhora o rendimento, EUA e índice de área foliar da planta (Zhang et al., 2017). Em uma região semiárida da China o uso de cobertura morta melhorou a capacidade de retenção de água de um solo e contribuiu para um aumento de produtividade do milho (Dong et al., 2017). O cultivo em sistema de plantio direto (SPD), a cobertura morta aumenta o teor de matéria orgânica e carbono orgânico total (COT) em um solo de Cerrado (Pereira et al., 2010).

Apesar de se mostrar uma técnica altamente eficiente e sustentável, o uso de cobertura morta ainda é pouco utilizado pelos produtores do Semiárido brasileiro, principalmente porque a maioria dos materiais disponíveis para cobrir o solo é também fonte de alimento para os animais. Estudos englobando de forma dinâmica os benefícios ao ecossistema de cultivo utilizando cobertura morta, devem ser realizados para demonstrar as melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além do rendimento das culturas. Outra questão importante é demonstrar que o cultivo em sistema de plantio direto pode ser utilizado na produção de forragem, aumentando assim, a disponibilidade de alimento ao longo do ano.

## 5. A Utilização de Leguminosas no Sistema de Consórcio

Um dos fatores mais limitantes para a produtividade de pastagens tropicais é a baixa fertilidade natural dos solos, causando deficiência de nutrientes, principalmente de nitrogênio (N) (Tiritan et al., 2008; Tiritan et al., 2013). O fornecimento deste nutriente pode ocorrer através da adição de matéria orgânica, aplicação de fertilizantes nitrogenados ou com a utilização de leguminosas (Santos et al., 2011; Tiritan et al., 2013). Por isto, o uso de leguminosas em consórcio com gramíneas mostra-se como uma alternativa sustentável para diversificar a oferta de forragem e garantir a manutenção da produtividade ao longo dos anos, além de incrementar a dieta animal (Neres et al., 2012).

É possível que no cultivo em consórcio o rendimento das culturas isoladas seja menor do que se essa espécie fosse cultivada em monocultivo. Entretanto, o rendimento das duas culturas juntas é maior que o se ambas fossem cultivadas sozinhas (Glaze-Corcoran et al., 2020). Além de aumentar a produtividade por área, a diversificação de espécies resulta em maior qualidade de forragem e dieta mais equilibrada para os animais (Lithourgidis et al., 2006).

O consórcio entre gramíneas e leguminosas, desde que sejam compatíveis em termos de desenvolvimento, pode acarretar em altos benefícios para a produção do sistema, pois a fixação biológica do N atmosférico pode aumentar a produção de biomassa e qualidade da forragem para alimentação animal (Tiritan et al., 2013), aumentar a densidade e o comprimento de raiz no subsolo, além de proteger o sistema contra pragas e doenças (Schröder e Köpke, 2012; Nelson et al., 2018). Segundo Glaze-Corcoran et al. (2020) a principal consideração no consórcio é a seleção de culturas compatíveis para visando inibir a competitividade, facilitar o gerenciamento do campo e aumentar o lucro por unidade de área em comparação as monoculturas.

Além disso, estudos mostram que esses sistemas produtivos tem a capacidade de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, contribuindo para a conservação dos recursos disponíveis (Chamkhi et al., 2022). O cultivo em consórcio com leguminosas promoveu um maior teor de carbono orgânico, nitrogênio e fósforo disponível para as plantas (Adesoji et al., 2014; Cong et al., 2015). Esse tipo de cultivo também promoveu melhoria nas propriedades físicas como densidade do solo, resistência a penetração das raízes, condutividade hidráulica, macro e microagregado quando comparados aos cultivos solteiros (Garland et al., 2017; Chamkhi et al., 2022).

No Semiárido brasileiro o sistema de consórcio milho e feijão tem uma grande importância sociocultural, tornando estas, as duas principais culturas implantadas nessa região (Araújo et al., 2017). Entretanto, a má distribuição anual das chuvas promove uma queda de produtividade e muitas perdas nas lavouras, pois o milho possui uma maior sensibilidade a redução da disponibilidade hídrica. Uma alternativa economicamente viável seria a substituição do milho por milheto nestes sistemas de cultivo.



Dentro desse contexto, duas espécies que são amplamente cultivadas em regiões semiáridas, as espécies *Vigna unguiculata* (L.) Walp. e *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh., que são utilizadas na alimentação humana e animal. No entanto, não há informações suficientes que indiquem o potencial de cultivo destas espécies em consórcio com o milho.

### 5.1 *Vigna unguiculata*

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma leguminosa pertencente à família Fabacea que foi domesticado na África Subsaariana (Lonardi et al., 2019). Atualmente, é cultivada na Ásia, Europa, América do Norte, América Central e América do Sul (Boukar et al., 2019). No Nordeste brasileiro é popularmente conhecida no Nordeste brasileiro como feijão-de-corda, mas também é conhecido como feijão-caupi, feijão-macassar e feijão-fradinho (grãos brancos) (Frota et al., 2008; Teixeira et al., 2010). É uma cultura alimentícia muito cultivada no Semiárido, principalmente por agricultores familiares (Freire Filho, 2011). O feijão-de-corda também pode ser fornecido aos animais como forragem verde, feno, silagem e farinha para alimentação animal (Harouna et al., 2018).

Dentre as principais características, destaca-se sua resiliência sob condições de cultivos adversas, o que permite que esta cultura seja cultivada em regiões com extremos climáticos como os ecossistemas semiáridos (Lonardi et al., 2019). É cultivado principalmente para produção de grãos, que possuem alto teor de proteínas (23% a 32%), além de conter minerais importantes como ferro, zinco, potássio, fósforo e magnésio, essenciais na alimentação humana e animal (Frota et al., 2008; Harouna et al., 2018). Singh et al. (2006) ao adicionarem grãos de feijão-de-corda à dieta de cordeiros em crescimento e encontraram efeito positivo na ingestão de volumoso, balanço de nitrogênio e desempenho animal. A utilização do feijão-caupi incluído como suplemento na dieta de ovelhas não teve efeitos deletérios para a produção animal (Anele et al., 2010).

Em sistemas de consórcio sob condições de semiaridez, o feijão-caupi pode promover diversos benefícios quando este é cultivado juntamente de culturas adaptadas ao déficit hídrico, como milho e sorgo (Chamkhi et al., 2022). Quando cultivado em solo alcalino, o consórcio entre milho e feijão-caupi melhorou a disponibilidade de P e o rendimento das culturas (Latati et al., 2014). Eze et al. (2020) afirmam que o cultivo de milho em consórcio com feijão-caupi melhora as propriedades físico-hídricas do solo na África Subsaariana. Segundo Sánchez-Navarro et al. (2020) o uso do feijão-caupi em cultivo múltiplo com hortaliças é uma opção sustentável em condições semiáridas, devido a melhora na atividade microbiana do solo em função da maior rizodeposição de C e N.

Apesar dos diversos benefícios demonstrados nos resultados dos estudos com feijão-caupi, as respostas continuum solo-planta em sistemas de cultivo consorciado de feijão-caupi com espécies adaptadas ao Semiárido brasileiro ainda são escassos. Deve-se portanto, elucidar as respostas desses sistemas sob tais condições.

### 5.2 *Cajanus cajan*

O feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) pertence à família *Fabaceae* e à subfamília *Faboidea*, tem origem genética na Índia e foi introduzido no Brasil através da rota dos escravos advindos da África (Godoy e Santos, 2011). Esta é uma espécie de porte ereto, arbustiva e semiperene, sendo reconhecidas duas variedades botânicas (bicolor e flavus), diferindo entre si pelo ciclo de desenvolvimento, coloração da flor e da vagem (Azevedo, Ribeiro e Azevedo, 2007).

De acordo com Seiffert e Thiago (1983), o feijão-guandu possui raízes finas secundárias nos 30 cm da camada superficial do solo, apresentando nódulos contendo bactérias do gênero *Rhizobium* fixadoras de nitrogênio atmosférico simbioticamente. Formentini et al. (2008) afirmam que a fixação biológica de nitrogênio do feijão-guandu é em torno de 120 a 350 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Portanto, esta é uma cultura que possui importante papel na ciclagem de nutriente, principalmente do nitrogênio em áreas de cultivo. Além disso, essa espécie pode ser utilizada na recuperação de áreas degradadas, como planta fitorremediadora na renovação de pastagens, na alimentação humana e animal (Pires et al., 2006; Azevedo, Ribeiro e Azevedo,

2007). O consórcio entre milho e feijão-guandu aumentou a produtividade da massa de forragem e diminuiu a compactação do solo (Montanari et al., 2012).

Dentre as características desejáveis para a produção animal, o feijão-guandu possui teor de proteína bruta entre 22 e 27% (Iorgyer et al., 2009; Amaefule et al., 2011). Segundo Neres et al. (2012), o consórcio entre capim Piatã e feijão-guandu, e Tifton 85 e a leguminosa, promove aumento nos teores de proteína bruta e reduz os teores de fibra em detergente neutro das gramíneas em função da participação da leguminosa na forragem produzida. No entanto, os autores destacam que o arranjo de cultivo promove sombreamento no capim Tifton 85 e, conseqüentemente, reduz a produção de forragem, sendo necessário mais pesquisas sobre sistemas produtivos dessas duas espécies.

De acordo com Quintino et al. (2013) a utilização de 20% de feijão-guandu na silagem de milho para dieta animal pode elevar o nível de proteína bruta em até 50% e com isso, gerar um ganho de peso animal de 200 g/dia. Já Guimarães et al. (2017) avaliando o consórcio entre milho + braquiária + feijão-guandu, concluíram que o aumento do número de plantas por hectare não interferiu na produção de massa fresca do milho e de massa seca do capim braquiária. Já com relação a associação entre milho e feijão-guandu, Teixeira et al. (2005) em seus estudos observaram que houve aumento na produção de fitomassa fresca e seca quando houve cultivo consorciado entre as espécies, além de proporcionar aumento dos macronutrientes do solo em relação ao cultivo solteiro. O feijão-guandu pode substituir o farelo de soja em até 15,45% sem comprometer o ganho de peso, rendimento e qualidade da carne (Alencar et al., 2014).

Com base nestas informações, fica elucidado a importância dessa leguminosa para produção de forragem e manutenção da qualidade de ecossistemas produtivos em ambientes semiáridos. Apesar disso, novas pesquisas devem ser realizadas sobre o cultivo do feijão-guandu em diferentes sistemas de produção, utilizando espécies adaptadas às condições edafoclimáticas locais e a associação com outra espécie simultaneamente.

## 6. Considerações Finais

A cultura do milho vem demonstrando seu alto potencial para garantir a produção de forragem em regiões como o Semiárido brasileiro. A sua alta eficiência de utilização da água permite que esta cultura seja capaz de sobreviver em regiões com volume de precipitação pluvial anual baixo. A alta qualidade nutricional e a versatilidade de utilização faz com que o milho se torne uma das principais espécies a serem levadas em consideração no planejamento forrageiro em ambientes semiáridos ou com veranicos. Além dos diversos benefícios, o cultivo da espécie pode ser potencializado através da adoção de práticas de manejo que buscam manter a qualidade do ecossistema de cultivo.

Dentre estas práticas, o uso da cobertura morta destaca-se por sua capacidade de aumentar o armazenamento de água no solo e contribuir para melhoria das propriedades físico-hídricas do solo. Bem como o cultivo de milho em consórcio com leguminosas trás diversos benefícios tanto do ponto de vista ecossistêmico, quanto da produção de forragem. Entre estes benefícios estão o aumento da diversidade de espécies em uma área, maior cobertura do solo, maior fornecimento de matéria orgânica, melhoria das propriedades químicas do solo devido a fixação biológica do nitrogênio.

Apesar de suas inúmeras vantagens, o uso da cobertura morta no cultivo de milho e o consórcio com leguminosas ainda necessita de maiores definições técnicas e precisa ser melhor estudado. Principalmente no que diz respeito ao manejo associado dessas duas práticas (cobertura morta e consórcio), devendo serem testadas diferentes tipos de cobertura, épocas de colheita e arranjos espaciais destes sistemas.

## Referências

Adesoji, A. G., abubakar, I. U. & Labe, D. A. (2014). Soil chemical properties as affected by incorporated legumes and nitrogen in soil with maize (*Zea mays* L.) in a semi-arid environment. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 3(3), 2319-1473.

- Aguiar, A. A. S., Matias, S. S. R., Souza, R. R., Silva, R. L. & Nobrega, J. C. A. (2012). Desenvolvimento do milho sob adubação orgânica no município de Corrente – PI. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7(4), 90-96.
- Ahmad, A., Ashfaq, M., Rasul, G., Wajid, S.A., Khaliq, T., Rasul, F., & Valdivia, R. O. (2015). Impact of Climate Change on the Rice-Wheat Cropping System of Pakistan, Climate Change Impact, Adaptation and Mitigation. *Imperial College Press*, 219–258. DOI: <https://doi.org/10.1142/p970>.
- Alencar, D., Maciel, M. P., Botelho, L. F. R. & Albuquerque, L. (2014). Feijão guandu cru na alimentação de frangos caipiras criados em sistema semi-intensivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49 (9), 737-744. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000900010](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000900010).
- Almeida, M. C. R., Leite, M. L. M. V., Sá Junior, E. H., Cruz, M. G., Moura, G. A., Moura, E. A., Sá, G. A. S. & Lucena, L. R. (2017). Crescimento vegetativo de milho sob diferentes disponibilidades hídricas. *Magistra*, 29 (2), 161-171.
- Amaefule, K. U., Ukpanah, U. A. & Ibok, A. E. (2011). Performance of starter broilers fed raw pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] seed meal diets supplemented with lysine and or methionine. *International Journal of Poultry Science*, v.10, p.205-211. DOI: 10.3923/ijps.2011.205.211.
- Andrade, A. D., Costa, R. D., Santos, E. M. & Silva, D. D. (2010). Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 4 (4), 01-14.
- Anele, U. Y., Arigbede, O. M., Südekum, K. H., Ike, K. A., Oni, A. O., Olanite, J. A., . . . & Jolaosho, A. O. (2010). Effects of processed cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) haulms as a feed supplement on voluntary intake, utilization and blood profile of West African dwarf sheep fed a basal diet of *Pennisetum purpureum* in the dry season. *Animal Feed Science and Technology*, 159 (1-2), 10-17. DOI: [doi.org/10.1016/j.anifeeds.2010.05.004](https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2010.05.004).
- Araújo, A. K., Araújo Filho, J. A. & Maranhão, S. R. (2017). Consórcios de milho, feijão e mandioca em presença de bagana de carnaúba em um argissolo no litoral norte do Ceará sob condições de sequeiro. *Essentia*, 18(1).
- Assis, R. L., Costa, K. A. P., Pires, F. R., Braz, A. J. B. P., Monteiro, F. P., Moreira, J. F. M. & Cruvinel, W. S. (2011). Composição bromatológica de genótipos de milho em função do manejo de corte. *Global Science and Technology*, 4(3).
- Azevedo, R. L., Ribeiro, G. T. & Azevedo, C. L. L. Feijão guandu: uma planta multiuso. (2007). *Revista da FAPES*, 3(2), 81-86.
- Bakr, N., Elbana, T. A., Arceneaux, A. E., Zhu, Y., Weindorf, D. C. & Selim, H. M. (2015). Runoff and water quality from highway hillsides: influence compost/mulch. *Soil Tillage Research*. 150,158–170. DOI: [doi.org/10.1016/j.still.2015.01.014](https://doi.org/10.1016/j.still.2015.01.014).
- Balbinot Junior, A. A., Moraes, A., Pelissari, A., Dieckow, J. & Veiga, M. (2008). O Nitrogênio afeta a produção e a composição botânica em pastagem de gramíneas consorciadas com leguminosas. *Revista de Ciências Agrovetinárias*, 7(2), 119-126.
- Banihabib, M. E., Vaziri, B. & Javadi, S. (2018). A model for the assessment of the effect of mulching on aquifer recharging by rainfalls in an arid region. *Journal of Hydrology*, 567, 102-113. DOI: [doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.009](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.009).
- Bastos, A. O., Murakami, I. M. A. E., Oliveira, G. C. & Kutschenko, D. P. M. (2004). Utilização do milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) grão na alimentação de suínos na fase inicial (15-30kg de peso vivo). *Ciência Rural*, 34(6), 1915-1919. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000600038](https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000600038).
- Bezerra, A. K. P., Lacerda, C. F., Hernandez, F. F. F., Silva, F. B. & Gheyi H. R. B. (2010). Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. *Revista Ciência Rural*, 40(5), 1075-1082. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000500012](https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000500012).
- Borges, T. K. S., Montenegro, A. A. A., Santos, E. M., Silva, D. D. & Silva Júnior, V. P. (2014). Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38, 1862-1873. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000600021](https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600021).
- Boukar, O., Belko, N., Chamarthi, S., Togola, A., Batiemo, J., Owusu, E., ... & Fatokun, C. (2019). Cowpea (*Vigna unguiculata*): Genetics, genomics and breeding. *Plant Breeding*, 138(4), 415-424. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12589>.
- Brasileiro, R.S. (2009). Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação. *Scientia Plena*, 5(5).
- Brito, L. T. L., Cavalcanti, N. B., Silva, A. S. & Pereira, L. A. (2012). Produtividade da água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. *Engenharia Agrícola*, 32(1), 102-109. DOI: [dx.doi.org/10.1590/S0100-69162012000100011](https://doi.org/10.1590/S0100-69162012000100011).
- Buso, W. H. D., Machado, A. S., Borges, L., & França, A. F. S. (2011). Uso do milho na alimentação animal. *PUBVET*, 5, 1136-1142.
- Café, M. B., Stringhini, J. H., Leandro, N. S. M., França, A. F. D. S. & Rocha, F. R. T. (1999). Milho-grão (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) como substituto do milho em rações para poedeiras comerciais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 51(2), 1-7.
- Calvo, C. L., FOLONI, J. S. S. & BRANÇALIAO, S. R. (2010). Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. *Bragantia*, 69(1), 77-86.
- Cantalice, J. R. B., Bezerra, S. A., Oliveira, O. F. L. & Melo, R. O. (2009). Hidráulica e taxas de erosão em entressulcos sob diferentes declividade e doses de cobertura morta. *Revista Caatinga*, 22(2), 68-74.
- Castro, F. C. & Santos, A. M. (2020). Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. *Mercator*, 19. DOI: [doi.org/10.4215/rm2020.e19002](https://doi.org/10.4215/rm2020.e19002).
- Chamkhi, I., Cheto, S., Geistlinger, J., Zeroual, Y., Kouisni, L., Bargaz, A. & Ghoulam, C. (2022). Legume-based intercropping systems promote beneficial rhizobacterial community and crop yield under stressing conditions. *Industrial Crops and Products*, 183, 114958. DOI: [doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114958](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114958).
- Chisi, M., Peterson, G., Taylor, J. R. N. & Duodu, K. G. (2019). Breeding and Agronomy, in: *Sorghum and Millets* (Second Edition), AACC International Press, 23-50. DOI: [doi.org/10.1016/B978-0-12-811527-5.00002-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811527-5.00002-2).

- Choudhary, M., Rana, K. S., Bana, R. S., Ghasal, P. C., Choudhary, G. L., Jakhar, P. & Verma, R. K. (2017). Energy budgeting and carbon footprint of pearl millet e mustard cropping system under conventional and conservation agriculture in rainfed semi-arid agro-ecosystem. *Energy*, 141, 1052-1058. DOI: [doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.136](https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.136).
- Comino, J. R., Senciales, J. M., Ramos, M. C., Martínez-Casasnovas, J. A., Lasanta, T., Brevik, E. C., ... & Sinoga, J. R. (2017). Understanding soil erosion processes in Mediterranean sloping vineyards (Montes de Málaga, Spain). *Geoderma*, 296, 47-59. DOI: [doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.02.021](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.02.021).
- Cong, W. F., Hoffland, E., Li, L., Six, J., Sun, J. H., Bao, X. G., . . . & Van Der Werf, W. (2015). Intercropping enhances soil carbon and nitrogen. *Global change biology*, 21(4), 1715-1726. DOI: [doi.org/10.1111/gcb.12738](https://doi.org/10.1111/gcb.12738).
- Corrêa, E. J., Vasconcelos, M., & Souza, M. S. de L. (2013) *Iniciação à metodologia: textos científicos*. NESCON-UFMG.
- Costa, A. C. T., Oliveira, L. B. D., Carmo, M. G. F. D. & Pimentel, C. (2009). Avaliação visual e do potencial fotossintético para quantificação da ferrugem do milho pérola e correlações com a produção. *Tropical Plant Pathology*, 34(5), 313-321.
- Dantas, C. C. O. & Negrão, F. M. (2010). Características agrônômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). *PUBVET*, 4(37), ed. 142, Art. 958.
- Dong, W., Si, P., Liu, E., Yan, C., Zhang, Z., Zhang, Y. (2017). Influence of film mulching on soil microbial community in a rainfed region of northeastern China. *Scientific Report*, 7, 8468. DOI: [10.1038/s41598-017-08575-w](https://doi.org/10.1038/s41598-017-08575-w).
- El-Wahed, M. A., Baker, G. A., Ali, M. M. & El-Fattah, F. A. A. (2017). Effect of drip deficit irrigation and soil mulching on growth of common bean plant, water use efficiency and soil salinity. *Scientia horticulturae*, 225, 235-242. DOI: [doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.007](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.007).
- El-Mageed, T. A. A., El-Samnoudi, I. M., Ibrahim, A. E. M. & Tawwab, A. R. A. (2018). Compost and mulching modulates morphological, physiological responses and water use efficiency in sorghum (bicolor *L. Moench*) under low moisture regime. *Agricultural Water Management*, 208, 431-439. DOI: [doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.042](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.042).
- Eze, S., Dougill, A. J., Banwart, S. A., Hermans, T. D., Ligowe, I. S., & Thierfelder, C. (2020). Impacts of conservation agriculture on soil structure and hydraulic properties of Malawian agricultural systems. *Soil and tillage Research*, 201, 104639. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104639>.
- FAO (2018). *World hunger falls, but 805 million still chronically undernourished*. <http://www.fao.org/news/story/en/item/243839/icode>.
- Farias, J. D. S., Araújo, M. R. A., Lima, A. R., Alves, F. S. F., Oliveira, L. S. & Souza, H. A. (2014). Análise socioeconômica de produtores familiares de caprinos e ovinos no semiárido cearense, Brasil. *Archivos de zootecnia*, 63(241), 13-24. DOI: [dx.doi.org/10.4321/S0004-05922014000100002](https://doi.org/10.4321/S0004-05922014000100002).
- Fernandes, F. B. P., Lacerda, C. F. D., Andrade, E. M. D., Neves, A. L. R., & Sousa, C. H. C. D. (2015). Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. *Revista Ciência Agrônômica*, 46, 506-515. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150032>.
- Ferreira, R. R. M., Tavares Filho, J. & Ferreira, V. M. (2010). Efeitos de sistemas de manejo de pastagens nas propriedades físicas do solo. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(4), 913-932.
- Formentini, E. A., Lóss, F. R., Bayerl, M. P., Lovati, R. D. & Baptisti, E. (2008). *Cartilha sobre adubação verde e compostagem*. Vitória, ES: INCAPER. 27 p.
- Freire Filho, F. R. (2011). Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. *Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE)*.
- Frota K. M. G., Soares, R. A. M., Arêas, J. A. G. (2008). Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(2).
- Garland, G., Bünemann, E. K., Oberson, A., Frossard, E. & Six, J. (2017). Plant-mediated rhizospheric interactions in maize-pigeon pea intercropping enhance soil aggregation and organic phosphorus storage. *Plant and Soil*, 415(1), 37-55. DOI: [10.1007/s11104-016-3145-1](https://doi.org/10.1007/s11104-016-3145-1).
- Ghatak, A., Chaturvedi, P., Nagler, M., Roustan, V., Lyon, D., Bachmann, G., ... & Weckwerth, W. (2016). Comprehensive tissue-specific proteome analysis of drought stress responses in *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (Pearl millet). *Journal of Proteomics*. DOI: [10.1016/j.jprot.2016.02.032](https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.02.032).
- Glaze-Corcoran, S., Hashemi, M., Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Afshar, R., K., Liu, X. & Herbert, S. J. (2020). Understanding intercropping to improve agricultural resiliency and environmental sustainability. *Advances in Agronomy*. DOI: [doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.004](https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.02.004).
- Godoy, R. & Santos, P. M. *Cajanus cajan*. In: Fonseca, D. M.; & Martuscello, J. A. (Ed.). *Plantas Forrageiras*. Viçosa, Mg: Editora Ufv, 2011. P. 294-309.
- Guarda, V., & Campos, L. (2014). Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem. *Embrapa Pesca e Aquicultura-Documentos (INFOTECA-E)*.
- Guimarães Júnior, R., Gonçalves, L. C., Maurício, R. M., Pereira, L. G. R., Tomich, T. R., Pires, D. D. A., . . . & Sousa, L. F. (2008). Cinética de fermentação ruminal de silagens de milheto. *Embrapa Cerrados-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.
- Guimarães Junior, R., Gonçalves, L. C., & Rodrigues, J. A. S. (2009). *Utilização do milheto para produção de silagem*. Planaltina, 28p. (Documento 259 – Embrapa Cerrados).
- Guimarães, F. S., Ciappina, A. L., Anjos, R. A. R., Silva, A. & Pelá, A. (2017). Consórcio guandu-milho-braquiária para integração lavoura-pecuária. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(5), 22-27. DOI: [doi.org/10.32404/rean.v4i5.2218](https://doi.org/10.32404/rean.v4i5.2218).
- Guimarães, R. M. L., Tormena, C. A., Blainski, E. & Fidalski, J. (2013). Intervalo hídrico ótimo para avaliação da degradação física do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(6), 1512-1521. DOI: [10.1590/S0100-06832013000600008](https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000600008).
- Harouna, D. V., Venkataramana, P. B., Ndakidemi, P. A. & Matemu, A. O. (2018). Under-exploited wild *Vigna* species potentials in human and animal nutrition: A review. *Global food security*, 18,1-11. DOI: [doi.org/10.1016/j.gfs.2018.06.002](https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.06.002).

- enson I. E. & Mahaklakshmi, V. (1985). Evidence for panicle control of stomatal behavior in water-stressed plants of pearl millet. *Field Crops Research*, 11, 281–290, 1985. DOI: [dx.doi.org/10.1016/0378-4290\(85\)90109-1](https://doi.org/10.1016/0378-4290(85)90109-1).
- Huang, F., Liu, Z., Mou, H., Zhang, P. & Jia, Z. (2019a). Effects of different long-term farmland mulching practices on the loessial soil fungal community in a semiarid region of China. *Applied Soil Ecology*, 137, 111-119. DOI: [doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.01.014](https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.01.014).
- Huang, F., Liu, Z., Mou, H., Li, J., Zhang, P. & Jia, Z. (2019b). Impact of farmland mulching practices on the soil bacterial community structure in the semiarid area of the loess plateau in China. *European Journal of Soil Biology*, 92, 8-15. DOI: [doi.org/10.1016/j.ejsobi.2019.04.001](https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2019.04.001).
- Iorgyer, M.I., Odoh, O.E., Ikondo, N.D., Okoh, J.J. (2009). The replacement value of pigeon pea (*Cajanus cajan*) for maize on performance of broiler finishers. *Patsuk Journal*, 1, 67-74.
- Jha, S. & Srivastava, R. (2018). Impact of drought on vegetation carbon storage in arid and semi-arid regions. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18, 22-29. DOI: [doi.org/10.1016/j.rsase.2018.04.013](https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.04.013).
- Kader, M.A, Senge, M., Mojid, M.A. & Ito, K. (2017). Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil and Tillage Research*, 168, 155-166. DOI: [doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001](https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001).
- Kalaji, H.M., Schansker, G., Ladle, R.J., Goltsev, V., Bosa, K., Allakhverdiev, S.I., ... & Elsheery, N.I. (2014). Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. *Photosynthesis research*, 122(2), 121-158. DOI: [10.1007/s11120-014-0024-6](https://doi.org/10.1007/s11120-014-0024-6).
- Kurothe, R.S., Kumar, G., Singh, R., Singh, H.B., Tiwari, S.P., Vishwakarma, A.K., ... & Pande, V.C. (2014). Effect of tillage and cropping systems on runoff, soil loss and crop yields under semiarid rainfed agriculture in India. *Soil and Tillage Research*, 140, 126-134. DOI: [doi.org/10.1016/j.still.2014.03.005](https://doi.org/10.1016/j.still.2014.03.005).
- Latati, M., Blavet, D., Alkama, N., Laoufi, H., Drevon, J. J., Gerard, F., ... & Ounane, S. M. (2014). The intercropping cowpea-maize improves soil phosphorus availability and maize yields in an alkaline soil. *Plant and Soil*, 385(1), 181-191. DOI: [10.1007/s11104-014-2214-6](https://doi.org/10.1007/s11104-014-2214-6).
- Leite, M. L. D. M. V., Silva, D. S., Andrade, A. P., Pereira, W. E. & Ramos, J. P. D. F. (2014). Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri paraibano. *Revista Caatinga*, 27(2), 192-200.
- Lee, D., Hanna, W., Buntin, G. D., Dozier, W., Timper, P. & Wilson, J. P. (2012). Pearl millet for grain. *College of Agricultural and Environmental Sciences College of Family and Consumer Sciences*. Georgia Cooperative Extension. Bulletin #B 1216.. Disponível em:< [https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201216\\_3.PDF](https://secure.caes.uga.edu/extension/publications/files/pdf/B%201216_3.PDF)>. Acesso em 19 de junho de 2020.
- Li, S. X., Wang, Z. H., Li, S. Q., Gao, Y. J. & Tian, X. H. (2013). Effect of plastic sheet mulch, wheat straw mulch, and maize growth on water loss by evaporation in dryland areas of China. *Agricultural Water Management*. 116, 39–49. DOI: [doi.org/10.1016/j.agwat.2012.10.004](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.10.004).
- Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B., Dhima, K. V., Dordas, C. A. & Yiakoulaki, M. D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crop Research*, 99 (2), 106–113. DOI: [doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008).
- Liu, Y., Mao, L., He, X., Cheng, G., Ma, X., An, L. & Feng, H. (2012). Rapid change of AM fungal community in a rain-fed wheat field with short-term plastic film mulching practice. *Mycorrhiza*, 22, 31–39. DOI: [10.1007/s00572-011-0378-y](https://doi.org/10.1007/s00572-011-0378-y).
- Lonardi, S., Muñoz-Amatriáin, M., Liang, Q., Shu, S., Wanamaker, S. I., Lo, S., ... & Close, T. J. (2019). The genome of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). *The Plant Journal*, 98(5), 767-782. DOI: [10.1111/tpj.14349](https://doi.org/10.1111/tpj.14349).
- Marengo, J.A., Alves, L.M., Beserra, E.A. & Lacerda, F.F. (2011). Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*, 1.
- Mendes, R. M. S., Távora, F. J. A. F., Pitombeira, J. B. & Nogueira, R. J. M. C. (2007). Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. *Revista Ciência Agronômica*, 38(1), 95-103.
- Montanari, R., Zambianco, E. C., CORRÊA, A. R., Pellin, D. M. P., Passos, M. & Dalchiavon, F. C. (2012). Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milheto. *Revista Ceres*, 59(1), 125-135. DOI: [doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100018](https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100018).
- Montenegro, A. A. A., Abrantes, J. R. C. B., Lima, J. L. M. P., Singh, V. P. & Santos, T. E. M. (2013). Impact of mulching on soil and water dynamics under intermitente simulated rainfall. *Catena*, 109, 139-149. DOI: [doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.018](https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.018).
- Mutetwa, M. & Mtaita, T. (2014). Effects of mulching and fertilizer sources on growth and yield of onion. *Journal of Global Innovations Agricultural and Social Sciences*, 2, 102–106. DOI: [10.17957/JGIASS/2.3.561](https://doi.org/10.17957/JGIASS/2.3.561).
- Nelson, W. C. D., Hoffmann, M. P., Vadez, V., Roetter, R. P. & Whitbread, A. M. (2018). Testing pearl millet and cowpea intercropping systems under high temperatures. *Field Crops Research*, 217, 150-166. DOI: [doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.014](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.014).
- Neres, M. N., Castagnara, D. D., Silva, F. B., Oliveira, P. S. R., Mesquita, E. E., Bernardi, T. C., . . . & Vogt, A. S. L. (2012). Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. *Ciência Rural*, 42(5). DOI: [doi.org/10.1590/S0103-84782012000500017](https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000500017).
- Oliveira Filho, J. S., Vieira, J. N., Silva, E. M. R., Oliveira, J. G. B., Pereira, M. G. & Brasileiro, F. G. (2019). Assessing the effects of 17 years of grazing exclusion in degraded semi-arid soils: Evaluation of soil fertility, nutrients pools and stoichiometry. *Journal of Arid Environments*, 166, 1-10. DOI: [doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.03.006](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.03.006).
- Ozpinar, S. & Ozpinar, A. (2015). Tillage effects on soil properties and maize productivity in western Turkey. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(7), 1029-1040. DOI: [doi.org/10.1080/03650340.2014.978302](https://doi.org/10.1080/03650340.2014.978302).



- Pacheco, L. P., Barbosa, J. M., Leandro, W. M., Machado, P. L. O. D. A., Assis, R. L. D., Madari, B. E. & Petter, F. A. (2011). Produção e ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura nas culturas de arroz de terras altas e de soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35, 1787-1799. DOI: [doi.org/10.1590/S0100-06832011000500033](https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500033).
- Pattanashetti, S. K., Upadhyaya, H. D., Vetriventhan, S. D. M. & Reddy, K. N. (2016). *Millet*. In: Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement, 253-289. DOI: [doi.org/10.1016/B978-0-12-802000-5.00006-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802000-5.00006-X).
- Peixoto, C. P. (2011). *Curso de Fisiologia Vegetal*. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 177.
- Pereira Filho, J. M., Silva, A. M. D. A., & César, M. F. (2013). Manejo da Caatinga para produção de caprinos e ovinos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 14(1).
- Pereira Filho, I. A., Resende, A. V., Coelho, A. M., Landau, E. C., Guimarães, D., Casela, C. R. . . . & Lavinsk, A. L. (2016). *Cultivo do milheto*. Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de produção, ISSN 1679-012X.
- Pereira, M. G., Loss, A., Beutler, S. J. & Torres, J. L. R. (2010). Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(5), 508-514. DOI: [doi.org/10.1590/S0100-204X2010000500010](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000500010).
- Pilau, A. & Lobato, J. F. P. (2008). Manejo de novilhas prenhes aos 13/15 meses de idade em sistema a pasto. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(7), 1271-1279. DOI: [doi.org/10.1590/S1516-35982008000700019](https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000700019).
- Pires, F. R., Procópio, S. O., Souza, C. M., Santos, J. B. & Silva, G. P. (2006). Adubos verdes na fitorremediação de solos contaminados com o herbicida tebutiuron. *Caatinga*, 19(1), 92-97.
- Pravalie, R. (2016). Drylands extent and environmental issues. A global approach. *Earth Science Reviews*. 161, 259–278. [doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.003](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.08.003).
- Priesnitz, R., Costa, A. C. T., Jandrey, P. E., Fréz, J. R. S., Duarte Júnior, J. B. & Oliveira, P. S. R. (2011). Espaçamento entre linhas na produtividade de biomassa e de grãos em genótipos de milheto pérola. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(2), 485-494. DOI: [10.5433/1679-0359.2011v32n2p485](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p485).
- Queiroz, D. S., Santana, S. S., Murça, T. B., Silva, E. A., Viana, M. C. M. & Ruas, J. R. M. (2012). Cultivares e épocas de semeadura de milheto para produção de forragem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(2).
- Quintanilla-Tornel, M. A., Wang, K. H., Tavares, J. & Hooks, C. R. (2016). Effects of mulching on above and below ground pests and beneficials in a green onion agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 224, 75-85. DOI: [doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.023](https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.023).
- Rai, K. N., Gowda, C. L. L., Reddy, B. V. S. & Sehgal, S. (2008). The potential of sorghum and pearl millet in alternative and health food uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7, 340–352. DOI: [dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00049.x](https://dx.doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00049.x).
- Quintino, A. C., Zimmer, A. H., Costa, J. A. A., Almeida, R. G. & Bungenstab, D. J. (2013). Silagem de milho safrinha com níveis crescentes de forragem de guandu. *Embrapa Caprinos e Ovinos – II Simpósio de Produção Animal a Pasto*, 3 p.
- Ram, N., Sheoran, K. & Sastry, C. V. S. (1999). Radiation efficiency and its efficiency in dry biomass production of pearl millet cultivars. *Annals of Agricultural Research*, 20, 286–291.
- Ratan, S., Sharma, A. R., Dhyani, S. K. & Dube, R. K. (2011). Tillage and mulching effects on performance of maize (*Zea mays*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system under varying land slopes. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 81(4), 330-335.
- Rodrigues, J.A.S. & Cruz, J. C. (2009). *Cultivo do milheto*. Embrapa Milho e Sorgo.
- Rodrigues, P. B., Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Gomes, P. C., Barboza, W. A. & Santana, R. T. (2001). Valores energéticos do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(6), 1767-1778. DOI: [doi.org/10.1590/S1516-35982001000700015](https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000700015).
- Sánchez-Navarro, V., Zornoza, R., Faz, J. & Fernandez, J. A. (2020). Comparison of soil organic carbon pools, microbial activity and crop yield and quality in two vegetable multiple cropping systems under mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 261. DOI: [doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109025](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109025).
- Santos, D. H., Silva, M. A., Tiritan, C. S., Foloni, J. S. S. & Echer, F. R. (2011). Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 5(5), 443-449. DOI: [doi.org/10.1590/S1415-43662011000500002](https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000500002).
- Santos, M.G., Ribeiro, R.V., Machado, E.C. & Pimentel, C. (2009). Photosynthetic parameters and leaf water potential of five common bean genotypes under mild water deficit. *Biologia Plantarum*, 53(2), 229-236. DOI: [10.1007/s10535-009-0044-9](https://doi.org/10.1007/s10535-009-0044-9).
- Santos, P. M., Voltolini, T. V., Cavalcante, A. C. R., Pezzopane, J. R. M., Moura, M. S. B., Silva, T. G. F., Bettiol, G. M. & Cruz, P. G. (2011). Mudanças climáticas globais e a pecuária: cenários futuros para o Semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia e Física*, 6. DOI: [doi.org/10.26848/rbgf.v4i6.232765](https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i6.232765).
- Santos, R., Neves, A. L., Pereira, L. G., Verneque, R., Costa, C. T., Tabosa, J., Scherer, C. & Gonçalves, L. (2017). Divergence in agronomic traits and performance of pearl millet cultivars in Brazilian semiarid region. *Grassland Science*, 63(2), 118–127. DOI: [doi.org/10.1111/grs.12154](https://doi.org/10.1111/grs.12154).
- Schröder, D. & Köpke, U. (2012). Faba bean (*Vicia faba* L.) intercropped with oil crops – a strategy to enhance rooting density and to optimize nitrogen use and grain production? *Field Crop Research*. 135, 74–81. DOI: [doi.org/10.1016/j.fcr.2012.07.007](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.07.007).
- Seiffert, N. F. & Thiago, L. R. L. S. (1983). *Legumínea* - Cultura forrageira para produção de proteína. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, novembro. (Circular Técnica, n. 13).
- Sheahan, C. M. (2014). Plant Guide for Pearl Millet (*Pennisetum Glaucum*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May, NJ.



- Silva, C. D. S. E., Santos, P. A. A., Lira, J. M. S., Santana, M. C. & Júnior, C. D. D. S. (2010). Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. *Revista Caatinga*, 23(4), 7-13.
- Singh, S., Kundu, S. S., Negi, A. S. & Singh, P. N. (2006). Cowpea (*Vigna unguiculata*) legume grains as protein source in the ration of growing sheep. *Small Ruminant Research*, 64(3), 247-254. DOI: [doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.022](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.022).
- Souza, L. S. B., Moura, M. S. B., Sediya, G. C. & Silva, T. G. F. (2011). Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. *Bragantia*, 70(3), 715-721. DOI: [doi.org/10.1590/S0006-87052011000300030](https://doi.org/10.1590/S0006-87052011000300030).
- Squire, G. R., Marshall, B. & Ong, C. K. (1986). Development and growth of pearl millet (*Pennisetum typhoid*) in response to water supply and demand. *Experimental Agriculture*, 22, 289-299. DOI: [10.1017/S0014479700014460](https://doi.org/10.1017/S0014479700014460).
- Tartari, D. T., Nunes, M. C. M., Santos, F. A. S., Junior, C. A. F. & Serafim, M. E. (2012). Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 7(3).
- Taylor, J. R. N. (2016). *Millet Pearl: Overview*. Encyclopedia of Food Grains, Second Edition, 190-198, South Africa. DOI: [10.1016/B978-0-12-394437-5.00011-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00011-5).
- Taiz L., Zeiger E., Møller I. M. & Murphy A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.
- Teixeira, C. M., Carvalho, G. D., Furtini Neto, A. E., Andrade, M. D. & Marques, E. L. S. (2005). Produção de biomassa e teor de macronutrientes do milheto, feijão-de-porco e guandu-anão em cultivo solteiro e consorciado. *Ciência e Agrotecnologia*, 29(1), 93-99. DOI: [doi.org/10.1590/S1413-70542005000100011](https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000100011).
- Teixeira, I. R., Silva, G. C., Oliveira, J. P. R., Silva, A. G. & Pelá, A. (2010). Desempenho agrônômico e qualidade de sementes de cultivares de feijão-caupi na região do cerrado. *Revista Ciência Agronômica*, 41(2), 300-307. DOI: [doi.org/10.1590/S1806-66902010000200019](https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000200019).
- Tiritan, C. S., Foloni, J. S. S., Santos, D. H., Sato, A. M. & Domingues, W. L. (2008). Resposta a calagem da *Brachiaria brizantha* submetida a diferentes doses de adubação nitrogenada. *Colloquium Agrariae*, 4(2), 18-26.
- Tiritan, C. S., Santos, D. H., Minutti, C. R., Foloni, J. S. S. & Calonego, J. C. (2013). Bromatological composition of sorghum, millet plant and midgetguandu at different cut times in intercropping and monoculture. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(2), 183-190.
- Ullah, A., Ahmad, A., Khaliq, T. & Akhtar, J. (2017). Recognizing production options for pearl millet in Pakistan under changing climate scenarios. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(4), 762-773. DOI: [10.1016/S2095-3119\(16\)61450-8](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61450-8).
- Vadez, V., Hash, T. E. & Kholova, J. (2012). II. 1.5 Fenotipagem de milheto para adaptação à seca. *Fronteiras em fisiologia*, 3, 386.
- Vadez, V. (2014). Root hydraulics: The forgotten side of roots in drought adaptation. *Field Crops Research*, 165, 15-24. DOI: [doi.org/10.1016/j.fcr.2014.03.017](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.03.017).
- Vanlauwe, B., Hungria, M., Kanampiu, F. & Giller, K. E. (2019). The role of legumes in the sustainable intensification of African smallholder agriculture: Lessons learnt and challenges for the future. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 284, 1-12, 2019. DOI: [doi.org/10.1016/j.agee.2019.106583](https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106583).
- Vieira Júnior, P. A., Dourado Neto, D., Oliveira, R. F., Peres, L. E. P., Martin, T. N., Manfron, P. A. & Bonnacarrère, R. A. G. (2007). Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 29(4), 555-561.
- Wei, M. J. N., Guo, H. J., Zhang, W., Zhou, G. W., Jun, Y. E., & Hou, Z. A. (2016a). Irrigation water salinity and N fertilization: effects on ammonia oxidizer abundance, enzyme activity and cotton growth in a drip irrigated cotton field. *Journal of Integrative Agriculture*, 15, 1121-1131.
- Wei, S., Wang, X., Shi, D., Li, Y., Zhang, J., Liu, P., Zhao, B. & Dong, S. (2016b). The mechanisms of low nitrogen induced weakened photosynthesis in summer maize (*Zea mays* L.) under field conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 105, 118-128.
- Xiao, L., Zhao, R. & Kuhn, J. (2019). Straw mulching is more important than no tillage in yield improvement on the Chinese Loess Plateau. *Soil & Tillage Research*, 194. DOI: [doi.org/10.1016/j.still.2019.104314](https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104314).
- Zimmer, A. H., Macedo, M. C. M., Kichel, A. N. & Almeida, R. G. (2012). Degradação, recuperação e renovação de pastagens. *Embrapa Gado de Corte*, 42 P..
- Zhang, G. S., Hu, X. B., Zhang, X. X., & Li, J. (2015). Effects of plastic mulch and crop rotation on soil physical properties in rain-fed vegetable production in the mid Yunnan plateau, China. *Soil Tillage Research*, 145, 111-117.
- Zhang, Y., Han, H., Zhang, D., Li, J., Gong, X., Feng, B., ... & Yang, P. (2017). Effects of ridging and mulching combined practices on proso millet growth and yield in semi-arid regions of China. *Field Crops Research*, 213, 65-74. DOI: [doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.015](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.06.015).
- Zhang, Y., Wang, J., Gong, S., Xu, D. & Mo, Y. (2019). Straw mulching enhanced the photosynthetic capacity of field maize by increasing the leaf N use efficiency. *Agricultural Water Management*, 18, 60-67. DOI: [doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.023](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.03.023).