



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

SEBASTIANA JOELMA DE AZEVEDO SANTOS

**INDICADORES AGROECONÔMICOS DO ALGODÃO EM SISTEMA
CONSORCIADO, COM E SEM ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

**CAMPINA GRANDE - PB
2019**

SEBASTIANA JOELMA DE AZEVEDO SANTOS

**INDICADORES AGROECONÔMICOS DO ALGODÃO EM SISTEMA
CONSORCIADO, COM E SEM ADUBAÇÃO ORGÂNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nair Helena Castro Arriel

Coorientador: PhD. José da Cunha Medeiros

CAMPINA GRANDE - PB

2019

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S237i Santos, Sebastiana Joelma de Azevedo.
Indicadores agroeconômicos do algodão em sistema consorciado, com e sem adubação orgânica [manuscrito] / Sebastiana Joelma de Azevedo Santos. - 2019.
80 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2019.
"Orientação : Profa. Dra. Nair Helena Castro Arriel, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa."
1. Adubo orgânico. 2. Agricultura familiar. 3. Agrossistemas. 4. *Gossypium hirsutum*. I. Título
21. ed. CDD 633.51

SEBASTIANA JOELMA DE AZEVEDO SANTOS

INDICADORES AGROECONÔMICOS DO ALGODÃO EM SISTEMA
CONSORCIADO, COM E SEM ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias/ Área de concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

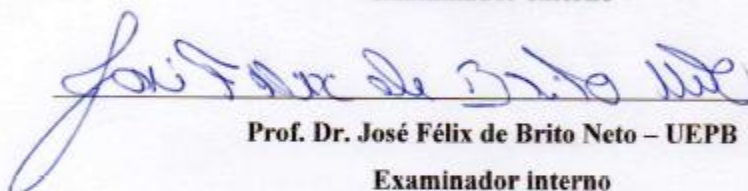
Aprovada em 30 de agosto de 2019

Banca Examinadora:



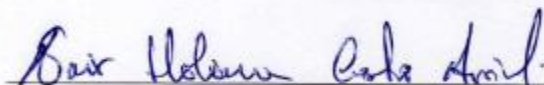
Prof. Dr. Frederico Campos Pereira – IFPB

Examinador externo



Prof. Dr. José Félix de Brito Neto – UEPB

Examinador interno



Prof.ª Dr.ª. Nair Helena Castro Arriel – UEPB/ Embrapa Algodão

Orientadora



PhD. José da Cunha Medeiros/ Embrapa Algodão

Coorientador

*À todos os produtores do Semiárido, aqueles que
são exemplo de perseverança e de sucesso,
em especial ao meu tio Cosme.*

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por ter me dado força, inteligência e sabedoria para não desistir e continuar lutando, apesar das dificuldades, por este meu sonho e objetivo de vida. A Ele eu devo minha gratidão.

Aos meus pais Luzia Maria de Azevedo "*in memorian*" e José Rafael dos Santos "*in memorian*" que infelizmente não podem estar presentes neste momento tão feliz da minha vida. Saudades eternas!

Ao meu avô materno, a quem dirigia a palavra "Pai", Manoel Maximiano de Azevedo (Saudoso Manuel Dulino) "*in memorian*", exemplo de grande homem agricultor que gostava de lidar com a terra, não poderia deixar de dedicá-lo, pois se hoje cheguei até aqui, devo muitas coisas a ele e por seus ensinamentos e valores passados. Obrigada por tudo!

Meus avós paterno e minha avó materna, não os conheci, mas aproveito também para agradecerlos, estejam onde estiverem.

Ao meu esposo Germano Barros pela confiança, amor, carinho e permanente lealdade, sendo meu companheiro de jornada, que me apoiou, me entendeu e colaborou nesta mais nova conquista.

A minha tia Maria das Dores pela força e dedicação para a minha permanência na Pós-graduação.

A minha prima Carmeracilda Dantas pelo apoio durante a realização do curso.

Aos meus familiares e amigos que suportaram minhas ausências com paciência e compreensão para o meu crescimento profissional.

A Dra Nair Helena Castro Arriel, orientadora deste trabalho, pelos ensinamentos e oportunidade de realizar a pesquisa em campo, na fazenda agroecológica Dulinos.

Ao coorientador Phd. José da Cunha Medeiros, pelo apoio e pelas contribuições para concretização deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

As parceiras voluntárias deste trabalho Clara Cardoso, Luana e Vanderléia, e em especial a Ednalva Nascimento, que participaram das análises laboratoriais.

A Embrapa Algodão pelo apoio logístico a pesquisa em campo, pelas análises laboratoriais e pela oportunidade de estágio para execução do trabalho de dissertação.

Aos colaboradores da Embrapa Algodão Marenilson, Sebastião e Mário pelas contribuições para a instalação do experimento em campo.

À equipe do laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão, Amós, Bruna, Daise, Marcionílio e Menezes, pela colaboração nas análises e pela amizade.

À equipe do laboratório de Tecnologia de Fibras e Fios da Embrapa Algodão, representado por Joênio pela colaboração nas análises de fibras, pelo apoio e pela receptividade.

Enfim, aos servidores da Embrapa Algodão em geral pelo apoio em todas as etapas de execução do projeto de pesquisa desse trabalho.

Aos meus colegas da turma do mestrado em ciências agrárias Lidiane, Fabrícia, Josivaldo, Bárbara, Leandro, Luana, Renato, Rogério, Katyanne, Itallo e Elíoenai, pela força e momentos compartilhados durante o curso.

Aos meus colegas de trabalho Geilza Lima e Ranieri Ferreira pelo incentivo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a construção deste Trabalho: Wedson Lima, José Vitoriano, Vanderléia, Aldenice, Daniel, Orlam, João Batista, Cosme, Amanda e José Sérgio que colaboraram com a pesquisa em campo.

Enfim, a todos aqueles que, embora não nomeados, me brindaram com seus inestimáveis apoios em distintos momentos e por suas presenças afetivas em minha vida.

Muito obrigada!

RESUMO

O algodão é uma das plantas mais importantes para a produção de fibras, além de ser fonte de alimento animal e matéria prima para a produção de óleo. Cultura de importância socioeconômica que já foi uma das maiores fontes geradoras de renda no Nordeste Brasileiro. Uma alternativa que tem se mostrado economicamente viável e ecologicamente sustentável para sistemas de cultivos com diversidades de culturas em uma pequena área é a técnica de cultivo em consórcio. Além de ser muito importante no manejo dos sistemas agroecológicos, o cultivo consorciado proporciona maior diversidade de nichos e recursos que estimulam a agrobiodiversidade. Diante do contexto, objetiva-se com este trabalho avaliar o cultivo de algodão em consórcio com palma forrageira e culturas alimentares, com e sem adubação orgânica, a partir de indicadores agroeconômicos em agroecossistemas consorciados e solteiros, visando à identificação do sistema mais vantajoso. O experimento foi realizado na Fazenda Agroecológica Dulinos, município de Baraúna-PB em delineamento de blocos ao acaso, estabelecidos em quatorze tratamentos, constituídos de sete arranjos populacionais (algodão + palma forrageira; algodão + feijão macassar; algodão + milho; algodão solteiro; feijão macassar solteiro; palma forrageira solteira e milho solteiro) na presença e ausência de adubação orgânica, distribuídos em esquema fatorial 7 x 2 com quatro repetições. Foram realizadas avaliações de produtividade, de índices agronômicos (uso de eficiência da terra, coeficiente equivalente de terra, razão de área equivalente no tempo, razão de competitividade, índice de produtividade do sistema e agressividade) e econômicos (renda bruta, renda líquida e vantagem monetária). O peso de capulho em plantas de algodão herbáceo BRS Aroeira foi afetado positivamente pela utilização da adubação orgânica. A malvacea quando consorciada com a palma apresentou o maior peso de capulho (4,25 g) e o menor peso foi encontrado quando o algodão foi cultivado simultaneamente com o feijão, representando um decréscimo de 18,28 % em relação ao rendimento do cultivo solteiro (4,05 g). A maior vantagem monetária foi obtida no agroecossistema algodão + palma que se sobressaiu em relação aos demais tratamentos. O consórcio do algodão BRS Aroeira + palma forrageira apresenta eficiência biológica e econômica maior do que os cultivos isolados, sendo opção viável para pequenos e médios produtores da região do Seridó oriental paraibano.

Palavras-chave: adubo orgânico, agricultura familiar, agrossistemas, *Gossypium hirsutum*

ABSTRACT

Cotton is one of the most important plants for fiber production, as well as being a source of animal feed and raw material for oil production. Culture of socioeconomic importance that was once one of the largest sources of income in the Brazilian Northeast. One alternative that has been shown to be economically viable and ecologically sustainable for cropping systems with crop diversity in a small area is the intercropping technique. Besides being very important in the management of agroecological systems, intercropping provides greater diversity of niches and resources that stimulate agrobiodiversity. Given the context, the objective of this work is to evaluate the cotton cultivation in intercropping with forage palm and food crops, with and without organic fertilization, from agroeconomic indicators in intercropping and single agroecosystems, aiming to identify the most advantageous system. The experiment was carried out at Dulinos Agroecological Farm, municipality of Baraúna-PB, in a randomized block design, established in fourteen treatments, consisting of seven population arrangements (cotton + forage palm; cotton + maize bean; cotton + corn; single cotton; bean single macassar, single forage palm and single corn) in the presence and absence of organic fertilization, distributed in a 7 x 2 factorial scheme with four replications. Evaluations were performed productivity, agronomic indices (land efficiency use, land equivalent coefficient, time equivalent area ratio, competitiveness ratio, system productivity index and aggressiveness) and economic (gross income, net income and advantage). The weight of boll in herbaceous cotton plants BRS Aroeira was positively affected by the use of organic fertilization. Malvacea when intercropped with the palm presented the highest weight of boll (4,25 g) and the lowest weight was found when cotton was simultaneously cultivated with beans, representing a decrease of 18,28 % in relation to the yield of single crop. (4,05 g). The greatest monetary advantage was obtained in the cotton + palm agroecosystem that outperformed the other treatments. The BRS Aroeira + forage palm cotton consortium has higher biological and economic efficiency than isolated crops, and is a viable option for small and medium producers in the eastern Paraíba Seridó region.

Keyword: family manure, agrosystems, organic fertilizer, *Gossypium hirsutum*

LISTA DE ABREVIATURAS

- % FIBRAS** – Porcentagem de fibras
- +b** – Grau de amarelo
- Ad** – Adubação orgânica
- AGR** – Agressividade
- Agr** – Agroecossistemas
- ATER** – Razão de área equivalente no tempo
- CR** – Razão de competitividade
- CRa** – Razão de competitividade da cultura principal
- CRb** – Razão de competitividade da cultura consorte
- CSP** – Índice de fiabilidade
- CTC** – Capacidade de troca de cátions
- DAS** – Dias após a semeadura
- ELG** – Alongamento à ruptura
- EMBRAPA** – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- HCN** – Ácido cianídrico
- HVI** – Instrumento de alto volume
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- LEC** – Coeficiente equivalente de terra
- MAT** – Maturidade
- MIC** – Índice micronaire
- N** – Nitrogênio
- pH** – Potencial hidrogeniônico
- RB** – Renda bruta
- Rd** – Reflectância
- RL** – Renda líquida
- SFI** – Índice de fibras curtas
- SIBCS** – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
- SPi** – Índice de produtividade do sistema
- STR** – Resistência
- UET** – Uso Eficiente da Terra
- UHM** – Comprimento
- UNF** – Uniformidade
- VM** – Vantagem monetária

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental, Baraúna-PB.....	26
Tabela 2 - Análise física do solo da área experimental, Baraúna-PB.....	27
Tabela 3 - Análise química do esterco bovino curtido utilizado no experimento, Baraúna-B.....	27
Tabela 4 - Quadrados médios referentes às variáveis peso de 1 capulho (g), caroço (kg ha ⁻¹), pluma (kg ha ⁻¹) e pluma com caroço (kg ha ⁻¹), de plantas de algodão cultivado sob diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica.....	38
Tabela 5 - Quadrados médios referentes às características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira: % Fibras, UHM (mm), UNF (%), SFI (%), STR (gf tex ⁻¹) e ELG (%), cultivado sob diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica.....	48
Tabela 6 - Valores médios referentes às características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira: % Fibras, UHM (mm), UNF (%), SFI (%), STR (gf tex ⁻¹) e ELG (%), cultivado sob diferentes agroecossistemas.....	49
Tabela 7 - Quadrados médios referentes às características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira: MIC (%), MAT (%), Rd (%), +b e CSP, cultivado sob diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica.....	52
Tabela 8 - Valores médios referentes às características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira: MIC (%), MAT (%), Rd (%), +b e CSP, cultivado sob diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica.....	53
Tabela 9 - Uso eficiente da terra (UET) parcial e total nos diferentes agroecossistemas.....	56
Tabela 10 - Valores médios de UET, LEC e ATER em função do consórcio do algodão em diferentes agroecossistemas.....	57
Tabela 11 - Valores médios de CR, SPi e AGR do algodão BRS Aroeira, cultura principal (a) e das culturas consórcio (b) nos diferentes agroecossistemas.....	59
Tabela 12 - Eficiência econômica do algodoeiro BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.....	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica da área experimental, fazenda agroecológica Dulinos, Baraúna-PB.....	25
Figura 2 - Precipitações pluviométricas anual verificadas na área experimental, Baraúna-PB.....	26
Figura 3 - Representação da distribuição dos agroecossistemas na área experimental, Baraúna-PB.....	29
Figura 4 -Visão parcial da área experimental do sistema de cultivo em consórcios de algodão, palma, milho e feijão e dos monocultivos das respectivas culturas. Baraúna, 2018.....	31
Figura 5 - Peso de 1 capulho de algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado com e sem o uso de adubação orgânica.....	39
Figura 6 - Peso de 1 capulho de algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.....	40
Figura 7 - Produtividade em pluma do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado com e sem o uso de adubação orgânica.....	41
Figura 8 - Produtividade em pluma do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.....	42
Figura 9 - Produtividade em caroço do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado com e sem o uso de adubação orgânica.....	43
Figura 10 - Produtividade em caroço do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.....	44
Figura 11 - Produtividade em pluma e caroço do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado com e sem o uso de adubação orgânica.....	45
Figura 12 - Produtividade em pluma com caroço do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.....	46
Figura 13 - Custos relativos ao cultivo do algodoeiro BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Breve histórico da produção de algodão no Nordeste brasileiro.....	15
2.2 Aspectos gerais das culturas consorciadas.....	16
2.2.1 Algodão (<i>Gossypium hirsutum</i>).....	16
2.2.2 Palma gigante (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	16
2.2.3 Milho (<i>Zea mays</i>).....;	17
2.2.4 Feijão macassar (<i>Vigna unguiculata</i>).....	18
2.3 Consórcio de plantas.....	19
2.3.1 Aspectos relevantes do cultivo em consórcio.....	19
2.3.2 Consórcio x Interação de Plantas.....	19
2.4 Caracterização dos sistemas de cultivo.....	20
2.4.1 Sistema algodão + palma.....	21
2.4.2 Sistema algodão + feijão.....	21
2.4.3 Sistema algodão + milho.....	22
2.5 Adubação orgânica.....	22
3. OBJETIVOS.....	24
3.1 Geral.....	24
3.2 Específicos.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 Localização do experimento.....	25
4.2 Clima e precipitação.....	25
4.3 Caracterização do solo e esterco.....	26
4.4 Delineamento experimental.....	27
4.5 Descrição dos agroecossistemas.....	27
4.6 Instalação do experimento.....	29
4.7 Preparo do solo, tratos culturais e adubação.....	30
4.8 Colheita.....	30
4.9 Variáveis analisadas.....	31
4.9.1 Algodão.....	31
4.9.2 Feijão macassar.....	32
4.9.3 Milho.....	32
4.9.4 Palma.....	32
4.10 Avaliações agroeconômicas realizadas.....	33
4.10.1 Índices de eficiência biológica.....	33
4.10.2 Índices de eficiência econômica.....	36
4.11 Análises estatísticas.....	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1 Efeito da consorciação e da adubação orgânica na produtividade do algodão herbáceo BRS Aroeira.....	38
5.1.1 Produtividade em pluma, caroço e pluma com caroço Kg/ha ⁻¹ e peso de 1 capulho g/planta.....	38
5.1.1.1 Peso de 1 capulho.....	39
5.1.1.2 Pluma.....	40
5.1.1.3 Caroço.....	42

5.1.1.4 <i>Pluma com caroço</i>	44
5.2 Efeito da consorciação e da adubação orgânica nas características tecnológicas de fibra do algodão herbáceo BRS Aroeira	47
5.2.1 Porcentagem de fibras (% Fibras), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR) e alongamento a ruptura (ELG).....	48
5.2.1.1 <i>Porcentagem de fibra (% fibras)</i>	48
5.2.1.2 <i>Comprimento da fibra (UHM)</i>	49
5.2.1.3 <i>Uniformidade (UNF)</i>	49
5.2.1.4 <i>Índice de fibras curtas (SFI)</i>	50
5.2.1.5 <i>Resistência (STR)</i>	50
5.2.1.6 <i>Alongamento a ruptura (ELG)</i>	51
5.2.2 Índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP).....	52
5.2.2.1 <i>Índice de Micronaire (MIC)</i>	53
5.2.2.2 <i>Maturidade da Fibra (MAT)</i>	54
5.2.2.3 <i>Reflectância (RD)</i>	54
5.2.2.4 <i>Grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP)</i>	55
5.3 Índice de eficiência agrônômica dos agroecossistemas	55
5.3.1 Índice de eficiência biológica.....	55
5.3.1.1 <i>Uso de eficiência da terra (UET)</i>	56
5.3.1.2 <i>Coefficiente equivalente de terra (LEC)</i>	57
5.3.1.3 <i>Razão de área equivalente no tempo (ATER)</i>	58
5.3.1.4 <i>Razão de competitividade (CR)</i>	59
5.3.1.5 <i>Índice de produtividade do sistema (SPi)</i>	60
5.3.1.6 <i>Agressividade (AGR)</i>	61
5.3.2 Eficiência econômica dos agroecossistemas.....	62
5.3.2.1 <i>Renda bruta (RB)</i>	63
5.3.2.2 <i>Renda líquida (RL)</i>	64
5.3.2.3 <i>Vantagem monetária (VM)</i>	66
6. CONCLUSÕES	68
7. REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

O município de Baraúna, localizado no estado da Paraíba, está inserido na microrregião do Seridó Oriental Paraibano, apresentando baixos índices pluviométricos. Nos últimos oito anos consecutivos, a baixa pluviosidade tem se tornado um fator limitante para a produção de culturas alimentares como também de forragem. No ano de 2018 a precipitação anual foi 382,5 mm, sendo caracterizado abaixo da média.

Por isso, a importância de se fazer uma boa escolha para implantação de culturas, pois as plantas podem se comportar de forma diversificada em relação aos limites de tolerância ao déficit hídrico e de competitividade. Dentro de um mesmo agroecossistema pode haver variações entre indivíduos, nos quais os efeitos do estresse hídrico e da competitividade podem diferenciar entre as fases de crescimento e desenvolvimento.

Cultura como palma forrageira (tolerante a escassez hídrica) e culturas anuais como milho e feijão (intolerantes ao déficit hídrico) já são bastante utilizadas pelos agricultores da região, no entanto, há necessidade de se inserir uma outra cultura para incrementar e diversificar a renda dessas famílias. O algodão é uma cultura importante para compor esse sistema de cultivo, pois já foi uma das principais culturas geradoras de renda para o município de Baraúna e região.

As condições climáticas do Estado da Paraíba são consideradas boas para cultivo do algodão. A cotinocultura é uma prática agrícola viável para um incremento na geração de renda no meio rural. No entanto, precisa estar atrelada a um modelo de produção baseado na valorização do conhecimento local, agroecologia, trabalho familiar e comercialização através de mercados justo com preços compensadores (ALMEIDA, 2011).

Além da escassez hídrica, outro problema elencado para a baixa produtividade e reduzida diversidade das culturas é o monocultivo. O sistema de cultivo adotado pelos agricultores, no município de Baraúna e regiões circunvizinhas, na maioria das vezes, consiste no cultivo solteiro. Este modelo não é recomendado para pequenas áreas, nas quais as unidades produtoras dispõem para cultivo de culturas alimentares e forrageiras, além de pequenas criações de ruminantes, suínos ou aves, área inferior a um módulo fiscal, que para o município de Baraúna (1) um módulo fiscal (MF) corresponde a 30 ha (LANDAU et al., 2012).

Uma alternativa que tem se mostrado economicamente viável e ecologicamente sustentável para sistemas de cultivos com diversidades de culturas em pequenas áreas é a

técnica de cultivo em consórcio. O termo consórcio, ou *intercropping*, é definido pela técnica de cultivar duas ou mais culturas simultaneamente na mesma área, por um período considerável do seu ciclo de desenvolvimento (SANTOS et al., 2016).

O cultivo consorciado é muito importante no manejo dos sistemas agroecológicos, uma vez que, possibilita maior diversidade nos agroecossistemas. Ao utilizar o consórcio, o agricultor garante maior estabilidade de rendimentos, maior aproveitamento de recursos naturais, maior diversidade alimentar, maior ocupação de mão-de-obra e supressão natural de plantas invasoras (DARONCO et al., 2012). Além do mais, contribui com a ciclagem de nutrientes e estimula os processos naturais de controle de pragas e doenças (SILVA et al., 2013).

Uma técnica para aumentar a produção é a adubação orgânica, pois o algodoeiro é uma cultura altamente responsiva a adubação (FERNANDES et al., 2009). A principal fonte para adubação na agricultura familiar provém do esterco bovino e de outros estercos de animais (SEVERINO et al., 2006), bem como de resíduos vegetais.

De acordo com Fernandes et al. (2009), a utilização de fontes orgânicas de adubação em regiões semiáridas, seja ela proveniente de esterco animal e, ou compostos orgânicos, é de suma importância para estas localidades, devido aos baixos teores de matéria orgânica constatados nos solos dessas regiões. Os autores ainda comentam que a eficiência do material orgânico varia em função da qualidade e da quantidade empregada.

A demanda por produtos orgânicos produzidos com o mínimo impacto à natureza tem mostrado que esse método de produção caminha para sustentabilidade dos sistemas de produção baseados na diversidade de cultivos. Em função do exposto, é importante avaliar o desempenho de culturas de importância socioeconômica em sistemas consorciados nas condições de Seridó Oriental Paraibano a fim de disponibilizar referências tecnológicas e econômicas relevantes para a sustentabilidade produtiva da agricultura do Semiárido Nordeste.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Breve histórico da produção do algodão no Nordeste brasileiro

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) é uma planta tolerante a seca, cultivado em regiões tropicais e subtropicais, considerado uma das principais culturas exploradas no Brasil. O país ocupa a quinta colocação dentre os países produtores de algodão. Ressalte-se que a cotonicultura destaca-se no cenário nacional como cultura de expressiva importância econômica (OLIVEIRA et al., 2012). Acrescente-se que a cotonicultura já foi a principal atividade econômica da região semiárida do Nordeste brasileiro (DANTAS et al., 2012).

O cultivo do algodão vem contribuindo na geração de renda, dentro do processo produtivo da agricultura familiar. Ecologicamente, o semiárido é propício para a produção de algodão, todavia, no Nordeste até a primeira metade do século XVIII, a fibra já era “domesticada” e a produção destinada apenas para o mercado local, utilizada principalmente para a fabricação de tecidos grosseiros, para a sacaria, roupas dos escravos, e das camadas mais pobres da população (ALMEIDA, 2011).

Por outro lado, a trajetória da indústria têxtil no Brasil – assim como em países da Europa, América do Norte e Ásia – tem história de aproximadamente 200 anos, e conta com casos de sucesso e insucesso em diferentes épocas com suas respectivas crises (FUJITA; JORENTE, 2015). A perda da exclusividade comercial estimulou o estado de Pernambuco (para onde a Paraíba escoava seu produto), entrar e manter contato direto com os países europeus compradores como Inglaterra e França (MEDEIROS, 1999).

Além de ser fonte de alimento animal e matéria prima para a produção de óleo, o algodão é uma das plantas mais importantes para a produção de fibras. No mercado, a demanda pelo algodão tem aumentado constantemente desde a década de 1950, a uma taxa média anual de 2% e para garantir essa evolução, é imprescindível o uso de tecnologias eficientes, com foco na melhoria da produtividade e na qualidade do algodão, favorecendo o desenvolvimento sustentável da cultura (CORTEZ, 2018).

De acordo com a CONAB (2019), a produção de algodão em caroço no Brasil em 2019 (6.726,5 t), dados estimados até agosto, teve um aumento de 34,2 % na safra em relação ao ano de 2018 (5.012,9 t). A produção de algodão é uma atividade mais do que secular, altamente significativa para a agricultura familiar e quando associado ao cultivo do milho e do feijão, e a pecuária permitiu a ocupação de uma vasta área do semiárido pela condição de

semiárida da região, tornando o algodão a principal opção fitotécnica dessa região, haja vista ser resistente a seca (BELTRÃO, 2003).

2.2 Aspectos gerais das culturas consorciadas

2.2.1 Algodão (*Gossypium hirsutum*)

O algodão é uma planta autógama pertencente ao gênero *Gossypium*, espécie *G. hirsutum* e da família Malvaceae. Originário da Índia esse gênero possui 50 espécies, tendo-se expandido nas regiões áridas e semiáridas da África, Austrália, Américas, Arábia, Galápagos e Havaí. As fibras crescem em quantidade considerável, aderidas às sementes e encerradas numa cápsula, que se abre ao amadurecer. As espécies cultivadas são *G. herbaceum*, *G. arboreum*, *G. barbadense*, *G. hirsutum* (SOUZA, 2011).

O principal produto do algodoeiro é a fibra, que, com 94% de celulose em sua composição, representa 35% a 45% da produção total e corresponde à fibra natural mais consumida no mundo, abastecendo 50% do mercado mundial de fibras têxteis (SANTOS et al., 2008). Além disso, o algodoeiro é uma planta de aproveitamento integral (fibra, semente, planta), sendo usada como matéria-prima na indústria têxtil, alimentícia, de ração animal, de cosméticos, farmacêutica, de celulose, entre outras.

O cultivo do algodão representou uma das principais atividades econômicas no Nordeste, tendo sido responsável por grande parte da geração de emprego e renda na região, chegando a ter mais de 3,2 milhões de hectares plantados na década de 1970 (Beltrão et al., 2010a). No Semiárido o algodão, por muitas décadas, foi o principal produto da agropecuária (CAMPOS, 1990). A cultura do algodoeiro herbáceo em condições de sequeiro é uma das mais importantes para os pequenos e médios produtores de base familiar da região semiárida do Brasil (SOFIATTI, 2014).

2.2.2 Palma gigante (*Opuntia ficus-indica*)

A palma gigante pertence à família das cactáceas, gênero *Opuntia*, espécie *O. ficus-indica*, é uma forrageira alternativa para as regiões áridas e semiáridas, pois apresenta aspecto fisiológico peculiar quanto à absorção, aproveitamento e transferência de água para a atmosfera (PINHEIRO, 2014).

A palma forrageira é a cactácea com maior potencial de exploração no Nordeste brasileiro, devido ao seu elevado potencial de produção de fitomassa nas condições ambientais do semiárido (RAMOS et al., 2011). Destaca-se por ser de elevado valor energético, com nutrientes digestíveis totais (NDT) de 63%, resistente à seca, com elevada eficiência de uso de água e amplamente incorporada ao processo produtivo da região (MARQUES et al., 2017).

Inúmeras são as suposições quanto à baixa exigência hídrica da palma (Consoli et al., 2013) o que se deve ao fato da mesma possuir metabolismo ácido das crassuláceas (MAC) e ser cultivada tradicionalmente em condições de sequeiro, com captação da energia solar durante o dia e a fixação do CO₂ a noite, o que diferencia da maioria das outras plantas (SAMAPAI, 2005).

Os sistemas de produção da agricultura familiar do Seridó Oriental Paraibano buscam a diversificação dos cultivos locais principalmente com cultivos forrageiros adaptados às condições de sequeiro da região (SILVA et al., 2013). A palma forrageira, por apresentar elevada adaptabilidade, tem sido um recurso utilizado para amenizar as dificuldades alimentares dos animais nas secas prolongadas (FARIAS et al., 2000).

Assim, como forma de convivência com a seca na região semiárida, produzindo alimento a partir da atividade pecuária, o camponês tem na palma forrageira a alternativa de arraçoamento dos seus rebanhos nos momentos mais críticos de escassez hídrica (GOMES et al., 2016).

2.2.3 Milho (*Zea mays*)

O milho é uma gramínea da família Poaceae, gênero *Zea* e espécie *Z. mays* considerado uma das mais importantes e antigas culturas agrícolas. Tem origem nas Américas, e é cultivado desde a Rússia até a Argentina, em diferentes latitudes (SABUNDJIAN, 2016).

Pertencente ao grupo das angiospermas, ou seja, produz as sementes no fruto, a planta do milho chega a uma altura de 2,5 metros, embora haja variedades bem mais baixas. A espiga é cilíndrica e pode conter de duzentos a quatrocentos grãos (SOUZA et al., 2017). A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, está compreendida entre 24 e 30° C e quanto à exigência hídrica, este pode ser cultivado em

regiões aonde as precipitações vão desde 250 mm até 5000 mm anuais (LANDAU et al., 2019).

A Região Nordeste detém a maior parcela dos estabelecimentos familiares na produção de milho do País (58%). O milho representa um produto estratégico para a segurança alimentar da população mundial sendo utilizado para a nutrição humana e alimentação animal, principalmente na avicultura, suinocultura e bovinocultura (ALVES; AMARAL, 2011). Além disso, também é utilizado na indústria química e alimentícia, de onde se obtém mais de quinhentos derivados (FORNAZIERI FILHO, 2011), possui grande importância tanto econômica, quanto social.

Geralmente, o milho cultivado na região do Seridó Oriental Paraibano não tem variedade definida. As sementes de milho possuem muita relevância na agricultura, dada à participação determinante no sucesso ou fracasso dos cultivos e as variedades locais são consideradas componentes da agrobiodiversidade, e de valor inestimável as populações tradicionais (QUEIROZ et al., 2019).

2.2.4 Feijão macassar (*Vigna unguiculata*)

O feijão macassar é uma planta dicotiledônea, que pertence à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, gênero *Vigna* e espécie *V. unguiculata*. Geralmente possui porte ereto, meia-rama ou enramador; e hábito de crescimento determinado (CAMPOS et al., 2000). Esta importante leguminosa utilizada na alimentação humana desenvolve-se numa faixa de temperatura entre 20°C e 35°C (AGBICODO et al., 2009).

Cultivado no Brasil desde o início da colonização o feijão macassar é uma das fontes alimentares mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do mundo (FROTA; SOARES; ARÊAS, 2008). É possuidor de grande plasticidade fenológica, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais, e tem grande capacidade de fixar nitrogênio atmosférico por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* (MORENO, 2017).

Na Paraíba, o feijão macassar é cultivado em quase todas as microrregiões, totalizando uma área de 174,2 mil hectares, produção de 37,8 mil toneladas e ocupando o quinto lugar em área plantada no Nordeste (IBGE, 2017). Cultura de grande importância para os pequenos produtores do Nordeste brasileiro, em particular a microrregião do Seridó Oriental Paraibano, com destaque para o município de Baraúna. A destinação desta planta para a produção de

feijão-verde constitui-se numa importante fonte de renda para os agricultores familiares, e apresenta-se como uma cultura de relevância tanto econômica como social (SILVA, E. et al., 2013).

2.3 Consórcio de plantas

2.3.1 Aspectos relevantes do cultivo em consórcio

O consórcio de plantas é uma prática agrícola muito usada em todas as regiões tropicais, onde o agricultor utiliza o plantio simultâneo de diferentes culturas na mesma área ocorrendo intensificação da exploração agrícola no tempo e no espaço, como estratégia para fugir da irregularidade climática muito frequente nessa região (OLIVEIRA FILHO, 2013).

O consórcio de culturas, quando comparados aos monocultivos, destaca-se por vários fatores como: menor risco de insucesso em virtude das incertezas climáticas, por agruparem culturas de diferentes ciclos; confere maior proteção ao solo, através da redução do crescimento de ervas espontânea, em virtude da maior frequência dos tratos culturais; aumenta a produção por unidade de área em um determinado período de tempo; otimiza a utilização da mão de obra; melhora a distribuição temporal de renda, proporcionando, com maior frequência, maior lucro ao produtor; diversifica a produção, em virtude da maior variedade de alimentos (SANTANA, 2009); proporciona proteção vegetativa do solo contra a erosão (DEVIDE et al., 2009) e reduz a incidência de pragas e doenças nas culturas consorciadas (ALVES et al., 2009).

O policultivo é uma das práticas mais comuns utilizadas nos sistemas agrícolas sustentáveis, que tem um papel importante no aumento da produtividade e da estabilidade do rendimento, a fim de otimizar a utilização dos recursos e dos fatores ambientais (ALIZADEH et al., 2009). Segundo Lithourgidis et al. (2011), os sistemas consorciados proporcionam vantagens em relação ao monocultivo por aumentar o rendimento das culturas em virtude da utilização mais eficiente os recursos disponíveis.

2.3.2 Consórcio x Interação de Plantas

Ressalte-se que, no cultivo em consórcio, as culturas não são necessariamente semeadas ou plantadas ao mesmo tempo, mas durante parte de seus períodos vegetativos, há uma simultaneidade, forçando uma interação entre elas (VIEIRA, 1998).

A utilização de consórcio, aliado a diferentes arranjos populacionais, permitem acréscimo no rendimento das culturas, principalmente da agricultura de autoconsumo, pois, com o aumento da população de plantas por área, ocorre acréscimo no rendimento de grãos, até atingir um patamar ideal, que é pré-determinado pelo genótipo das culturas, bem como pelas condições edafoclimáticas (SANTOS, 2008).

Acredita-se que, ao cultivar espécies de diferentes ciclos vegetativos, com sistemas radiculares distintos que explorem diferentes camadas de perfil do solo e com necessidades nutricionais específicas, em consórcio, o produtor poderá assegurar maior estabilidade de produção, melhor uso dos recursos naturais, além de aspectos como otimização do uso de mão-de-obra, controle de erosão, diversificação de matéria-prima para alimentação da família e do rebanho e melhor eficiência no uso da terra (FRANCIS, 1986).

A eficiência e a vantagem de um sistema consorciado dependem fundamentalmente da complementaridade entre as culturas componentes. Vários fatores podem ter impacto significativo no rendimento e na taxa de crescimento das culturas componentes em consorciação, com destaque para a competição entre as culturas, o tipo de cultivar semeada, o arranjo espacial de plantio, entre outros (DHIMA *et al.*, 2007).

Quando duas ou mais populações de diferentes culturas são plantadas juntas para formar um agroecossistema consorciado, e o rendimento resultante das populações combinadas é maior do que aquele das culturas solteiras é muito provável que estes aumentos sejam resultado da complementaridade das características de nicho das populações em questão (GLIESSMAN, 2000).

Raventós e Silva (1995) argumentaram que a redução na absorção, ocasionada por plantas vizinhas, poderia ser devido à competição por água durante a estação seca e por luz durante a estação úmida. Nesse sentido, é importante que a natureza complexa da competição entre plantas seja investigada a partir de estudos experimentais que permitam refletir o contexto local uma vez que, a competição interespecífica por ambientes favoráveis ao estabelecimento das plantas, ao longo do tempo evolutivo, pode gerar adaptações nas estratégias de regeneração das espécies (ZANINE; SANTOS, 2004).

2.4 Caracterização dos sistemas de cultivo

Os sistemas de cultivo representam a maneira como as plantas estão dispostas no campo, sejam estas agrupadas com plantas da mesma espécie e/ou de espécies diferentes, com diferentes arranjos populacionais.

2.4.1 Algodão + palma

O manejo agroecológico de consórcios com algodoeiro (França, 2004) pode ter sua potencialidade aumentada em virtude de consórcios com outras culturas como a palma forrageira, atuando de forma a contribuir com o aumento da receita da propriedade familiar, bem como a produção de forragem para alimentar rebanhos.

Os sistemas de produção da agricultura familiar do semiárido buscam a diversificação dos cultivos locais (consórcio de milho e feijão) principalmente com cultivos forrageiros adaptados às condições de sequeiro da região. A palma forrageira, por apresentar elevada adaptabilidade, tem sido um recurso utilizado para amenizar as dificuldades alimentares dos animais nas secas prolongadas (FARIAS et al., 2000).

Segundo Silva, G. et al. (2013), o consórcio algodão + palma forrageira pode ser uma alternativa eficiente na agricultura familiar visto que apresentou resultados positivos do Uso Eficiente da Terra e renda bruta, parâmetros esses importantes na avaliação da eficiência do sistema, bem como, proporcionou melhor resultado no rendimento em fibra do algodão.

2.4.2 Algodão + feijão

O sistema consorciado é bastante complexo e ecologicamente representa o retorno ao ecossistema natural, onde a diversidade cultural aumenta a estabilidade, atuando como intermediário entre o monocultivo intensivo e o cultivo sustentável (BELTRÃO et al., 1984).

O consórcio envolvendo algodão e feijão é interessante para as condições de semiárido. Além de o feijão contribuir na dieta protéica do agricultor, a sua capacidade de fixação biológica de nitrogênio pode suprir parte das necessidades nutricionais do algodoeiro, e principalmente, a manutenção da fertilidade do solo (SILVA et al., 2007).

O algodoeiro é uma cultura amplamente utilizada pelos agricultores do Seridó, sendo a associação algodão + feijão uma opção de consórcio viável, pois combina uma leguminosa de ciclo rápido com uma malvácea (SILVA et al., 2009), além de possibilitar uma maior ocorrência de inimigos naturais.

2.4.3 Algodão + milho

Pesquisas realizadas no Ceará mostraram que os consórcios agroecológicos têm contribuído na melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, além de possibilitar maior segurança alimentar para agricultores familiares do Semiárido (LIMA et al., 2009a).

O algodão é cultivado por pequenos agricultores, além de outras culturas como feijão, milho, mandioca, gergelim, espécies arbóreas a exemplo da gliricídia e leucena (SANTOS et al., 2016). Nesse sentido, o consórcio de culturas com a malvácea é uma alternativa para a produção em pequenas propriedades (MAIA et al., 2016), notadamente no semiárido paraibano.

As lavouras de algodão já constituiu a principal atividade geradora de renda para os pequenos agricultores nordestinos, geralmente em consórcios com o milho (MOREIRA et al., 1989). A área de cultivo do algodão era destinada a pastagem, após a colheita e as ramas do algodão serviam de alimentação para o gado, formando o binômio boi-algodão (GONÇALVES, 2003). O algodão alimentava o gado com suas sementes, ramos e folhas, muito ricas em proteínas (BELTRÃO, 2003).

2.5 Adubação orgânica

Nos últimos anos, a utilização da adubação orgânica aumentou gradativamente no Brasil. O emprego intenso desse modo de fertilização provoca mudanças significativas na fertilidade química dos solos (BRITO et al., 2005), como também na estrutura física e biológica. A fertilização orgânica, com uso de resíduos oriundos da propriedade rural, ou das imediações, é um modo habitual para conduzir as lavouras de pequenos produtores rurais (SEVERINO et al., 2006).

O emprego de fertilizantes orgânicos está associado à melhoria das propriedades do solo, como retenção de água, estabelecimento de microrganismos benéficos, redução da população de patógenos, aumento da matéria orgânica do solo e da capacidade de troca de cátions e diminuição da densidade do solo (BULLUCK et al., 2002). Nesses benefícios ainda se incluem estabilização do pH, melhoria na taxa de infiltração e agregação do solo. Enfim, a adição de compostos orgânicos tem contribuído para a excelência da qualidade do solo, que especialmente nos cultivos orgânicos tem promovido sustentabilidade nesse sistema de produção (SILVA et al., 2005).

Nos últimos anos, fontes alternativas de adubação orgânica não só para o cultivo de algodão, como para as demais culturas, têm despertado o interesse dos produtores. De acordo com Silva, et al. (2005), um dos adubos orgânicos mais utilizados na agricultura nordestina é o esterco, principalmente bovino, porém sua eficiência depende do grau de decomposição, da origem do material, da dosagem empregada e até da forma de colocação do adubo.

Apesar de alguns trabalhos enfatizarem o uso de adubação orgânica em algodoeiro (BELTRÃO, et al., 2001), os insumos orgânicos geralmente têm sido manejados de forma empírica, sobretudo no que concerne aos processos de decomposição e do fluxo de nutrientes do solo (SOUTO, 2002). Esses processos estão intimamente ligados à biota do solo, sendo de vital importância à renovação da matéria orgânica para o estabelecimento e atividade dos microrganismos.

A adubação nitrogenada, a exemplo da adubação orgânica a base de esterco bovino, se constitui num fator relevante na produção das culturas, tendo em vista sua exigência em grande quantidade e manejo no solo bastante complexo. No algodoeiro, o nitrogênio estimula o crescimento e o florescimento, regulariza o ciclo da planta, aumenta a produtividade e melhora o comprimento e a resistência da fibra (LIMA et al., 2007).

Levando em consideração que os solos do Seridó oriental paraibano é pobre em matéria orgânica, é importante verificar que a adição de Nitrogênio (N) ao solo com a utilização de esterco, uma vez iniciada a decomposição entra no estoque de N orgânico e passa a ser mineralizado a taxa similar ao N natural (MENEZES; SALCEDO, 2007).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar o cultivo de algodão em consórcio com palma forrageira e culturas alimentares, com e sem adubação orgânica, a partir de indicadores agroeconômicos em agroecossistemas consorciados e solteiros, visando à identificação do sistema mais vantajoso.

3.2 Específicos

Quantificar o peso verde de brotações da palma forrageira como parâmetros de produtividade submetidas ao consórcio e ao cultivo solteiro, com e sem adubação orgânica.

Verificar a produtividade do milho e do feijão macassar em consórcio e em cultivo solteiro, com e sem adubação orgânica.

Avaliar a produtividade de fibras e caroço do algodão cultivado em consórcio e cultivo solteiro, sob uso e não uso de adubação orgânica.

Determinar as características tecnológicas das fibras de algodão oriundas dos diferentes agroecossistemas.

Estimar os índices de eficiência agrônoma e econômica dos agroecossistemas.

Selecionar o agroecossistema que proporcione a maior produtividade do algodão.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização do experimento

A pesquisa foi desenvolvida na Fazenda Agroecológica Dulinos (Figura 1) no ano agrícola de 2018, situada no sítio Serrote Verde, município de Baraúna, Estado da Paraíba, na mesorregião da Borborema e microrregião do Seridó Oriental Paraibano, a $6^{\circ} 37' 16.74''$ S de latitude e $36^{\circ} 14' 13.15''$ W de longitude.

O município de Baraúna, com uma população estimada de 4.831 habitantes (IBGE, 2018) apresenta uma área de 50, 577 km² e encontra-se inserida na Bacia Hidrográfica do rio Seridó limitando-se com os municípios de Picuí, Cuité, Sossego, Pedra Lavrada e Nova Palmeira com uma altitude média em relação ao nível do mar de 626 metros (AESAs 2019).

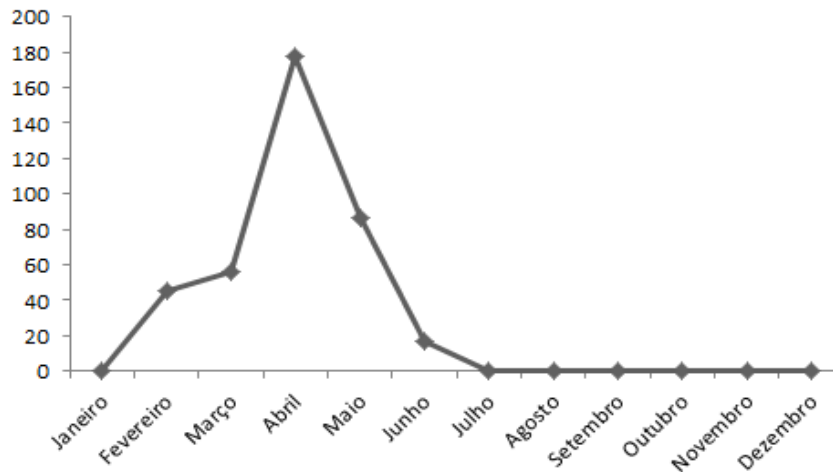
Figura 1 - Localização geográfica da área experimental, fazenda agroecológica Dulinos, Baraúna-PB.



Fonte: Google Maps

4.2 Clima e precipitação

A classificação do clima é BSh, ou seja, semiárido do tipo desértico (KÖPPEN E GEIGER, 2000). A temperatura média anual em Baraúna é 24.5 °C e a pluviosidade média anual de 536 mm, nos últimos anos. A pluviosidade anual na área experimental em 2018 foi de 382,5 mm (Figura 2), sendo abaixo da média. O experimento foi conduzido em condições de sequeiro e para o registro das precipitações foi instalado pluviômetro na área experimental.

Figura 2 – Precipitações pluviométricas anual verificadas na área experimental, Baraúna-PB

. Fonte: Própria

4.3 Caracterização do solo e esterco

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental, Baraúna-PB, 2018.

Caracterização química do solo												
Prof.	pH H ₂ O	Complexo Sortivo (mmolc/dm ³)						%	mmolc /dm ³	mg/ dm ³	g/kg	
cm	1:2,5	Ca ⁺ ₂	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H+Al	T	V	Al ⁺³	P	M.O
0-10	6,1	24,5	7,2	0,5	3,0	35,2	3,4	38,6	90,4	0,1	11,2	8,2
10-20	6,2	18,2	5,7	0,8	1,5	26,3	2,7	29,0	90,4	0,1	1,8	4,3

Antes do plantio foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm, para análise química (Tabela 1) e física (Tabela 2). Também foi feita coleta da amostra do esterco bovino curtido (Tabela 3) utilizado no experimento. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e conduzidas ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão.

O solo da área experimental pertence à classe dos Neossolos Regolíticos Distróficos, conforme os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SIBCS (EMBRAPA SOLOS, 2013).

Tabela 2- Análise física do solo da área experimental, Baraúna-PB, 2018.

Caracterização física do solo								
Prof. cm	Areia (g/kg)		(g/kg)	(g/kg)	(%)	Densidade		(%)
	Grossa	Fina	Silte	Argila	Floculação	Real	Global	Porosidade
0-10	57,76	35,37	4,92	1,95	51	4,27	1,30	69,67
10-20	60,53	0,94	4,56	33,97	79	4,39	1,31	70,01

Tabela 3 - Análise química do esterco bovino curtido utilizado no experimento, Baraúna-PB, 2018.

Caracterização química do esterco bovino										
Porcentagem (%)										
N	P.B	P	P₂O₅	K	K₂O	Ca	CaO	Mg	MgO	S
1,34	8,39	0,12	0,27	0,35	0,41	1,41	1,97	0,21	0,37	0,01

4.4 Delineamento experimental

Os ensaios foram conduzidos em delineamento de blocos ao acaso (DBC), estabelecidos em quatorze tratamentos, constituídos de sete arranjos populacionais (algodão + palma forrageira; algodão + feijão macassar; algodão + milho; algodão solteiro; feijão macassar solteiro; palma forrageira solteira e milho solteiro) na presença e ausência de adubação orgânica (esterco bovino), distribuídos em esquema fatorial 7 x 2 com quatro repetições totalizando em 56 parcelas.

4.5 Descrição dos agroecossistemas

A pesquisa constou da condução de experimento de campo, para avaliação do sistema de consórcio, com as espécies conforme descritas a seguir:

- Agroecossistema 1: Consórcio de algodão e palma forrageira. A palma foi plantada no espaçamento de 2,0 x 0,5 m, no qual se intercalou uma fileira de algodão no espaçamento de 1,0 x 0,25 m entre as fileiras de palma forrageira, com um total de 48 plantas de algodão e 24 plantas de palma. A configuração dentro da área útil foi a seguinte: 2 AL: 2 PA (2 fileiras de algodão para 2 fileiras de palma forrageira).

- Agroecossistema 2: Consórcio algodão e feijão macassar. O algodão foi plantado no espaçamento de 2,0 x 0,25 m, no qual se intercalou uma fileira de feijão macassar no espaçamento de 1,0 x 0,25 m entre as fileiras de algodão, com um total de 48 plantas de algodão e 48 plantas de feijão macassar. A configuração dentro da área útil foi a seguinte: 2AL: 2 FM (2 fileiras de algodão para 2 fileiras de feijão macassar).

- Agroecossistema 3: Consórcio de algodão e milho. O algodão foi plantado no espaçamento de 2,0 x 0,25 m, no qual se intercalou uma fileira de milho no espaçamento de 1,0 x 0,25 m entre as fileiras de algodão, com um total de 48 plantas de algodão e 48 plantas de milho. A configuração dentro da área útil foi a seguinte: 2 AL : 2 MI (2 fileiras algodão para 2 fileiras de milho).

- Agroecossistema 4: Algodão solteiro com espaçamento de 1,0 x 0,25 m, totalizando em 96 plantas de algodão. A configuração dentro da área útil foi a seguinte: 4 AL (4 fileiras de algodão).

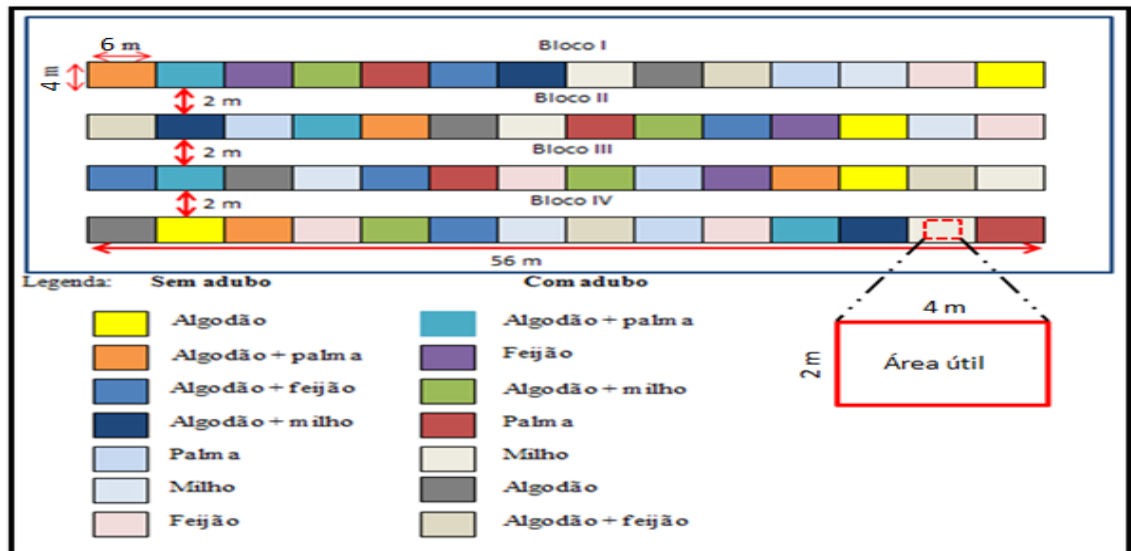
- Agroecossistema 5: Feijão macassar solteiro com espaçamento de 1,0 x 0,25 m, totalizando em 96 plantas de feijão macassar. A configuração dentro da área útil foi a seguinte: 4 FM (4 fileiras de feijão macassar).

- Agroecossistema 6: Palma forrageira solteira com espaçamento de 1,0 x 0,5 m, totalizando em 48 plantas de palma forrageira. A configuração dentro da área útil foi a seguinte: 4 PA (4 fileiras de palma forrageira).

- Agroecossistema 7: Milho solteiro com espaçamento de 1,0 x 0,25 m, totalizando em 96 plantas de milho. A configuração dentro da área útil foi a seguinte: 4 MI (4 fileiras de milho).

Todas as parcelas tiveram área de 24 m², sendo a área útil dentro de cada parcela de 8 m². Cada bloco correspondeu a uma área de 336 m², sendo totalizada a área experimental em 1.344 m² com distância entre blocos 2 m (Figura 3).

Figura 3 - Representação da distribuição dos agroecossistemas na área experimental, Baraúna-PB, 2018.



4.6 Instalação do experimento

O experimento em campo foi iniciado em 23/02/2018 com o plantio da palma e foi até 16/09/18. A área experimental total correspondeu a aproximadamente 0,5 ha. A instalação do experimento iniciou com a demarcação da área com uso de trena, cordas e piquetes e seguida da identificação das parcelas, por meio de plaquetas devidamente grafadas com o número da unidade experimental seguindo-se o acaso do sorteio do tratamento. Este procedimento foi adotado para facilitar a identificação das parcelas no momento da semeadura e das avaliações em campo (GONDIM, 2011).

Para compor os agroecossistemas foram escolhidas as seguintes cultivares: algodão (*Gossypium hirsutum* L. cv. BRS. Aroeira), palma forrageira (*Opuntia ficus indica* (L.) P. Mill - cv. Gigante), milho (*Zea mays*) e feijão macassar (*Vigna unguiculata*). As cultivares foram utilizadas nos cultivos consorciados e solteiros. As sementes de algodão e as raquetes de palma foram adquiridas na Embrapa Algodão e as sementes de feijão macassar e milho foram adquiridas em casas comerciais, oriundas dos próprios agricultores familiares.

Para a semeadura do algodão, do milho e do feijão foram utilizadas cerca de 5 sementes de cada cultura com aproximadamente 3 cm de profundidade. O milho e o feijão foram plantados de matraca e o algodão e a palma plantados manual. Já para a palma forrageira foi plantada uma raquete em cada cova com aproximadamente 15 cm de profundidade. As culturas foram plantadas no sentido contrário a declividade do terreno,

sendo essa é uma metodologia adotada para conservação de solo.

Os cladódios utilizados no plantio foram deixados à sombra durante sete dias, e posteriormente, plantada verticalmente, com a parte cortada voltada para o solo a uma profundidade onde metade do cladódio ficou enterrado.

O algodão, o feijão e o milho foram semeados 41 dias após o plantio da palma forrageira. A palma foi plantada no final do mês de fevereiro (23/02/2018) e o algodão e as culturas alimentares no início do mês de abril (05/04/2018). As atividades de instalação dos ensaios experimentais basearam-se no zoneamento agrícola de risco climático da região, conforme conhecimento empírico dos agricultores.

4.7 Preparo do solo, tratamentos culturais e adubação

O preparo do terreno foi feito com tração animal e o controle de ervas espontâneas foi realizado manualmente e com auxílio de enxadas. Duas capinas foram realizadas durante a experimentação. O desbaste para o milho, feijão e algodão ocorreu 30 dias após a semeadura (DAS), deixando-se 2 plantas por cova. Para o controle de formigas foi utilizado métodos alternativos como vinagre, urina de vaca e folhas de maniçoba, bem como bordadura com gergelim em volta de toda a área experimental.

Foi realizada adubação orgânica de fundação no sulco de plantio com esterco bovino para as parcelas com a fertilização, simultaneamente ao dia do plantio. Com base na análise de solo e do esterco utilizou-se um kg do adubo por metro linear. O experimento foi conduzido em sistemas de cultivo orgânico, dentro de uma proposta agroecológica.

4.8 Colheita

As colheitas foram realizadas ao final do ciclo de cada cultura, com exceção da palma forrageira que é uma cultura perene. A colheita da produtividade das culturas foi realizada na área útil de cada parcela, em operação única, considerando-se a uniformidade de maturação das culturas temporárias (algodão, milho e feijão). Para a palma foi coletado as brotações. Foram avaliadas amostras padrão por área útil estimando-se as produtividades em kg ha⁻¹. Para a palma foram avaliadas 8 amostras/plantas em consórcio e 16 no monocultivo. Já para as culturas temporárias foram avaliadas 16 amostras no sistema de consórcio e 32 em monocultivo.

O feijão macassar foi colhido primeiro, aos 101 dias após a semeadura (DAS), logo em seguida foi o milho aos 122 DAS. Já o algodão foi colhido aos 150 DAS, quando notado uniformidade de maturidade dos capulhos.

O encerramento do experimento em campo ocorreu com a colheita das brotações da palma forrageira, aos 205 dias após o plantio das raquetes. As colheitas ocorreram nos meses de julho, agosto e setembro para o feijão, o milho e o algodão, respectivamente. Logo em seguida foram coletadas as brotações da palma para obtenção do peso verde como parâmetro de produtividade. Uma visão parcial da área experimental pode ser observada na Figura 4.

Figura 4 – Visão parcial da área experimental do sistema de cultivo em consórcios de algodão, palma, milho e feijão e dos monocultivos das respectivas culturas. Baraúna, 2018.



Fonte: Autora.

4.9 Variáveis analisadas

4.9.1 Algodão

As variáveis analisadas para a cultura do algodão foram: características tecnológicas das fibras e produtividade de fibra e caroço.

Os capulhos de algodão passaram por uma separação da pluma para procedimentos de análise apenas do material fibroso e determinação da produtividade em fibra (kg ha^{-1}); em seguida foi determinada a produtividade em caroço.

Para determinação das características tecnológicas de fibras foram coletadas amostras padrão compostas de 20 capulhos no terço médio superior da planta de algodão, nas parcelas, em campo. As amostras foram identificadas em sacos de papel kraft e encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia de Fibras e Fios da Embrapa Algodão.

Todas as amostras padrão foram pesadas e analisadas no aparelho HVI (instrumento de alto volume) segundo metodologia proposta por Fonseca e Santana (2002). Com isto, foram determinados: porcentagem de fibras (% FIBRAS); comprimento (UHM) em mm; uniformidade (UNF) em %; resistência (STR) em gf tex^{-1} ; índice de fibras curtas (SFI) em %; alongamento à ruptura (ELG) em %; índice micronaire (MIC) em %; maturidade (MAT) em %; reflectância (Rd) em %; grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP).

4.9.2 Feijão macassar

Por ocasião da colheita, foi determinado o peso de grãos, de cada parcela útil. Estas avaliações foram realizadas ao final do ciclo. Após a colheita o material vegetal foi colocado em sacos devidamente identificados e encaminhados ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão para análises da massa de grãos, em balança semi-analítica.

4.9.3 Milho

Também por ocasião da colheita do milho no final do ciclo foi determinada a massa de grãos de cada parcela útil. Estas avaliações foram realizadas ao final do ciclo. Após a debulha, o material vegetal foi colocado em sacos devidamente identificados, sendo determinada a massa de grãos em balança semi-analítica no laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa algodão.

4.9.4 Palma

Para a palma forrageira a coleta de dados foi feita após a colheita das culturas temporárias. Aos 205 dias após o plantio, as brotações foram coletadas com auxílio de facas e

obtido o seu peso verde ainda em campo, utilizando-se uma balança portátil.

4.10 Avaliações agroeconômicas realizadas

4.10.1 Índices de eficiência biológica

A eficiência agrônômica do consórcio foi estudada pelos índices: uso de eficiência da terra (UET), coeficiente equivalente de terra (LEC), razão de competitividade (CR), razão de área equivalente no tempo (ATER), índice de produtividade do sistema (SPi) e agressividade (AGR).

a) Uso de eficiência da terra - (UET ou LER) define-se como a quantidade de área, geralmente em hectare, em monocultura necessária para igualar o mesmo rendimento produzido na cultura consorciada. Este índice compara, portanto, a eficiência no aproveitamento da terra do consórcio em relação ao monocultivo e é calculado pela Equação 1, sugerida por Willey (1979).

$$UET = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}} = UETa + UETb \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

Y_{ab} - rendimento (kg ha^{-1}) da cultura principal, algodão (a), consorciada com a cultura consorte - feijão macassar, palma, milho (b)

Y_{aa} - rendimento (kg ha^{-1}) do algodão solteiro

Y_{ba} - rendimento (kg ha^{-1}) da cultura associada em regime de consórcio

Y_{bb} - rendimento (kg ha^{-1}) da cultura consorte solteira

$UETa$ - representa o uso eficiente de terra parcial do algodão e

$UETb$ - representa o uso eficiente de terra parcial da cultura consorte.

O UET varia entre o valor menor que 1,0 e maior que 1,0 ($1,0 < UET > 1,0$). Para interpretar este índice tomam-se as condições: se $UET > 1$, então ocorre vantagem produtiva; se $UET = 1$, não ocorre vantagem e nem desvantagem produtiva e se $UET < 1$, então ocorre desvantagem produtiva do sistema de cultivo em estudo (WILLEY, 1979).

b) Coeficiente equivalente de terra - (LEC) consiste no produto ou interação entre o $UETa$ e $UETb$, de acordo com a equação 2 (ADETILOYE et al., 1983).

$$LEC = UETa \times UETb \quad \text{Equação (2)}$$

Para um consórcio entre duas culturas, o coeficiente de produtividade mínimo esperado é de 25%, ou seja, a vantagem de rendimento se torna viável se o valor do LEC for superior a 0,25 (EGBE, 2010).

c) Razão de área equivalente no tempo - (ATER) devido ao índice UET não incluir o fator tempo, o que pode superestimar a vantagem do consórcio, particularmente quando as culturas componentes do sistema apresentam grande diferença no ciclo produtivo se sugere, então, a ATER, que foi obtida conforme metodologia proposta por Thobatsi 2009, Equação 3.

$$ATER = \frac{(UETa \times ta) + (UETb \times tb)}{Tab} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

$UETa$ e $UETb$, correspondem ao rendimento parcial do uso de eficiência da terra das respectivas culturas, a e b , componentes do consórcio

ta e tb - número de dias do plantio à colheita das culturas a e da cultura b e

Tab -representa o tempo total (dias) do sistema de consorciação entre a espécie a e a espécie b .

Ao valor de ATER se atribuem as condições: se $ATER > 1$, ocorre vantagem produtiva da consorciação avaliada; se $ATER = 1$, não há vantagem e nem desvantagem produtiva e se $ATER < 1$, então ocorre desvantagem produtiva (PINTO et al., 2011a).

d) Razão de competitividade - (CR) indica o número de vezes pelo qual uma cultura componente do consórcio é mais competitiva que a outra. A competição relativa de espécies é, muitas vezes, avaliada por meio da relação de competitividade (PUTNAM et al., 1985), com vantagem biológica na produção das culturas intercalares comparada à monocultura, calculada conforme (EGBE; BAR-ANYAM, 2010) (Equação 4).

$$CRa = \frac{UETa}{UETb} \times \frac{Zba}{Zab} \quad \text{Equação (4)}$$

Em que:

CRa - é a razão de competitividade da cultura a

$UETa$ e $UETb$ - são os UET da cultura a e da b , respectivamente

Zba - é a proporção de área da cultura b no consórcio ab e

Zab - é a proporção de área da cultura a no consórcio ab

Para interpretação consideram-se as condições: se $CR < 1$, ocorre um benefício positivo e a cultura pode ser cultivada em consórcio e se $CR > 1$, existe efeito negativo da cultura e apresenta maior competitividade comparada à monocultura. O inverso é verdadeiro para a razão de competitividade da cultura b (CRb) (EGBE; BAR-ANYAM, 2010).

e) **Índice de produtividade do sistema** - (SPi) foi calculado de acordo com Odo (1991), pela Equação 5.

$$SPi = (Yaa/Ybb \times Yba) + Yab \quad \text{Equação (5)}$$

Em que:

Yaa - significa a média do rendimento da cultura a em monocultivo

Ybb - é média do rendimento da cultura b em monocultivo

Yab - representa o rendimento da cultura a em consórcio

Yba - representa o rendimento da cultura b em consórcio

A grande vantagem do SPi é que ele padroniza o rendimento da cultura secundária em relação à cultura principal (OSEN; ALIYU, 2010).

f) **Agressividade** - (AGR) é uma função para medir a competição intraespecífica, relacionada às mudanças de rendimento das culturas componentes do sistema de consórcio representada pela Equação 6.1, proposta por Dhima et al. (2007).

$$AGR_{\text{algodão}} = Yab/(Yaa \times Zab) - Yba/(Ybb \times Zba) \quad \text{Equação (6.1)}$$

Em que:

Yab ; Yba - significa o rendimento da cultura a e b em consórcio

Yaa ; Ybb - são os rendimentos das culturas isoladas

Z_{ab} ; Z_{ba} - constituem a proporção de área ocupada pelo consórcio em relação à cultura isolada para as espécies a e b , respectivamente.

Assim, se $AGR_{\text{algodão}} = 0$, ambas as culturas são igualmente competitivas; se $AGR_{\text{algodão}}$ é positivo, então o algodoeiro é dominante no sistema e se $AGR_{\text{algodão}}$ for negativo, então a cultura consorte é de competição dominante para o sistema de cultivo avaliado.

Similarmente, a agressividade da cultura consorte (AGR_{consorte}) também pode ser calculada pela Equação 6.2.

$$AGR_{\text{consorte}} = Y_{ba}/(Y_{bb} \times Z_{ba}) - Y_{ab}/(Y_{aa} \times Z_{ab}) \quad \text{Equação (6.2)}$$

4.10.2 Índices de eficiência econômica

a) Renda bruta - (RB) corresponde ao valor total da produção das duas culturas envolvidas sem considerar os custos. É calculada pela equação:

$$RB = \Sigma V_p \quad \text{Equação (7.1)}$$

Em que: V_p é o valor total do produto

b) Renda líquida – (RL) corresponde ao valor total da produção das duas culturas envolvidas menos os custos. É calculada pela equação:

$$RL = RB - \Sigma D_p \quad \text{Equação (7.2)}$$

Em que: ΣD_p é o somatório dos custos (insumos e serviços)

Para avaliar a renda líquida do consórcio, foram considerados os custos dos serviços, insumos e ferramentas realizados durante a condução do experimento. As despesas foram baseadas em valores locais e as receitas definidas pelo preço de venda das culturas.

c) Vantagem monetária - (VM) constitui-se numa outra maneira de se expressar o uso de eficiência da terra (UET) do sistema de cultivo consorciado. Todos os índices de competição

anteriormente descritos, não fornecem qualquer informação da vantagem econômica do sistema consorciado. Então, para calcular a vantagem econômica, o índice de vantagem monetária (VM) foi calculado pela Equação 7.3 (WILLEY, 1979) e, quanto maior o valor do VM mais rentável é o sistema de cultivo (GHOSH, 2004).

$$VM = RB \times \frac{UET-1}{UET} \quad \text{Equação (7.3)}$$

Em que:

RB - a renda bruta do sistema, ou seja, o valor da produção do sistema consorciado

UET - valor do uso de eficiência da terra do sistema de cultivo em estudo

Para avaliar a vantagem monetária do consórcio, foram considerados os preços de venda dos produtos efetivamente comercializados pelos agricultores no mercado local da região do Seridó Oriental Paraibano.

4.11 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância sendo aplicado o teste de comparação de médias (Tukey, a 1% e 5 %) utilizando-se do software SISVAR 5.6. Foram utilizados os recursos do Microsoft® Office Excel para elaboração das figuras e para o cálculo dos valores médios dos índices de eficiência agroeconômica.

Os índices de eficiência agroeconômica considerados na avaliação do consórcio não foram submetidos à análise de variância, que conforme Rao e Willey (1980), submeter os índices de eficiência biológica e econômica a análise de variância, pode incorrer em erro estatístico, a exemplo do uso de eficiência da terra (UET), que pode ser questionável por não apresentar provável distribuição normal.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Efeito da consorciação e da adubação orgânica na produtividade do algodão herbáceo BRS Aroeira

5.1.1 Produtividade em caroço, pluma e pluma com caroço kg ha⁻¹ e peso de 1 capulho g/planta

Verifica-se na tabela 4 que a interação adubação orgânica e diferentes agroecossistemas não exerceu significância estatística nas variáveis peso de 1 capulho; caroço; pluma; e pluma com caroço, mas que as variáveis responderam aos efeitos isolados da adubação orgânica e dos agroecossistemas na produtividade do algodoeiro herbáceo BRS Aroeira.

Tabela 4 - Quadrados médios referentes às variáveis peso de 1 capulho (g), caroço (kg ha⁻¹), pluma (kg ha⁻¹) e pluma com caroço (kg ha⁻¹), de plantas de algodão cultivado sob diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Peso 1 capulho	Caroço	Pluma	Pluma com caroço
Adubação orgânica (Ad)	1	5,2**	333,72**	65,57**	695,36**
Agroecossistemas (Ag)	1	1,35*	97,16*	19,11*	202,38*
Int. Ad x Ag	1	0,11 ns	7,99 ns	2,12 ns	18,32 ns
Bloco	3	0,31 ns	21,51 ns	3,94 ns	43,80 ns
Resíduo		0,37	26,17	4,59	52,43
CV (%)		15,94	16,18	16,49	16,23

GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; ns = não significativo; * p < 0,05; ** p < 0,01.

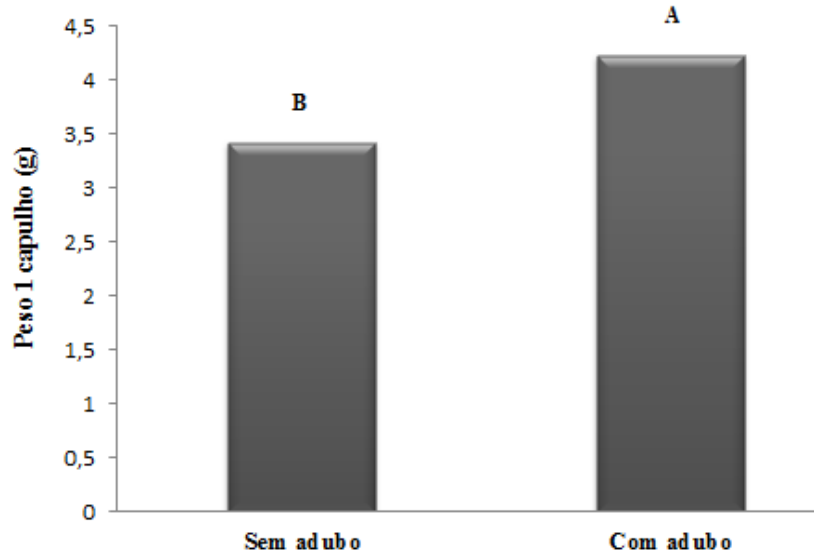
De acordo com a análise de variância (Tabela 4), a utilização da adubação orgânica apresentou significância estatística (P < 0,01) e o cultivo do algodão em diferentes agroecossistemas exerceu diferença estatística (P < 0,05). Resultando, em que, as variáveis peso de 1 capulho, caroço, pluma e pluma com caroço, de plantas de algodão apresentaram desempenho diferenciado em função da fertilização orgânica e dos arranjos de culturas, seja em policultivo ou monocultivo, apresentaram comportamento diferenciado.

Souza et al. (2018) ao realizarem trabalho com algodão cv. BRS Jady observaram que a adubação orgânica promoveu aumento do crescimento e produção do algodão e Araújo et al. (2006) ao realizarem experimento com algodão associado ao amendoim afirmaram que as médias verificadas para as duas cultivares de algodão, BRS 186 e Precoce 3, em consórcio com o amendoim, obtiveram melhores rendimentos.

5.1.1.1 Peso de 1 capulho

O peso de 1 capulho em plantas de algodão herbáceo BRS Aroeira foi afetado positivamente pela utilização da adubação orgânica. Os pesos variaram de 3,42 g a 4,23 g (Figura 5) nos agroecossistemas sem e com o adubo orgânico, respectivamente.

Figura 5 – Peso de 1 capulho de algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado com e sem o uso de adubação orgânica



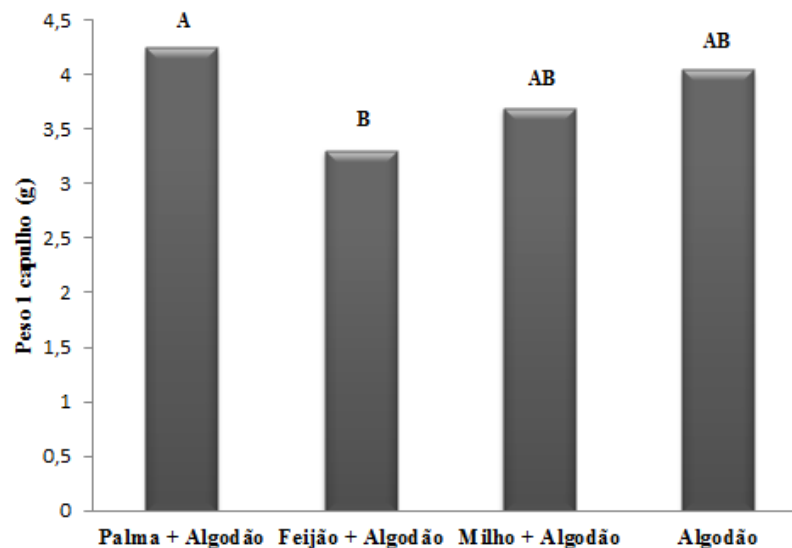
A, B - Médias sobre letras diferentes diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,01$). DMS = 0,42.

O aumento no rendimento do peso de 1 capulho do algodão com o uso do adubo orgânico (esterco bovino), possivelmente seja expressão dos efeitos positivos deste insumo na melhoria física do ambiente edáfico. Dias et al. (2016) ao pesquisarem o crescimento e produção de algodoeiro de fibra colorida utilizando adubação orgânica concluíram que o uso da matéria orgânica foi benéfica no cultivo de algodoeiro cv. BRS Topázio, para todas as variáveis analisadas.

Quando se comparou o cultivo do algodão BRS Aroeira isolado com o cultivo do algodão consorciado em diferentes agroecossistemas (Figura 6), verificou-se diferença estatística ($P < 0,05$). O peso de 1 capulho da malvácea quando consorciado com a palma apresentou o maior peso (4,25 g) e o menor peso foi encontrado no agroecossistema em que foi cultivado simultaneamente com o feijão, representando um decréscimo de 18,28 % em relação ao rendimento do cultivo solteiro (4,05 g). É possível que essa redução expressiva no

peso de 1 capulho do algodoeiro, seja um indicativo de competição exercida pelo feijão, quando semeados no mesmo dia, devido, principalmente, a maior taxa de crescimento inicial deste em relação ao algodão, visto que as condições de cultivo foram semelhantes. Neste contexto, Lima et al (2008) recomendam que o cultivo consorciado seja realizado com intervalo entre os plantios com antecedência para o algodão em relação cultura consorte de menor ciclo para minimizar a competição entre plantas.

Figura 6 – Peso de 1 capulho de algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.



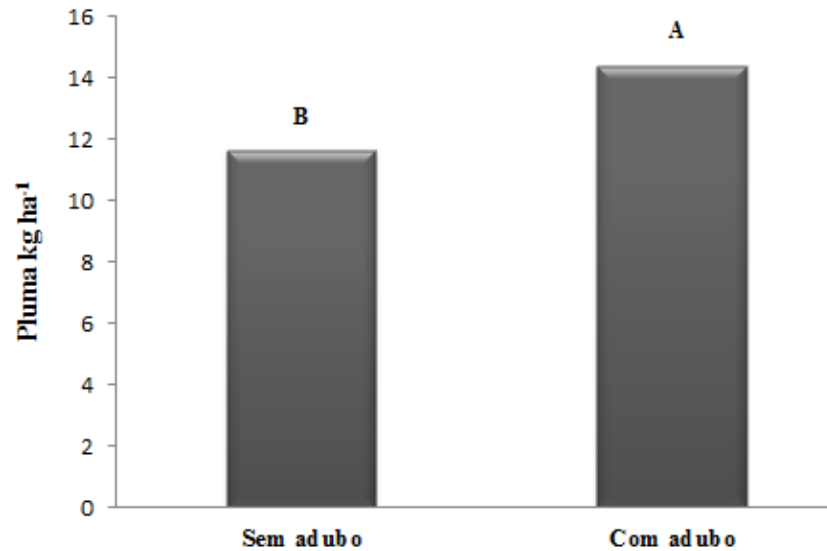
A, B - Médias sobre letras diferentes diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,05$). DMS = 0,80.

Resultados semelhantes ao deste trabalho foram encontrados por Beltrão et al. (1986) que ao avaliarem algodoeiro herbáceo em consórcio com cultivares de feijão caupi (TV x 1836-013J e Pitiúba) verificaram que o algodoeiro teve seu rendimento alterado em função consórcio com cultivares de caupi. Para os autores, as espécies do feijão caupi e algodão apresentaram forças de competição interespecíficas. É necessário salientar que o fator genótipo é um importante componente na consorciação.

5.1.1.2 Pluma

De acordo com a Figura 7, a aplicação da adubação orgânica elevou o rendimento de pluma de algodão em aproximadamente 20 %, com valores de 11,56 kg ha⁻¹ (sem) a 14,42 kg ha⁻¹ (com adubo).

Figura 7 – Produtividade em pluma do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado com e sem o uso de adubação orgânica

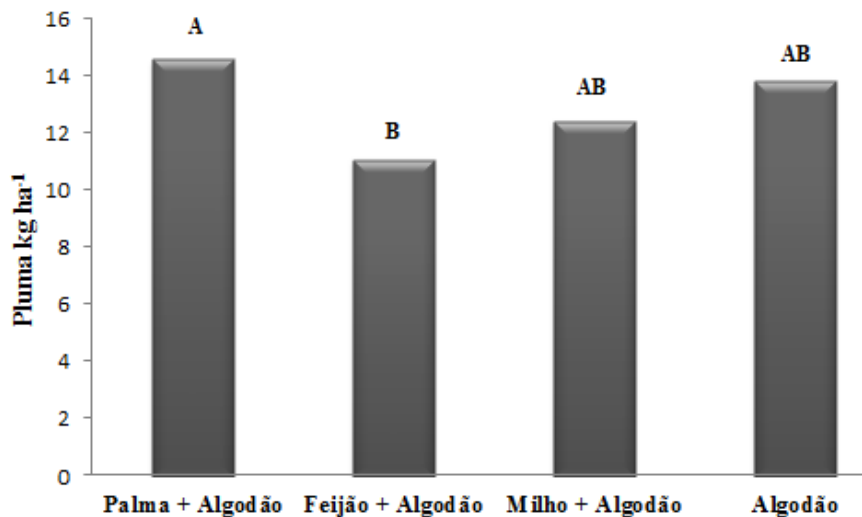


A, B - Médias sobre letras diferentes diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,01$). DMS = 1,51.

Esses dados são semelhantes aos de Ferreira et al. (2018) que ao estudarem o crescimento e produtividade do algodoeiro herbáceo submetido à adubação orgânica observaram que o uso de esterco bovino ocasionou aumento na produtividade de fibra de algodão em relação a não utilização de adubação orgânica. A utilização de esterco bovino tem proporcionado os melhores resultados produtivos às culturas devido à retenção de água na matéria orgânica como também podem estar relacionados à maior presença de fungos micorrízicos arbusculares, que ajudam na absorção de nutrientes.

Comparando-se o agroecossistema algodão solteiro em relação ao consorciado com milho, ambos não apresentaram diferença estatística para o rendimento em pluma (Figura 8), mas constatou-se maior rendimento no agroecossistema solteiro ($13,85 \text{ kg ha}^{-1}$). Esta variação foi de 11%, com diferença de $1,41 \text{ kg ha}^{-1}$ em relação ao agroecossistema consorciado com o milho. Porém, sabe-se que no consórcio entre duas culturas a busca pelos recursos do ambiente se torna mais competitivo e escasso, o que reduz o rendimento das espécies no consórcio e privilegia, em alguns casos, a cultura isolada.

Figura 8 – Produtividade em pluma do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.



A, B - Médias sobre letras diferentes diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,05$). DMS = 2,85.

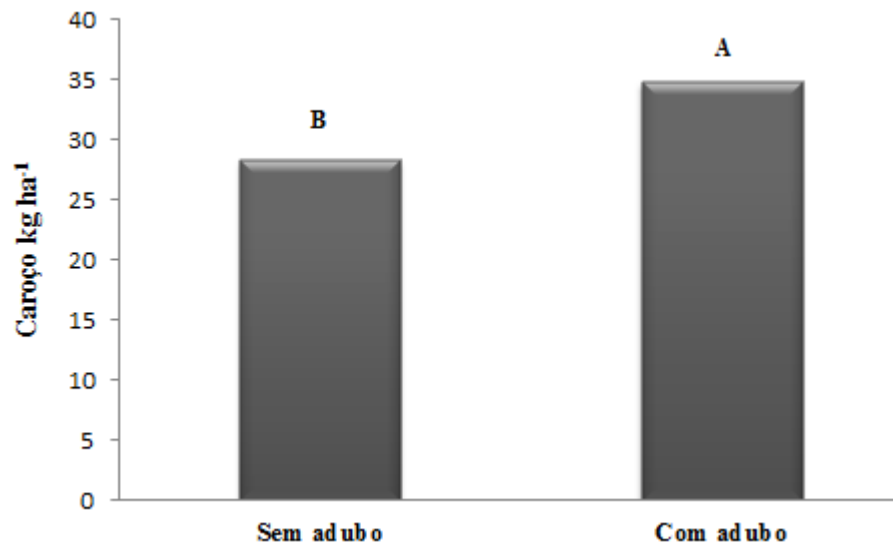
Bezerra Neto et al. (1991) avaliando o efeito do sistema de cultivo no consórcio algodão herbáceo + sorgo verificaram que o algodão em cultivo isolado produziu mais do que em consórcio, mesmo com a mesma população para os tratamentos. Segundo os autores, essa superioridade do algodão em cultivo solteiro se deve à maior competitividade do sorgo com o algodoeiro, que parece estar relacionada com alelopatia, pois o sorgo lança toxina ao solo (HCN), que inibe o crescimento do algodão notadamente na sua fase inicial de crescimento.

Oliveira Filho et al. (2016) pesquisando a eficiência agrônômica nos consórcios da mamoneira com milho observaram que o rendimento da mamoneira consorciada com milho foi inferior ao cultivo solteiro, que superou a produtividade em 1.138,28 kg ha⁻¹ e 952,08 kg ha⁻¹, concluindo que a consorciação reduziu o rendimento da gramínea em 204,02 kg ha⁻¹.

5.1.1.3 Caroço

Conforme a Figura 9, as plantas de algodão herbáceo BRS Aroeira que não receberam a adubação orgânica tiveram um baixo rendimento na produção de caroço kg ha⁻¹ em 18,55 % com uma redução de 34,84 kg ha⁻¹ (com adubo) para 28,38 kg ha⁻¹ (sem adubo).

Figura 9 – Produtividade em caroço do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado com e sem o uso de adubação orgânica.



A, B - Médias sobre letras diferentes diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,01$). DMS = 3,56.

Ferreira et al. (2018) comprovaram em seus estudos, com a variedade BRS Araripe cultivado em vasos a céu aberto, que o esterco bovino aumentou em 108% a produtividade de caroço de algodão em relação a não utilização de adubação orgânica.

O aumento na quantidade de matéria orgânica no solo estimula o crescimento radicular, sendo uma fonte de bioativos (bactérias, leveduras, algas e fungos) exercendo ação positiva na nutrição, fitossanidade das plantas e no estímulo a liberação de substâncias húmicas no solo (ROSA et al., 2017).

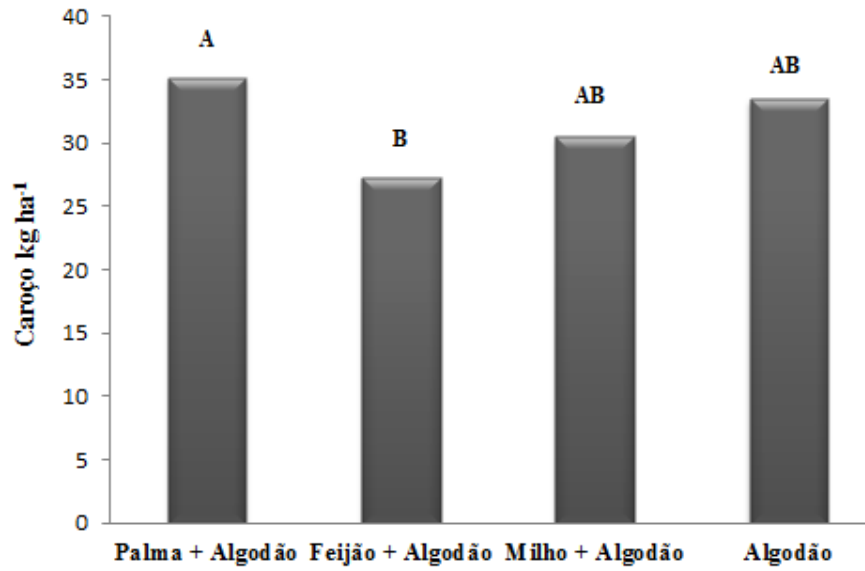
A utilização de matéria orgânica melhora a estrutura física (porosidade) e química (disponibilidade de nutrientes) do solo, possibilitando o melhor desenvolvimento das plantas (SILVA, et al., 2005) refletindo conseqüentemente no rendimento de caroço kg ha⁻¹ nas plantas de algodão.

Ao observar os resultados de rendimento em caroço do algodão em consórcio com feijão e o rendimento de algodão cultivado solteiro não se notou diferença significativa entre os agroecossistemas (Figura 10), obtendo-se o rendimento de caroço para o cultivo solteiro estimado em 33,49 kg ha⁻¹.

Apesar de não haver diferença estatística entre os agroecossistemas, observou-se que houve uma ligeira competição entre as espécies consorciadas feijão e algodão. Provavelmente

a competitividade entre as plantas reduziu o rendimento de caroço em kg ha^{-1} das plantas de algodão de $33,49 \text{ kg ha}^{-1}$ quando cultivado solteiro para $27,29 \text{ kg ha}^{-1}$ cultivo consorciado com feijão.

Figura 10 – Produtividade em caroço do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.



A, B - Médias sobre letras diferentes diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,05$). DMS = 6.74.

Lima, A. et al. (2009b) estudando o algodoeiro CNPA 8H sob três sistemas de cultivo agroecológico, consorciado com feijão *Phaseolus*, coentro e cultivo solteiro, no Curimataú Paraibano observaram, que os melhores resultados, foram superiores para o sistema de cultivo algodão solteiro, com $362,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de rendimento em caroço.

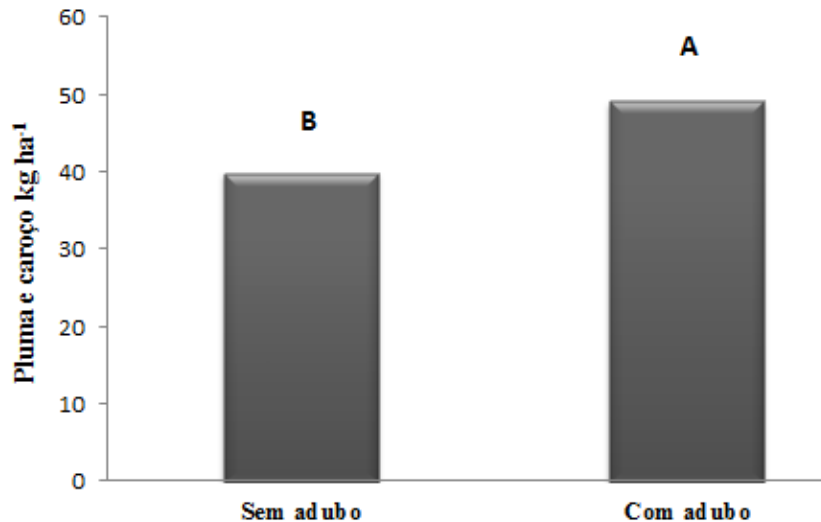
A escolha das culturas consortes, em especial, é um fator crítico para a estabilização das relações competitivas estabelecidas nos consórcios com implicações diretas no rendimento de cada cultura (ARAÚJO et al., 2016).

5.1.1.4 Pluma com caroço

A aplicação do adubo orgânico favoreceu as plantas de algodão herbáceo BRS Aroeira influenciando positivamente a produtividade da pluma com caroço. A produtividade foi elevada de $39,94$ para $49,27 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 11). A variável produtividade de pluma com

caroço é uma das mais importantes, no que diz respeito aos aspectos agroeconômicos. Desse modo, práticas agrícolas, como o uso de adubo orgânico que incrementam a produtividade da pluma com caroço, é de importante relevância para a agricultura familiar.

Figura 11 – Produtividade em pluma e caroço do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado com e sem o uso de adubação orgânica.



A, B - Médias sobre letras diferentes diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,01$). DMS = 5,06.

Conforme trabalho realizado por Ferreira, et al. (2018) com adubação orgânica a base de esterco bovino em plantas de algodão herbáceo constataram que as maiores produtividades, tanto de fibra quanto de caroço de algodão, foram significativamente aferidas nos tratamentos onde se utilizou esterco bovino e que os demais sistemas de cultivo sem adubação orgânica proporcionaram estatisticamente as menores produtividades.

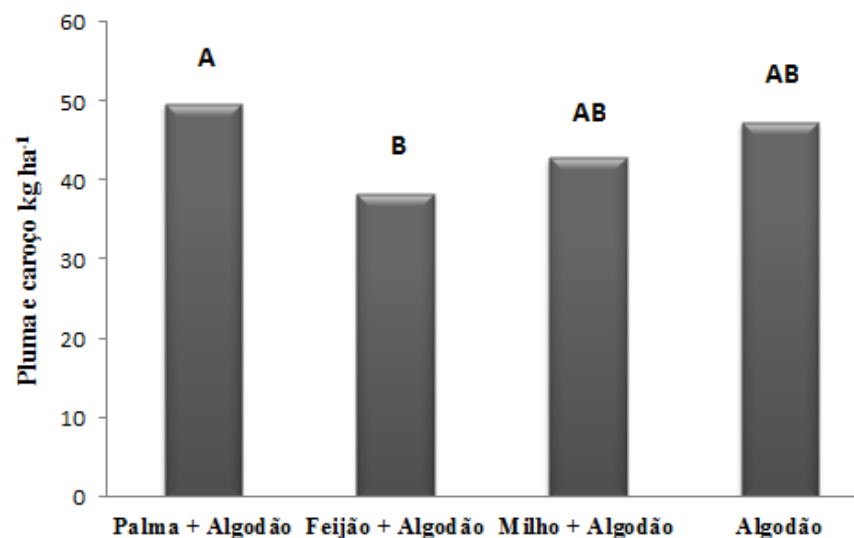
As maiores produtividades obtidas com o uso de esterco bovino pode ser devido a maior disponibilidade de nutrientes, visto que, a adição de esterco aumenta a atividade das enzimas urease, fosfatase e desidrogenase, as quais possuem papel importante no ciclo do nitrogênio, mineralização do fósforo e na atividade oxidativa da microflora do solo, respectivamente (SILVA et al., 2018).

Adubos orgânicos, como esterco bovino, são encontrados facilmente nas propriedades dos agricultores familiares ou mesmo nas adjacências. Segundo Barbosa et. al. (2019), além de fornecer nutrientes, os adubos orgânicos melhoram a estrutura física, química e biológica e aumentam a CTC (capacidade de troca de cátions) do solo. A decomposição ocorre de forma

lenta e os nutrientes são liberados em menor quantidade para as plantas, contribuindo também para o acúmulo de matéria orgânica no solo.

Quanto à produtividade de pluma com caroço em plantas de algodão cultivadas em diferentes agroecossistemas, solteiro ou consorciado com palma, feijão ou milho, foi constatado diferença estatística entre os tratamentos ($P < 0,05$). Os resultados mostram uma queda na produtividade da malvácea em sistema de consórcio com o milho quando comparado ao sistema solteiro (Figura 12).

Figura 12 – Produtividade em pluma com caroço do algodão herbáceo BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.



A, B - Médias sobre letras diferentes diferem significativamente entre si, pelo teste Tukey ($P < 0,05$). DMS = 9,57.

A produtividade do algodão solteiro foi de 47,34 kg ha⁻¹, representando um incremento de aproximadamente 10 % em relação à menor produtividade de pluma com caroço do algodão consorciado com milho (42,91 kg ha⁻¹). A maior produtividade do cultivo isolado pode ser explicada pela ausência de uma cultura consorte e, possível menor competição por água e nutrientes, já que as condições de cultivo como espaçamento, época de semeadura e tratos culturais foram às mesmas, bem como, as precipitações e, as condições edafoclimáticas não foram favoráveis ao ano de plantio.

Diferentemente dos resultados obtidos, neste trabalho, com o cultivo isolado do algodão, Fernandes (2017), estudando a produção de óleo e fibra de algodão BRS Aroeira em

consórcios agroecológicos, observaram que tanto para o rendimento em óleo (34,5 kg ha⁻¹) como fibra (37,8 %) as menores médias encontradas foram com o cultivo solteiro.

A maior produtividade entre os agroecossistemas consorciados foi encontrada para o tratamento algodão em consórcio com a palma (49,79 kg ha⁻¹) com incremento de 23 % em relação ao algodão em consórcio com feijão 38,38 kg ha⁻¹, expressando a menor produtividade entre os tratamentos estudados. Esse resultado pode ser explicado pela menor competição interespecífica do algodão, quando cultivado com a palma, considerando-se o sistema radicular das espécies, em comparação aos demais tratamentos.

O consórcio da malvácea com a cactácea foi uma técnica de produção importante para o aumento na produtividade de pluma com caroço do algodoeiro e conseqüentemente, na geração de renda dos agricultores. Este resultado pode ser explicado pela baixa competição interespecífica principalmente por água, luz, nutriente e outros recursos do meio.

Silva, G. et al. (2013), trabalhando com palma forrageira consorciada com algodão (*Gossypium hirsutum* L. cv. BRS. Aroeira), observaram que o rendimento em fibra (311,14 kg ha⁻¹) mostrou-se superior em comparação aos demais tratamentos. Ainda segundo os mesmos autores a culturas do algodão e da palma são usadas na alimentação animal e agregam valor quando consorciadas.

5.2 Efeito da consorciação e da adubação orgânica nas características tecnológicas de fibra do algodão herbáceo BRS Aroeira

5.2.1 Porcentagem de fibras (% Fibras), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR) e alongamento a ruptura (ELG)

O resumo da análise de variância para as variáveis relacionadas às características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira porcentagem de fibras (% Fibras), comprimento (UHM) em mm, uniformidade (UNF) em %, índice de fibras curtas (SFI) em %, resistência (STR), em gf tex⁻¹ e alongamento a ruptura (ELG) em %, cultivados nas condições de sequeiro no ano agrícola de 2018, no município de Baraúna, Seridó Oriental Paraibano, sob diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Quadrados médios referentes às características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira: % Fibras, UHM (mm), UNF (%), SFI (%), STR (gf tex⁻¹) e ELG (%), cultivado sob diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica.

Fonte de variação	Quadrado médio						
	GL	% Fibras	UHM	UNF	SFI	STR	ELG
Adubação orgânica (Ad)	1	3,85 ns	0,11 ns	0,07 ns	0,57 ns	7,31 ns	0,32 ns
Agroecossistemas (Ag)	1	1,24 ns	0,55 ns	2,08 ns	1,34 ns	5,91 ns	0,64 *
Int. Ad x Ag	1	1,31 ns	0,76 ns	2,43 ns	1,69 ns	8,45 ns	0,00 ns
Bloco	3	0,23 ns	2,29 ns	0,77 ns	0,51 ns	7,83 ns	0,38 ns
Resíduo		1,18	0,80	1,60	0,76	6,11	0,21
CV (%)		2,66	3,21	1,52	9,85	8,65	9,16

GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; ns = não significativo; * p < 0,05.

.Na maioria das características tecnológicas de fibras e fios as variáveis analisadas apresentaram-se adequadas para produção de algodão de boa qualidade, conforme padrões propostos pela indústria têxtil nacional e internacional (FONSECA; SANTANA, 2002).

De modo geral, não se observou efeito dos agroecossistemas, sobre a qualidade de fibra do algodão BRS Aroeira, com exceção de alongamento a ruptura (ELG) em que o agroecossistema algodão + palma demonstrou-se superior aos demais, com valores médios de 5,27 %.

Efeito não significativo de tratamentos, sobre pelo menos uma das características tecnológicas analisadas nas fibras do algodoeiro, também foi observado por outros autores (ALIKHASI et al., 2012; PEREIRA et al., 2012; SANTOS et al., 2012).

5.2.1.1 Porcentagem de fibra (% fibras)

Quanto à variável porcentagem de fibra não se observou diferenças estatísticas para os agroecossistemas. Apesar de não haver significância quando se compararam as médias, constatou-se que o cultivo do algodão solteiro apresentou porcentagem de fibra de 41,37 enquanto que para o consórcio do algodão + feijão caupi foi de 40,63 %, uma diferença de 1,79 % (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores médios referentes às características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira: % Fibras, UHM (mm), UNF (%), SFI (%), STR (gf tex⁻¹) e ELG (%), cultivado sob diferentes agroecossistemas.

Agroecossistemas	Características tecnológicas da fibra					
	% Fibras	UHM	UNF	SFI	STR	ELG
Palma + Algodão	41,35 a	27,93 a	83,07 a	9,10 a	28,67 a	5,27 a
Feijão + Algodão	40,63 a	27,73 a	83,47 a	9,10 a	27,63 a	5,11 ab
Milho + Algodão	40,72 a	27,72 a	83,16 a	9,12 a	28,32 a	4,63 b
Algodão	41,37 a	28,28 a	84,20 a	8,28 a	29,70 a	5,17 ab
CV (%)	2,68	3,20	1,57	10,57	8,85	8,59

Médias assinaladas pela mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Esses resultados são importantes e satisfatórios visto que os pesquisadores, tanto quanto os cotonicultores, buscam cultivares com um percentual de fibra maior (> 40 %) visando, assim, obter um valor maior agregado considerando-se que o preço da fibra é superior ao do caroço do algodão (CORDÃO SOBRINHO, 2014).

A importância do rendimento de fibra está no preço pago pela pluma, em média, 3,5 vezes superior àquele pago pelo algodão em caroço. Portanto, o rendimento de fibra, para o produtor de algodão, é a característica de grande interesse, constituindo, aproximadamente, 90% do valor da produção (BÉLOT; MARQUIÉ, 2006).

5.2.1.2 Comprimento da fibra (UHM)

Os resultados de comprimento encontrados neste trabalho caracterizam a fibra como média, de acordo com Brasil (2002), pois seus maiores comprimentos variam de 30,2 a 32,5 mm. Os agroecossistemas não influenciaram o comprimento de fibra, mas, quanto ao cultivo do algodão solteiro, notou-se discreto incremento do comprimento da fibra (28,28 mm).

O comprimento da fibra é de extrema importância para a comercialização da pluma, pois quanto mais longa, melhor é a fibra, que, assim, proporciona fios mais fortes e finos (KAZAMA et al., 2016).

5.2.1.3 Uniformidade (UNF)

O parâmetro Índice de Uniformidade (UNF) é uma indicação da dispersão de comprimento das fibras dentro da totalidade da amostra, onde o valor recomendado pela indústria é acima de 84 %. A maior média foi encontrada no agroecossistema algodão solteiro

com 84,20 %, sendo classificada como médio índice de homogeneidade para o comprimento de fibra, pela interpretação da Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (S. D) e Sestrem e Lima (2007), o que indica menores perdas decorrentes do processo de fiação industrial.

Os resultados encontrados nessa pesquisa corroboram com os de Fernandes (2017) que avaliou as características tecnológicas de fibras de algodão BRS Aroeira solteiro e em consórcio agroecológico com outras oleaginosas observando que a maior média para o índice de uniformidade (UNF) foi encontrada no sistema solteiro com 86,90 %.

5.2.1.4 Índice de fibras curtas (SFI)

O menor índice de fibras curtas correspondeu ao agroecossistema de algodão solteiro (8,28 %), no entanto, não diferiu estatisticamente dos demais agroecossistemas, variando de 8,28 a 9,12. De acordo com Brasil (2002), os dados encontrados neste estudo são caracterizados como baixos (de 6 a 9).

A indústria têxtil exige fibras com índices abaixo de 4,5 %. Quanto menor for o índice de fibras curtas melhor será o desempenho no processo da fabricação do fio e maior o interesse do mercado pelo produto. Segundo Fernandes (2017) são aceitos valores de SFI menores que 10 %. Ainda de acordo com a autora, valores acima de 10 % acarretam em dificuldades no processo de fiação, por produzir fios de baixa qualidade e com “neps” (fios irregulares).

Grande percentagem de fibras curtas ocasiona fios com grossuras irregulares, podendo romper-se nos locais mais finos e fracos, durante a fiação e tecelagem (EMBRAPA, 2006). No entanto, os resultados encontrados nessa pesquisa foram abaixo de 10 % indicando que a fibra é aceita pela indústria têxtil dependendo da finalidade do produto.

5.2.1.5 Resistência (STR)

Com exceção do algodão consorciado com feijão caupi, apesar de não haver diferença estatística entre os agroecossistemas estudados, os valores médios da resistência (STR) encontrados neste trabalho estão dentro dos padrões exigidos pela indústria têxtil.

Os agroecossistemas apresentaram valores significativos, sendo o tratamento algodão cultivado solteiro, o que apresentou uma média de 29,70 gf tex⁻¹ superior aos demais agroecossistemas que apresentaram médias de 28,67 e 28,32 gf tex⁻¹, para algodão + palma e

algodão + milho, respectivamente, ambos sendo classificados como resistente a ruptura. A menor média foi observada no agroecossistema algodão + feijão caupi com $27,63 \text{ gf tex}^{-1}$, superior ao obtido por Araújo et al. (2006) onde a maior resistência de fibra encontrada foi de $25,97 \text{ gf tex}^{-1}$.

A Resistência (STR) é outra característica importante na determinação da qualidade e fiação da pluma produzida. No desenvolvimento de novas variedades, os melhoristas priorizam a seleção de genótipos com resistência acima de 28 gf tex^{-1} (MAPA, 2002). Quanto maior a resistência da fibra maior também será o seu valor comercial melhorando, assim, o desempenho na tecelagem, no ganho de qualidade e na produtividade, pois a resistência é um determinante significativo da qualidade da fibra (ZHAO et al., 2012).

Os resultados obtidos neste estudo são semelhantes aos de Silva, G. et al. (2013) que estudando o algodoeiro em consórcio, não observaram diferenças estatísticas, mas verificaram valores médios para resistência a ruptura da fibra (STR) variando de $31,31 \text{ gf tex}^{-1}$ (menor valor) algodão consorciado com gergelim e palma forrageira a $33,87 \text{ gf tex}^{-1}$ (maior valor) algodão solteiro, enquadrando-se nos padrões da indústria têxtil nacional e internacional.

5.2.1.6 Alongamento a ruptura (ELG)

De acordo com Brasil (2002), os dados encontrados neste estudo são considerados baixo e muito baixo (de 4,6 a 5,2 %). A menor média do alongamento a ruptura (Tabela 6) correspondeu ao agroecossistema algodão + milho (4,6 %) sendo classificado como muito baixo, já os demais tratamentos estão classificados como baixo.

O alongamento permite avaliar o comportamento elástico do material têxtil submetido a um esforço de tração, proporcionando uma idéia sobre a fiabilidade esperada (FONSECA; SANTANA, 2002). As fibras de algodão são um modelo de desenvolvimento celular e alongamento, que ocorre em quatro estádios: iniciação, alongamento, síntese da segunda parede celular e maturação (KIM; TRIPLETT, 2001).

Um deficit hídrico severo durante o processo de alongamento da fibra reduz o comprimento (BALKCOM et al., 2006). Levando em consideração que o cultivo foi em sequeiro e durante a realização do experimento as precipitações foram irregulares e bem abaixo da média, portanto, as condições edafoclimáticas do ambiente provavelmente foram determinantes e fizeram com que essa variável obtivesse menor desempenho.

Apesar de não haver diferença estatística entre a maioria dos tratamentos, mas os valores médios encontrados estão conforme as exigências modernas da indústria têxtil para a maioria dos parâmetros avaliados. As características tecnológicas da fibra do algodão estão intrinsecamente ligadas a fatores hereditários do algodoeiro, mas também sofre influência dos fatores ambientais, como solo, temperatura, disponibilidade de água e nutrientes nas diferentes fases da cultura (DAVIDONIS et al. 2004).

5.2.2 Índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP)

O resumo da análise de variância para as variáveis relacionadas às características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira índice de micronaire (MIC) em %, maturidade (MAT) em %, reflectância (Rd) em %, grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP), cultivados nas condições de sequeiro no ano agrícola de 2018, no município de Baraúna, Seridó Oriental Paraibano, em diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica, estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Quadrados médios referentes à características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira: MIC (%), MAT (%), Rd (%), +b e CSP, cultivado sob diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica.

Fonte de variação	Quadrado médio					
	GL	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
Adubação orgânica (Ad)	1	0,60 **	0,06 **	0,36 ns	1,36 ns	983 ns
Agroecossistemas (Ag)	1	0,35 *	0,01*	7,09 *	0,29 ns	891 ns
Ad x Ag	1	0,18 ns	0,01*	6,99 *	0,28 ns	1628 ns
Bloco	3	0,12 ns	0,00 ns	0,59 ns	0,11 ns	1348 ns
Resíduo		0,07	0,00	1,91	0,35	812
CV (%)		7,98	0,81	1,69	7,21	10,52

GL = Grau de liberdade; CV = Coeficiente de variação; ns = não significativo; * p < 0,05; ** p < 0,01.

Em referência aos dados de índice de micronaire (MIC) e maturidade (MAT) do algodoeiro herbáceo BRS Aroeira, verificou-se que estes parâmetros pesquisados, foram estatisticamente afetados pela aplicação da adubação orgânica. Para os agroecossistemas utilizados os parâmetros índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT) e reflectância (Rd), do algodoeiro foram influenciados estatisticamente e no desdobramento houve interação significativa entre a adubação orgânica e os agroecossistemas para as variáveis maturidade

(MAT) e reflectância (Rd).

Resultados semelhantes foram observados por Azevedo et al., 2005 que avaliando essas mesmas características tecnológicas da fibra do algodão herbáceo com adubação verificaram efeito significativo apenas sobre a reflectância da fibra do algodão (Rd).

5.2.2.1 Índice de Micronaire (MIC)

Conforme tabela 8 observou-se que o Índice de Micronaire (MIC) necessário para atender as exigências têxteis foi encontrado somente quando se consorciou o algodão com a palma e utilização de adubação orgânica. Desta forma, o agroecossistema e a adubação orgânica demonstram efeito sobre o micronaire, um importante parâmetro de qualidade em relação ao comércio de fibra.

Tabela 8 – Valores médios referentes às características tecnológicas de fibra do algodão BRS Aroeira: MIC (%), MAT (%), Rd (%), +b e CSP, cultivado sob diferentes agroecossistemas e uso de adubação orgânica.

Agroecossistemas	MIC		MAT		Rd		+b		CSP	
	Adubação orgânica									
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Palma + Algodão	3,27	4,00	0,84	0,86	79,07	81,87	8,42	8,65	2371	2875
	ABb	Aa	Ab	Aa	Ab	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa
Feijão + Algodão	3,10	3,15	0,84	0,84	81,90	82,05	8,00	8,20	2631	2768
	Bb	Bb	Ab	Bb	Ab	Bb	Aa	Aa	Aa	Aa
Milho + Algodão	3,32	3,45	0,84	0,85	82,25	82,75	7,87	8,85	2595	2717
	Ab	Bb	Ab	ABb	Ab	Ab	Aa	Aa	Aa	Aa
Algodão	3,32	3,52	0,84	0,85	81,62	83,22	8,07	8,32	2821	2900
	Ab	ABb	Ab	ABb	Ab	Ab	Aa	Aa	Aa	Aa
CV (%)	7,98		0,81		1,69		7,21		10,52	

Médias assinaladas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. Veja a formatação desta tabela

Altos índices de micronaire (> 4,5 %) são classificados micronaire muito grossos devido ao aumento do porcentual de irregularidade e imperfeições causando a redução de fibras na seção transversal do fio, tendo em vista que um fluxo de fibras grossas provoca perda de resistência no fio e redução da eficiência no processo (KLJUN et al., 2014).

De acordo com os mesmos autores, fibra com micronaire até 3,90 % é classificada como fina e é recomendada para fabricar fios finos, tecelagem que tem maior valor comercial,

porém, baixos valores de micronaire ($< 3,9$ %) sugere que a fibra é imatura podendo ocasionar um aumento de neps nas cardas e aumento na ruptura no processo, além de defeito no tingimento.

5.2.2.2 *Maturidade da Fibra (MAT)*

No desdobramento da adubação orgânica dentro de cada agroecossistema (Tabela 8), constata-se, para o agroecossistema algodão + palma, que houve incremento na maturidade da fibra com o uso da adubação orgânica (86 %). Esses resultados são contrários aos de Fernandes (2017) que ao avaliar o algodão BRS Aroeira em monocultivo e consorciado verificou que o algodão cultivado isolado apresentou a maior média (90 %).

Maturidade da Fibra (MAT) é de grande importância para a sua qualidade, uma vez que, quanto maior pode-se agregar valor econômico e, assim, o processo na fabricação do fio permite mais variedades do produto (CORDÃO SOBRINHO, 2014). Valores de índice de maturidade abaixo de 86 % sugere que a fibra é imatura, geralmente, altas temperaturas aumenta a maturidade da fibra (BALKCOM et al. 2006).

5.2.2.3 *Reflectância (RD)*

Para reflectância (RD) não houve significância para adubação orgânica e, sim, para os agroecossistemas e o desdobramento. Nos resultados estatísticos decorrentes do desdobramento da interação (Ad x Ag), os agroecossistemas milho + algodão e algodão solteiro tiveram média máxima (Tabela 8), em que a reflectância foi de 82,75 e 83,22 %, respectivamente, indicando que a fibra tem excelente qualidade.

De acordo com a Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (S. D), valores de Rd superiores a 70 % significa que a fibra tem melhor qualidade, o que foi observado nessa pesquisa que para todos os tratamentos avaliados os valores de Rd se enquadram nas exigências modernas da indústria têxtil, pois a menor média encontrada foi 79,07 (algodão consorciado com palma sem adubação).

A reflectância representa uma escala que varia do branco ao cinza, esses resultados são satisfatórios, uma vez que, quanto maior a reflectância da fibra menor será seu acinzentamento e em consequência maior o interesse para a cadeia do algodão e da indústria têxtil por ter um maior valor agregado ao produto (CORDÃO SOBRINHO, 2014).

5.2.2.4 Grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP)

Na Tabela 8, observa-se que não houve diferenças significativas para grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP) do algodoeiro, mas que os agroecossistemas em que utilizou-se adubação orgânica apresentaram maiores médias em relação aos que não foram adubados.

Os valores de grau de amarelamento (+b) e índice de fiabilidade (CSP) obtidos na pesquisa, considerados médios, são semelhantes aos encontrados por Araújo et al., 2013. Esses valores são relevantes, pois +b maior que 10 pode provocar barramento no fio, no tecido e na malha; e o CSP que julga e balanceia as características mais importantes de qualidade de fibra deve ser superior a 2100. Esta variável engloba todas as características tecnológicas da fibra.

As propriedades físicas mais relevantes da fibra são: comprimento, uniformidade, resistência, alongamento, maturidade, micronaire, os índices de cor (rd e +b), índice de fibras curtas e índice de fiabilidade. A reflectância da fibra, a resistência e micronaire são as três características mais significativas que definem a qualidade intrínseca da fibra (CORDÃO SOBRINHO, 2014).

Segundo Lacape et al. (2010) a associação composta dessas características quantitativas se relaciona com a qualidade da fibra interferindo no desempenho final na fiação e tecelagem. Para Kelly et al. (2012) a informação relativa às características intrínsecas da fibra, é útil para o controle de qualidade e eficiência de produção em fábricas de fios tal como para a prestação de informações necessárias para melhoria da qualidade do produto.

5.3 Índice de eficiência agrônômica dos agroecossistemas

5.3.1 Índice de eficiência biológica

Com base nos dados de produtividade das culturas (kg ha^{-1}), em condições de sequeiro, obtidos dos sistemas consorciados e solteiros dos ensaios, foram estimados os valores correspondentes aos diversos indicadores agrônômicos de cada agroecossistema com vistas à avaliação da eficiência biológica do sistema de consórcio, comparando-os com os referidos índices de uso de eficiência da terra (UET), razão de área equivalente no tempo

(ATER), coeficiente equivalente de terra (LEC), razão de competitividade (CR), índice de produtividade do sistema (SPI) e agressividade (AGR).

5.3.1.1 Uso de eficiência da terra (UET)

Na avaliação da eficiência do consórcio percebeu-se, que para todas as consorciações, o uso de eficiência total da terra (Tabela 9) foi superior à unidade ($UET > 1,0$), que significa a sustentabilidade biológica do consórcio, conforme sugerem Bezerra Neto et al. (2019).

Tabela 9 - Uso eficiente da terra (UET) parcial e total nos diferentes agroecossistemas.

Agroecossistemas	UET parcial				UET total
	Algodão	Palma	Milho	Feijão	
Algodão + palma	1,11	1,81	-	-	2,92
Algodão + milho	1,00	-	0,30	-	1,30
Algodão + feijão	0,84	-	-	0,53	1,37

A UET total variou de 1,30, na consorciação algodão + milho a 2,92 no agroecossistema algodão + palma forrageira. Por este último índice entende-se que para a mesma produção dos consórcios seria necessária uma área, em hectare, por exemplo de 2,92 vezes maior para a cultura solteira responder à mesma produtividade. Assim, o consórcio algodão + palma forrageira, nas condições do Seridó oriental paraibano, foi 192% maior em produção do que o monocultivo, esses dados são aproximados aos encontrados por Silva, G. et al. (2013).

Nesse agroecossistema o número de plantas da cultura consorte na área experimental foi menor do que as demais culturas consortes, em virtude da fisiologia da espécie vegetal, com espaçamento entre plantas de 0,5 m (palma), enquanto que para as demais culturas (milho e feijão) utilizou-se espaçamento entre plantas de 0,25 m. O arranjo de plantas em linhas combinou, na mesma área, o algodão e a palma forrageira e proporcionou seu equilíbrio na utilização dos recursos naturais e, por conseguinte, a maior eficiência no uso da terra. As vantagens do sistema consorciado algodão com a palma forrageira são atribuídas a pouca competitividade desta cultura, que não restringe, efetivamente, a produtividade do algodão (SILVA, G. et al, 2013).

O consórcio do algodão com o feijão macassar foi mais vantajoso do que o consórcio com o milho, visto que apresentou um UET total de 1,37, que significa uma vantagem de 37 % sobre o plantio em monocultivo. Na análise do UET parcial para os agroecossistemas algodão + milho e algodão + feijão macassar, verifica-se uma tendência da dominação do algodão sobre as culturas consortes.

Corrêa et al. (2006) estudando consórcio de mamoneiras (cv. BRS Nordestina e cv. BRS Paraguaçu) consorciada com feijão caupi, observaram valores de UET 1,45 e 1,30, respectivamente, os quais são praticamente iguais aos resultados encontrados nesta pesquisa (1,40 e 1,30). Bezerra et al. (2007) avaliando o uso eficiente da terra para o consórcio milho + sorgo, constatou vantagem de todas as proporções do consórcio sobre o monocultivo.

A prática do consórcio também pode ser realizada com várias outras culturas. Vários trabalhos que destacam o UET como um dos principais índices agrônômicos utilizados em estudos de consorciação, têm respostas geralmente vantajosas para esse tipo de ocupação do solo, como segue: mamona + feijão caupi, UET=1,43 a 1,51 e mamona + milho, UET=1,47 a 1,58 (OLIVEIRA FILHO, 2016); sorgo + feijão de corda, UET de 0,91 a 1,32 e sorgo + milho, UET de 1,16 a 1,27 (BEZERRA et al., 2007); mandioca + batata doce, UET de 1,05 a 1,15 (RÓS; JOÃO, 2016); couve + cebolinha, UET de 1,28 (HENDGES et al. 2019).

5.3.1.2 Coeficiente equivalente de terra (LEC)

Na avaliação dos agroecossistemas o coeficiente equivalente de terra (LEC) mais alto, foi obtido na combinação do arranjo populacional algodão + palma (Tabela 10), no valor de 2,02. O menor valor do LEC de 0,32 foi verificado no consórcio do algodão com milho.

Tabela 10 - Valores médios de UET, LEC e ATER em função do consórcio do algodão em diferentes agroecossistemas.

Agroecossistemas	UET	LEC	ATER
Palma + Algodão	2,92	2,02	2,72
Feijão + Algodão	1,37	0,45	1,17
Milho + Algodão	1,30	0,32	1,22

O critério para avaliar a vantagem de rendimento do sistema de cultivo consorciado é considerar o rendimento total da cultura principal e tentar obter algum rendimento extra a partir da cultura componente (GONDIM, 2011). Em qualquer sistema de consorciação composto de duas culturas, para se tornar viável deve-se apresentar um LEC superior a 25% ($LEC > 0,25$) (EGBE, 2010), correspondendo ao rendimento, de cada cultura componente do consórcio, de pelo menos 0,50 da sua produtividade em cultivo solteiro (GONDIM, 2011).

Baseado nesse critério, todos os arranjos populacionais apresentaram LEC superior a 25% (0,32 a 2,02). Parte dessa resposta pode ser atribuída ao uso da adubação orgânica propiciando, assim, maiores rendimentos das culturas consorciadas. Por outro lado, como cultura dominante o algodão teve contribuição na produção de 75% a 86%, além de se confirmar a adequação ao cultivo consorciado, que destaca a palma forrageira, com maior UET (2,90) e tanto quanto com maior LEC (2,02).

Oliveira (2012) pesquisando o desempenho do algodoeiro BRS Safira em consórcios agroecológicos no semiárido encontrou valores de LEC variando de 0,64 quando consorciado o algodão com milho e feijão a 0,44 para o algodão consorciado com amendoim e gergelim.

Em um trabalho de consorciação mamona com girassol, Pinto et al. (2011a) verificaram variação do LEC de 0,32 a 0,40, sendo semelhantes aos mencionados nesta pesquisa. Já Gondim (2011) ao constatar consorciação mamona com feijão *Vigna* em diferentes arranjos espaciais obteve valores menores de coeficiente equivalente de terra (LEC), quando comparados aos desse trabalho, oscilando de 0,24 a 0,47.

5.3.1.3 Razão de área equivalente no tempo (ATER)

O mais alto valor da razão de área equivalente no tempo (ATER de 2,72) (Tabela 10) foi obtido pelo mesmo agroecossistema algodão + palma forrageira, que também apresentou valores maiores do UET (2,90) e do LEC (2,02), acima mencionados. Na posição oposta, o agroecossistema algodão + feijão macassar apresentou o menor valor da ATER (1,17). Conforme dados observados, todos os arranjos populacionais avaliados apresentaram vantagem produtiva da consorciação com o algodão, por atenderem à condição de $ATER > 1$, sugerida por Pinto et al. (2011a).

O período de ocupação do solo pelo algodão de 150 dias e do milho de 122 dias, foi constatado para este parâmetro de eficiência valor de ATER de 1,22. De modo geral, a

consorciação proporcionou vantagem biológica, variando de 17% a 172% no uso do espaço e do tempo em relação ao cultivo solteiro.

Compreende-se, então, que a ATER é caracterizada devido ao melhor rendimento combinado do consórcio e da diferença temporal que existe entre as culturas (MONTEZANO; PEIL, 2006). No entanto, a inclusão do algodão em consórcio com palma forrageira, bem como com culturas alimentares nas condições edafoclimáticas do Seridó Oriental Paraibano, representa um ganho adicional para o agricultor, além de contribuir com a redução dos custos de produção.

Resultados semelhantes ao deste trabalho tem sido evidenciado por Teixeira et al (2012) que verificaram eficiência no sistema do consórcio de feijão comum + mamoneira no uso da terra e no tempo em relação ao monocultivo, sendo os acréscimos de rendimento no consórcio entre 18 % a 55 %. Já Massad, Oliveira e Dutra (2010) observaram uma eficiência na utilização da área de 76 % em consórcio entre cebolinha e rabanete, sob manejo orgânico, sendo representado pela ATER com valor de 1,76, corroborando que o consórcio apresentou melhor eficiência no uso da área equiparado ao cultivo solteiro.

5.3.1.4 Razão de competitividade (CR)

Verificou-se maior competitividade do algodão, com índices (CRa de 1,27 a 3,40) superiores a um ($CR > 1$) para todos os agroecossistemas consorciados, diferentemente das culturas do milho e do feijão em que se constataram índices menores (CRb de 0,32 e 0,66 respectivamente) inferiores à unidade (Tabela 11).

Tabela 11 – Valores médios de CR, SPi e AGR do algodão BRS Aroeira, cultura principal (a) e das culturas consortes (b) nos diferentes agroecossistemas.

Agroecossistemas	CR		SPi	AGR	
	CRa	CRb		AGRa	AGRb
Palma + Algodão	1,27	1,56	144,42	1,3	-1,3
Feijão + Algodão	3,40	0,32	63,90	-1,3	1,3
Milho + Algodão	1,97	0,66	70,17	-0,6	0,6

Para CRb milho e feijão a razão de competitividade é menor quando cultivado isoladamente. O milho apresentou menor competição intraespecífica com uma diferença de

51,51 % em relação ao feijão macassar. Salienta-se que a proporção da área ocupada por todas as culturas consorciadas foi 50 %.

Constatou-se entre a menor CRa algodão + palma e a maior CRa algodão + milho diferença de 62,64 %. Este resultado indica que o algodoeiro possuiu menor habilidade de competir pelos recursos do ambiente quando consorciado com a palma, notadamente, devido à diferença de comportamento das espécies vegetais, onde a cultura consorte gera melhores condições para a cultura principal. O fato de o algodão ser dominante em todos os agroecossistemas está nos altos índices de CRa, que segundo Dutra (2012) podem ter relação direta com a menor habilidade das culturas consortes de competir pelos recursos do ambiente (água, nutrientes e luminosidade).

Para Putnam et al (1985) a razão de competição (CR) indica o número de vezes pelo qual uma cultura componente do consórcio é mais competitiva que a outra. Como exemplo, destaca-se o agroecossistema que teve a CRb palma de 1,56, esse valor indica que a palma é 1,56 vezes mais competitiva quando cultivada em monocultivo do que quando consorciada com o algodão.

Dentre as vantagens do sistema consorciado Montezano e Peil (2006) destacam o melhor uso do solo, da água e da área cultivada; os problemas de pragas e doenças que são minimizados, o controle de plantas concorrentes torna-se mais eficiente; além do que algumas espécies se beneficiam mutuamente e a produtividade por unidade de área é na maioria das vezes superior ao monocultivo.

5.3.1.5 Índice de produtividade do sistema (SPi)

O SPi permitiu identificar agroecossistemas em que os recursos naturais (água, nutrientes e luz) foram eficientemente utilizados pelas culturas, para o crescimento, desenvolvimento e melhor desempenho da produção, observado no consórcio algodão + palma com o mais alto valor (SPi de 144,42) (Tabela 11).

Os valores de SPi foram menores quando o algodão foi consorciado com o milho e com o feijão, porém este último superou a produtividade do primeiro com SPi de 70,17. Apesar do agroecossistema consorciado algodão + milho ter obtido menor SPi (63,90), destaca-se a grande contribuição do milho (343,6 kg ha⁻¹) ao SPI do sistema que teve rendimento de algodão de (48,33 kg ha⁻¹). Fatores que podem ter refletido para esses resultados, foram à baixa fertilidade e as precipitações irregulares e abaixo da média. Logo

após a formação das maçãs não houve índice pluviométrico na área experimental, considerando que o ciclo vegetativo do milho é menor em relação ao algodão.

Na consorciação com base na cultura do açafrão em proporções de 33 e 67 % com a cultura do feijão, Islam et al. (2018) observaram estabilidade produtiva, com valores de SPi de 25,75 a 36,96%, sendo inferiores aos descritos nesta pesquisa. Já Pinto et al (2011a) observaram estabilidade produtiva da mamona em consórcio com girassol, valores de SPi de 1.359,53 a 1.711,54%.

5.3.1.6 Agressividade (AGR)

Os valores da agressividade (AGRa) do algodão, cultura principal, apresentaram sinal positivo ($AGR > 0$) apenas no agroecossistema do consórcio algodoeiro BRS Aroeira e palma forrageira caracterizando o algodão como cultura dominante do sistema (AGR 1,3), com vantagem de rendimento sobre a monocultura (Tabela 11). Evidentemente, a palma foi a cultura dominada no consórcio estudado, em que o seu valor de AGR_b foi oposto em sua sinalização (-1,3). Quando o índice de agressividade (AGR) do consórcio for maior que zero, ocorre dominância do consorte sobre a monocultura (MEENA et al., 2009; GONDIM, 2011; DUTRA, 2012).

Já para os agroecossistemas algodão + milho e algodão + feijão, os valores de $AGRa$ foram de -1,3 e -0,6, respectivamente, indicando dominância da monocultura sobre os agroecossistemas, logo, os respectivos valores negativos representaram a agressividade do milho e do feijão macassar sobre o algodão. Esses resultados reforçam a menor capacidade competitiva interespecífica do algodão.

Semelhantes aos resultados deste trabalho, Pinto et al. (2011b) verificaram para a mamoneira cv. BRS Energia, valor negativo para o índice de agressividade em relação aos seus consortes, ao que foi atribuído ser a menor capacidade de competição interespecífica, quando comparada com a de seus consortes algodão, feijão caupi, gergelim e milho. Os autores atribuem para esta resposta da mamoneira à época de semeadura simultânea às culturas consorte.

Na presente pesquisa adotou-se essa mesma metodologia de plantio simultâneo, com exceção do agroecossistema algodão + palma, que o algodão foi semeado 41 dias após o plantio da palma. Esse critério foi adotado pelo fato de coincidir com a prática dos agricultores da região fazer o plantio da cactácea antes das chuvas.

Araújo et al (2016) observaram que o índice de agressividade do gergelim em relação ao feijão macassar foi negativo para as duas primeiras épocas de plantio, mesmo dia (-0,52) e 7 dias (-0,34), e positivo para as duas últimas, 14 dias (0,12) e 21 dias (0,23), sugerindo que a pedaliácea dominou a fabácea apenas quando esta foi semeada 14 e 21 dias após a pedaliácea. Lima et al (2008) em observações realizadas em algodão + gergelim, verificaram que as épocas relativas de plantio alteraram as relações de competição entre as espécies cultivadas.

Bhatti et al (2006), a partir de um experimento conduzido com gergelim e feijão macassar, encontraram valores de agressividade que indicaram a pedaliácea como cultura dominante em 94% das situações testadas, sendo a fabácea a cultura dominante em um único tratamento.

5.3.2 Eficiência econômica dos agroecossistemas

Com base nos dados de produtividade, receitas e custos das culturas (kg ha^{-1}), em condições de sequeiro, obtidos dos sistemas consorciados e solteiros dos ensaios de arranjo populacional foram estimados os valores correspondentes aos diversos indicadores econômicos de cada agroecossistema (Tabela 12) com vistas à avaliação do sistema de consórcio mais rentável, comparando-os renda bruta (RB), renda líquida (RL) e vantagem monetária (VM).

Tabela 12 – Eficiência econômica do algodoeiro BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.

Agroecossistemas	Renda bruta (RB/ R\$)	Renda líquida RL/ R\$)	Vantagem monetária (VM/ R\$)
Algodão solteiro	120,8	-160,8	-
Palma + Algodão	181,7	-230,4	464,2
Feijão + Algodão	552,3	291,1	378,7
Milho + Algodão	459,6	209,1	243,9

5.3.2.1 Renda bruta (RB)

A Renda bruta (RB) corresponde ao valor total da produção das duas culturas envolvidas sem considerar os custos. Na Tabela 12, observa-se que a maior renda bruta do agroecossistema algodão + feijão macassar (R\$ 552,30 - quinhentos e cinquenta e dois reais e trinta centavos) foi gerada pela produtividade de 42,3 kg ha⁻¹ de pluma e caroço e 333,9 kg ha⁻¹ de grãos de feijão macassar.

Apesar da menor produção em pluma e caroço do algodoeiro quando consorciado com o feijão macassar, este agroecossistema apresentou maior renda bruta destacando-se dos demais. Este resultado explica-se pelo fato do feijão ter maior valor econômico (R\$ 1,35 kg) em relação às demais culturas com exceção do algodão, que quando cultivado em sistema orgânico pode ser comercializado por (R\$ 2,40 kg), no entanto, o preço oscila no comércio local entre R\$ 1,20 a 2,40 kg.

Avaliar a renda bruta do consórcio também é importante na análise do sistema visto que, independentemente da maior produtividade em consórcio ou isolados, pode-se obter vantagens econômicas, sempre almejadas pelo setor produtivo (GONDIM, 2011). Observa-se, por exemplo, que o agroecossistema algodão + palma forrageira foi o penúltimo em relação à renda bruta do sistema (R\$ 181,17 – cento e oitenta e um reais e dezessete centavos), ocupando, por meio de sua renda bruta, a terceira posição mais rentável para o produtor, com diferença de R\$ 370,60 em relação ao melhor agroecossistema.

Quando relacionado com a produtividade o algodoeiro teve a maior produção em fibras e caroço para o referido agroecossistema consorciado (56,1 kg ha⁻¹). A terceira colocação na RB ocupada pelo consórcio do algodão com a palma foi evidenciado pela avaliação precoce da palma forrageira, aos 205 dias após o plantio. O tempo ideal para se obter uma produção no mínimo satisfatória em condições de sequeiro na região semiárida nordestina são decorridos 730 dias (2 anos) após o plantio.

Nos sistemas de consorciação ocorre o melhor aproveitamento dos recursos naturais aumentando a renda bruta por unidade de área corroborando, assim, com as considerações de Shwethanjali et al (2018) e Chaudhari et al. (2017).

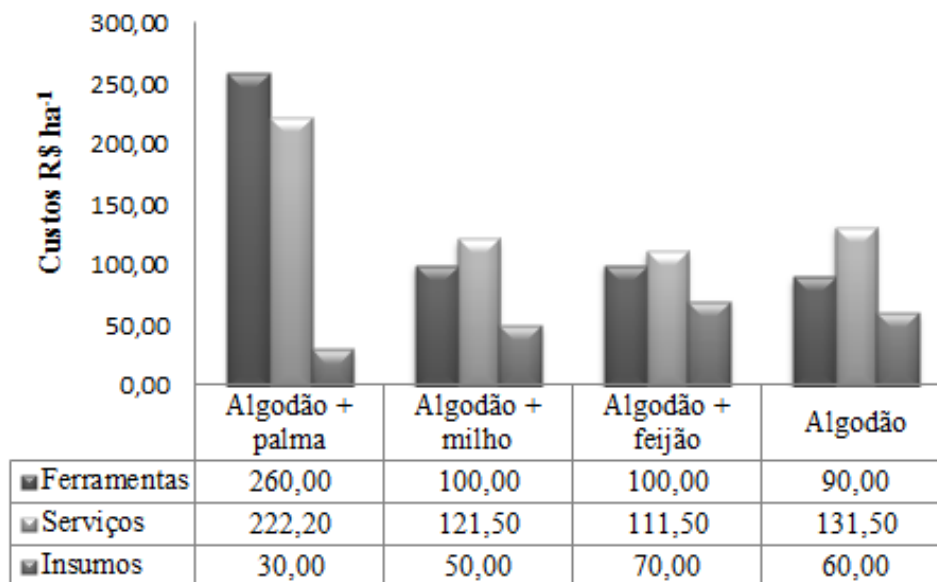
A mais baixa renda bruta (R\$120,80 - cento e vinte reais e oitenta centavos) foi apresentada pelo cultivo isolado do algodoeiro, produzindo 50,3 kg ha⁻¹, ocasionada, possivelmente, pela ausência de uma cultura consorte para melhor aproveitamento da área e

incremento da renda, que conforme Gondim (2011) o consórcio toma como base, a combinação das rendas das duas culturas.

5.3.2.2 Renda líquida (RL)

Para avaliar a renda líquida dos agroecossistemas, foram considerados os custos dos insumos, ferramentas e serviços (preparo de área com máquinas agrícolas e/ou tração animal, plantio e colheita) (Figura 13) baseados em uma área de 1 ha, importante salientar que foi levada em consideração a mão-de-obra estritamente familiar, não incluso despesas com tratamentos culturais, capinas, dentre outros, como também não inclui aquisição de raquetes de palma. As despesas foram baseadas em valores locais e as receitas definidas pelo preço de venda na região do Seridó Oriental Paraibano (R\$ 1,35 kg feijão), (R\$ 1,00 kg milho), (R\$ 2,40 kg pluma com caroço) e (R\$ 0,30 kg palma).

Figura 13 – Custos relativos ao cultivo do algodoeiro BRS Aroeira cultivado em diferentes agroecossistemas.



O agroecossistema que proporcionou maior retorno econômico foi algodão + feijão com renda líquida de R\$ 291,1 ha⁻¹, relação benefício/custo de 2,11, indicando que a cada R\$ 1,00 investido é gerado R\$ 2,11 de lucro. Por outro lado, o agroecossistema algodão + milho apresentou a segunda maior renda líquida entre os consórcios (R\$ 209,1 ha⁻¹) e, conseqüentemente, também a relação benefício/custo (1,83) maior.

De modo geral, apesar do preço pago ao produtor no período de safra do feijão macassar e do milho nas regiões de Baraúna e Picuí-PB ser abaixo da média por causa da maior oferta dos produtos na época das colheitas, as maiores rentabilidades econômicas dos sistemas consorciados deu-se devido à produtividade das culturas alimentares com o incremento da malvacea.

Em sistema de consorciação amendoim + gergelim na proporção 1:1, sob condições de sequeiro, Bhuva et al. (2017) verificaram retorno líquido de R\$ 306,91 ha⁻¹ em relação ao sistema convencional de plantio. Os autores afirmam que o sistema de consórcio é biologicamente e economicamente sustentável para as condições de sequeiro. Já Araújo et al (2008) estudando a cultivar de algodão BRS 201 isolado e consorciado ao amendoim L7 verificaram maior renda líquida (R\$ 4.490,50 ha⁻¹) para o cultivo isolado, observando, portanto, redução significativa dos valores referentes a essa variável quando optou-se pelo consórcio entre a malvacea e a leguminosa (R\$ 2.213,49 ha⁻¹).

Para o cultivo solteiro, o algodoeiro isolado indicou prejuízo, com renda líquida (RL) negativa (R\$ -160,8 ha⁻¹), tornando o sistema inviável economicamente, com valores abaixo dos obtidos nos sistemas consorciados com culturas alimentares. Destaca-se, com esses resultados, que o sistema consorciado mostra-se mais eficiente, pois segundo Dutra (2012), além de gerar melhor renda líquida; possibilita maior ocupação familiar (empregos) devido à utilização, na maioria das operações e tratos culturais, do trabalho manual; incentiva à permanência do homem no campo; aquece a economia local e aumenta a eficiência biológica do solo.

Quanto ao cultivo do algodão consorciado com a palma, o agroecossistema expressou valor de RL negativo equivalente à R\$ -230,4 ha⁻¹. Convém salientar que, entre todos os agroecossistemas estudados, o consórcio do algodão com a palma foi o que apresentou maior RL negativa em decorrência do custo de produção ser mais elevado, resultando no menor retorno econômico.

Levando em consideração que a palma é uma cultura perene, há desvantagem econômica apenas no primeiro ano de cultivo, logo, a partir do segundo ano não haverá custo para a implantação da cactácea, sendo assim uma grande vantagem para o consórcio com o algodão no ano seguinte. Importante destacar que a palma é tolerante a escassez hídrica produzindo mesmo em situações de baixas pluviosidades, sendo essa mais uma vantagem para o produtor cultivar o algodão consorciado com a palma.

Diverso a este resultado, Macedo et al. (2010) constataram em consórcio mamona + milho e mamona + amendoim, renda líquida (RL) de R\$ 390,75 e R\$ 1.115,25 ha⁻¹, com retorno de R\$ 0,34 e R\$ 0,81 por cada real investido, respectivamente, no primeiro ano de cultivo, porém, nos anos subsequentes essa relação reduziu por causa da irregularidade das chuvas e das baixas precipitações, obtendo renda líquida negativa.

5.3.2.3 Vantagem monetária (VM)

A vantagem monetária (VM) depende, além da renda bruta (RB), do uso eficiente da terra (UET), no qual o valor pode ser positivo ou negativo se o UET for maior ou menor que a unidade. Ao se analisar a VM dos agroecossistemas percebe-se que todos os valores foram positivos, pelo fato de todos os resultados de UET serem superior à unidade (UET >1).

Os agroecossistemas baseados no manejo agroecológico obtiveram vantagem econômica com variação de R\$ 243,90 a R\$ 464,20 ha⁻¹. A maior VM foi obtida no agroecossistema algodão + palma que se sobressaiu em relação aos demais tratamentos, também, quanto aos índices UET, ATER, SPi e LEC, utilizados para avaliar a eficiência biológica dos agroecossistemas. Na análise dos agroecossistemas verifica-se a capacidade do sistema consorciado atender as necessidades do agricultor familiar, mesmo sendo reduzido o rendimento de algumas culturas.

Para Baiardi e Alencar (2014) o consórcio significa estratégia de sobrevivência para a agricultura familiar reassumindo papéis importantes e ensejando a construção de novos modelos de desenvolvimento rural sustentável, quando a agricultura familiar se insere em uma cadeia produtiva na qual a empresa capitalista decide não participar. Shwethanjali et al (2018) apontam que os principais objetivos do consórcio são produzir um adicional para otimizar o uso de recursos naturais, estabilizar o rendimento das culturas e superar o riscos.

Em relação à VM, maiores retornos monetários a partir de sistemas envolvendo a consorciação de leguminosas (feijão caupi) e não leguminosas (sorgo) em comparação com cultivos solteiros foi relatado por Oseni (2010) que atribuiu essas vantagens a melhor utilização dos recursos naturais como água, luz e nutrientes.

Iqbal et al. (2019) avaliaram os benefícios monetários obtidos pelos sistemas consorciados de sorgo + soja e os resultados revelaram que o sorgo forrageiro foi significativamente melhorado quando consorciado. Desse mesmo modo, a semeadura mista

de capim + sorgo em condições tropicais resultou em retornos monetários 2,4 vezes maiores em comparação ao sorgo isolado (BORGHI et al. 2013).

Beltrão et al. (2010b; 2010c) constataram vantagem monetária na consorciação mamona + gergelim e mamona + amendoim em cultivo de sequeiro, com VM máxima de R\$ 502,48 ha⁻¹ para ambos os sistemas. Já, em consórcio de mamona e feijão *Vigna*, Gondim (2011) constatou vantagem monetária oscilando de R\$ 81 a R\$ 561 ha⁻¹.

No entanto, apesar de culturas no cultivo consorciado atenderem às necessidades do agricultor familiar, a produtividade das culturas é na maioria das vezes, menores que no monocultivo devido às competições inter e intraespecíficas por água, luz, nutrientes etc., sendo assim, faz-se necessário à escolha de agroecossistemas, de modo a otimizar tanto a produção da cultura principal como da cultura consorciada.

6. CONCLUSÕES

O consórcio do algodão BRS Aroeira + palma forrageira apresenta eficiência biológica e econômica maior do que os cultivos isolados, sendo opção viável para pequenos e médios produtores da região do Seridó oriental paraibano.

A adubação orgânica eleva a produtividade kg ha^{-1} do algodão herbáceo BRS Aroeira.

A utilização do adubo orgânico proporciona melhor qualidade nas características tecnológicas da fibra.

Para a maioria das características tecnológicas da fibra o algodão cultivado isolado sobressaiu-se dos demais agroecossistemas.

A maioria dos parâmetros de fibra analisados se adequam aos padrões exigidos pela moderna indústria têxtil.

7. REFERÊNCIAS

ADETILOYE, P. O.; EZEDIMA, F. O. C.; OKIGBO, B. N. A land equivalent coefficient (LEC) concept for the evaluation of competitive and productive interactions in simple to complex crop mixtures. **Ecological Modelling**, v.19, n.1, p.27-39, 1983.

AESA. **Agencia Executiva de distribuição das águas.**

Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br>> Acesso em: 03/04/2019

AGBICODO, E. M.; FATOKUN, C. A.; MURANAKA, S.; VISSER, R. G. F.; LINDEN, C. G. Breeding drought tolerant cowpea: Constraints, accomplishments, and future prospects. **Euphytica**, v.167, p.353–370, 2009.

ALIKHASI, M.; KOUCHAKZADEH, M.; BANIANI, E. The effect of treated municipal wastewater irrigation in non-agricultural soil on cotton plant. **Journal of Agriculture Science and Technology**, v. 14, p. 1357-1364, 2012.

ALIZADEH, Y.; KOOCHAKI, A.; NASSIRIMAHALLATI, M. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). **Iranian Journal of Field Crops Research**, v.7, n.2, p.541-553, 2009.

ALMEIDA, J. N. A Produção do Algodão Agroecológico no Projeto de Assentamento Queimadas, Remígio/PB. **manuscrito**: 2011. 45 f. Universidade Estadual da Paraíba, 2011.

ALVES, H. C. R. ; AMARAL, R. F. **Produção, área colhida e produtividade do milho no Nordeste**. Informe rural ETENE. Banco do Nordeste. Ano V- Setembro de 2011 – nº 16

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHOA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 03, n. 01, p. 15-30, 2009.

ARAÚJO, A. C.; BELTRÃO, N. E. M.; BRUNO, G. B.; MORAIS, M. S. Cultivares, épocas de plantio e componentes da produção no consórcio de algodão e amendoim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n. 1, p.357- 363, 2006.

ARAÚJO, A. C. D. ; BELTRÃO, N. E. D. M. ; MORAIS, M. D. S.; ARAÚJO, J. D. L. O.; Cunha, J. L. X. L.; Paixão, S. L. Agroeconomic indicators on the evaluation of cotton + peanut intercropping. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1467-1472, 2008.

ARAÚJO, L. F.; BERTINI, C. H. C. M.; BLEICHER, E.; VIDAL NETO, F. C.; ALMEIDA, WENER S. Características fenológicas, agrônômicas e tecnológicas da fibra em diferentes cultivares de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.3, p.448-453, 2013.

ARAÚJO, A. C.; ALOUFA, M. A. I.; SILVA, A. J. N.; ARAÚJO, A. C. Competição interespecífica e viabilidade econômica do consórcio gergelim-feijão caupi em sistema

orgânico de cultivo em função de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 11, n. 2, p. 110-116, 2016.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; KÖNIG, A.; BELTRÃO, N. E. M.; CEBALLOS, B. S. O.; AZEVEDO, C. A. V.; TAVARES, T. L. Características tecnológicas da fibra do algodão herbáceo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com água residuária tratada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.202-206, 2005.

BAIARDI, A. ; ALENCAR, C. M. M. Agricultura familiar, seu interesse acadêmico, sua lógica constitutiva e sua resiliência no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia**, v. 52, suplemento 1, 2014.

BALKCOM, K. S.; REEVES, D. W.; SHAW, J. N.; BURMESTER, C. H.; CURTIS, L. M. Cotton yield and fiber quality from irrigated tillage systems in the Tennessee Valley. **Agronomy Journal**, 98, n.3, p.596-602, 2006.

BARBOSA, J. L.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. D. P.; VELOSO, L. L. D. S.; SILVA, E. L. D.; GUEDES, M. A. Crescimento de algodoeiro colorido cv. BRS Topázio em solos com distintas salinidades e adubação orgânica. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 201-210, 2019.

BÉLOT, J. L.; MARQUIÉ, C. Novos usos podem aumentar importância do caroço. **Revista Visão Agrícola**, v. 6, p.112-114, 2006.

BELTRÃO, N. E. M. **Breve história do algodão no Nordeste do Brasil**. 2003. 17p. (Embrapa algodão, documentos, 117). Manual Técnico Embrapa.

BELTRÃO, N. E. M.; DANTAS, E. S. B.; PEREIRA, J. R.; SILVA, C. A. D. Componentes para o cultivo orgânico do algodão perene colorido (marrom) no Nordeste brasileiro. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 3, 2001. Campo Grande, MS. Embrapa, **Anais**. Dourados: EMBRAPA: CNPA/ CNPAO, 2001. 1123p.

BELTRÃO, N. E. M.; NÓBREGA, L. B.; AZEVÊDO, D. M. P.; VIEIRA, D. J.; CRISÓSTOMO, J. R. Algodoeiro herbáceo em consórcio com cultivares de caupi. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v 21 n 3, p. 271-284, 1986.

BELTRÃO, N. D. M.; NOBREGA, L. B.; AZEVEDO, O. M. P.; VIEIRA, D. J. Comparação entre indicadores agroeconômicos de avaliação de agroecossistemas consorciados e solteiros envolvendo algodão upland e feijão caupi. **EMBRAPA. CNPA. Boletim de Pesquisa**, 1984.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F. CARDOSO, G. D.; MARACAJÁ, P. B. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde**, v. 5, n. 5, p. 67-73, 2010b.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; CARDOSO, G. D.; SOUTO, J. S. Consórcio mamona e amendoim: opção para a agricultura familiar. **Revista Verde**, v. 5, n. 4, p. 222-227, 2010c.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F.; SILVA, F. V. F.; ARAÚJO, W. P. O. Cultivo do Algodão Orgânico no Semi-árido Brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró- RN, v. 5, n. 5, p. 08-13, dez. 2010a.

BEZERRA NETO, F.; TORRES FILHO, J.; HOLANDA, J. S.; SANTOS, E. F.; ROSADO, C. A. S. Efeito do sistema de cultivo e arranjo especial no consórcio algodão herbáceo + caupi + sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v 26, n 5, p. 715-727, 1991.

BEZERRA NETO, F.; SILVA, M. L.; LIMA, J. S. S.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVA, I. N.; CHAVES, A. P. Viabilidade produtiva e rentabilidade do consórcio cenoura x caupi usando diferentes quantidades de *Calotropis procera*. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 62-71, 2019.

BEZERRA, A. P. A.; PITOMBEIRA, J. B.; TÁVORA, F. J. A. F.; VIDAL NETO, F. C. Rendimento, componentes da produção e uso eficiente da terra nos consórcios sorgo x feijão-de-corda e sorgo x milho. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.104-108, 2007.

BHATTI, I. H.; JABBAR, R. O. A.; AZIR, M. S. N.; MAHMOOD, T. Competitive behavior of component crops in different sesame-legume intercropping systems. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 8, n. 1, p. 165-167, 2006.

BHUVVA, H.M.; KUMAWAT, P.D.; MEHTA, A.C; CHAUDHARI, N.N; PATEL, P. R. Effect of groundnut (*Arachis hypogaea* L.)-based intercropping systems on yield and economics under rainfed condition. **Indian Journal Of Agricultural Research**, v. 51, n 1, p. 448-452, 2017.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A.S.; SOUZA, V.V; MARTINS, P.O.; MATEUS, G.P.; COSTA, C. Produção de grãos de sorgo, produção de biomassa forrageira e renda influenciada pelo tempo de consórcio. **Revista Europeia de Agronomia**, v. 51, n. 1, p. 130-139, 2013.

BRASIL (2002) **Instrução Normativa nº 63, de 5 de dezembro de 2002**. Aprova o Regulamento técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Algodão em Pluma. DOU, 6/12/2012, Seção 1, p.6-8.

BRITO, O. R.; VENDRAME, P. R. S.; BRITO, R. M. Alterações das propriedades químicas de um latossolo vermelho distroférico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 33-40, 2005.

BULLUCK, L. R.; BROSIUS, M. G.; EVANYLO, K.; RISTAINO, J. B. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. **Applied Soil Ecology**, v.19, n.2, p.147-160, 2002.

CAMPOS, J. A. **Síndrome da crise do algodão no Ceará**. Fortaleza: SEARA, 1990. 6 p.

CAMPOS, F. L.; FREIRE FILHO, F. R.; LOPES, A. D. A.; RIBEIRO, V.; SILVA, R. D. ; ROCHA, M. D. M. Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp): uma proposta de escala de desenvolvimento. **Revista Científica Rural**, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CHAUDHARI, D.T.; VEKARIYA, P. D.; VORA, V. D.; TALPADA, M. M.; SUTARIA, G. S. Enhancing productivity of groundnut based intercropping systems under rainfed conditions of Gujarat. **Legume Research-An International Journal**, n. 40, v. 1, p. 520-525, 2017.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Algodão**. 4º levantamento de grãos. Brasília: Conab, 2019. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_07_10_08_42_35_algodao02a06072019.pdf> Acesso em: 20/08/2019.

CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) orchard in a Semi-arid Environment. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.139, p.680-690, 2013.

CORDÃO SOBRINHO, F. P. Qualidade da fibra, crescimento e produtividade do algodoeiro herbáceo sob irrigação. **Tese** (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal De Campina Grande, 2014.

CORRÊA, M. L. P.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B. Comportamento de cultivares de mamona em sistemas de cultivo isolados e consorciados com caupi e sorgo granífero. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 2, p. 200-207, 2006.

CORTEZ, A. Dicas para uma cotonicultura de sucesso. **Revista Cultivar**, 2018. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos>> Acesso em: 14/07/2019

DANTAS, A. C. A.; BARROSO, P. A. V.; HOFFMANN, L. V.; ALVES, M. F.; ANDRADE, F. P. SSR markers to detect gene flow from upland to mocó cotton. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 163-169, 2012.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; MACHADO, J. A. R. Consórcio de espécies nativas da floresta estacional semidecidual com mandioca (*Manihot succulenta* Crantz) para restauração de mata ciliar. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 36, n. 2, p.291-299, 2012.

DAVIDONIS, G. H.; JOHNSON, A. S.; LANDIVAR, J.; FERNANDEZ, C. J. Cotton fiber quality is related to boll location and planting date. **Agronomy Journal**, v. 96, n.1, p.42-47, 2004.

DEVIDE, A. C.; RIBEIRO, R. L. D.; VALLE, T. L.; ALMEIDA, D. L.; CASTRO, C. M.; FELTRAN, J. C. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. **Bragantia**, v. 68, n. 01, p. 145-153, 2009.

DHIMA, K. V.; LITHOURGIDIS, A. A.; VASILAKOGLU, I. B.; DORDAS, C. A. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. **Field Crop Research**, v.100, n.2-3, p. 249-256, 2007.

DIAS, A. S.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A. Crescimento e produção de algodoeiro de fibra colorida cultivado em solo salino-sódico e adubação orgânica. **Irriga**, Edição Especial, Grandes Culturas, p. 260-273, 2016.

DUTRA, A. F. **Eficiência agroeconômica do consórcio mamona e amendoim em área do semiárido paraibano**. Campina Grande, 2012. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba.

EGBE, O. M. Effects of plant density of intercropped soybean with tall sorghum on competitive ability of soybean and economic yield at Otobi, Benue State, Nigeria. **Journal of Cereals and Oilseeds**, v. 1, n. 1, p.1–10, 2010.

EGBE, O. M.; BAR-ANYAM, M. N. Pigeonpea / sorghum intercropping in southern Guinea savanna: effects of planting density of pigeonpea. **Nature and Science**, v.8, n.11, p.156-167, 2010.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Padrões universais para classificação do algodão. Campina Grande, 2006. 24 p.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; TAVARES FILHO, J. J.; SANTOS, M. V. F.; FERNANDES, A. P. M.; SANTOS, V. F. Manejo de colheita e espaçamento da palma-forrageira em consórcio com sorgo granífero, no agreste Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.341-347, 2000.

FERNANDES, J. D.; CHAVES, L. H. G.; DANTAS, J. P.; SILVA, J. R. P. Adubação orgânica e mineral no desenvolvimento da mamoneira. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 2, p. 358 - 368, 2009.

FERNANDES, L. C.S. Produção de óleos e fibras de algodão BRS Aroeira e BRS 04-1515 solteiros e em consórcios agroecológicos com outras oleaginosas. **Trabalho de conclusão de curso** (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

FERREIRA, M. M.; TARTAGLIA, F. L.; FULANETI, F. S.; ALENCAR, C. C.; SANTOS, E. M.; ALVES G. S. Crescimento e produtividade do algodoeiro herbáceo submetido à adubação orgânica. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.8, n.2, p.52-61, 2018.

FONSECA, R. G.; SANTANA, J. C. F. **Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D. 4605)**. Campina Grande: Embrapa CNPA, 2002. 13p.

FORNAZIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Funep, Jaboticabal, SP, 2011. 576p.

FRANCIS, C. Introduction: Distribution and importance of multiple cropping. In: **Multiple cropping systems**/ FRANCIS, C. New York: Macmillan, 1986.

FRANÇA, M. J. P. **Análise da sustentabilidade do sistema agroflorestal com agricultores familiares de Nova Olinda e Santana do Cariri-CE**. Fortaleza, 2004.131 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Ceará.

FROTA, K. M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Chemical composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), BRS-Milênio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 28, v. 2, p. 470-476, 2008.

FUJITA, R. M. L.; JORENTE, M. J. A Indústria Têxtil no Brasil: uma perspectiva histórica e cultural. **Moda Palavra e-periódico**, n. 15, p. 153-174, 2015.

FUNDAÇÃO BLUMENAUENSE DE ESTUDOS TÊXTEIS, (Blumenau, SC). **Análise de algodão: interpretação dos resultados**. Blumenau, SC, s.d., não paginado.

GHOSH, P. K. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. **Field Crops Research**, v.88, n. 2-3, p.227-237, 2004.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 653p.

GOMES, M. L. S.; QUEIROZ, M. J. ; PEREIRA, F. C. ; COSTA, D. B.; OLIVEIRA, G. S. Caracterização biométrica de artigos da palma miúda (*Nopalea cochenillifera*) em função da adubação orgânica. **Principia**, v. 1, n. 29, pág. 39-45, 2016.

GONÇALVES, A. M. **Estudo do ecossistema da mata ciliar nas sub-bacias dos riachos Cipó e Carrapateiras**. Tauá-CE. 2003. 173 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2003.

GONDIM, T. M. S. **Arranjos espaciais e sua influência no consórcio mamoneira precoce e feijão caupi**. Areia, 2011. 177p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba.

HENDGES, A. R. A. A.; GUIMARÃES, M. A.; VALE, J. C.; LIMA NETO, B. P. Agronomic performance and biological efficiency of kale intercropped with spice species. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 1, p. 7 – 15, 2019.

IBGE. **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/17171-em-setembro-ibge-preve-safra-de-graos-30-3-superior-a-2016.html>> Acesso em 06/02/2019.

IBGE. **Sistema de informações sobre os municípios e estados do Brasil**. 2018. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/barauna/panorama>> Acesso em 25/05/19

IQBAL, M. A.; HAMID, A.; AHMAD, T.; SIDDIQUI, M. H.; HUSSAIN, I.; ALI, S.; ALI, A.; AHMAD, Z. Forage sorghum-legumes intercropping: effect on growth, yields, nutritional quality and economic returns. **Bragantia**, v. 78, n. 1, p. 82-95, 2019.

ISLAM, M.; MOHAMMAD, A. L. A. M.; EL SABAGH, A.; BARUTÇULAR, C.; RATNASEKERA, D.; KIZILGEÇI, F.; ISLAM, M. S. Evaluation of turmeric-mung bean intercrop productivity through competition functions. **Acta Agriculturae Slovenica**, v. 111, n. 1, p. 199-207, 2018.

- KAZAMA, E. H.; FERREIRA, F. M.; SILVA, A. R. B.; FIORESE, D. A. Influência do sistema de colheita nas características da fibra do algodão. **Revista Ceres**, v. 63, n.5, p. 631-638, set/out, 2016.
- KELLY, C.M.; HEQUET, E.F.; K, J. Dever Interpretation of AFIS and HVI Fiber Property Measurements in Breeding for Cotton Fiber Quality Improvement. **The Journal of Cotton Science**, v.16, n. p.1–16, 2012.
- KIM, H. J; TRIPLETT, B. A. Cotton fiber growth in planta and in vitro: models for plant cell elongation and cell wall biogenesis. **Plant Physiology**. v. 127. n. 1, p. 1361-1366, 2001.
- KLJUN, A.; EL-DESSOUKY, H. M.; BENIANS, T. A. S.; GOUBET, F.; MEULEWAETER, F.; KNOX, J. P.; BLACKBURN, R. S. Analysis of the physical properties of developing cotton fibres. **European Polymer Journal**, v.51, p. 57-68, 2014.
- KÖPPEN, V. P.; GEIGER, J. H. W. **Classificação climática de Köppen-Geiger**: distribuição mundial dos tipos de clima. 2000. Disponível em: (<http://koppen-geiger.vu-wien.ac.at>) acesso em 09/05/2019
- LACAPE, J.; LLEWELLYN, D.; JACOBS, J.; ARIOLI, T.; BECKER, D.; CALHOUN, S; LIU, S.; GEORGES, S.; BARROSO, P.; JEAN, J.; VIALLE, M; VIOT, C. Meta-analysis of cotton fiber quality QTLs across diverse environments in a *Gossypium hirsutum* x *G. barbadense* RIL population. **BMC Plant Biology**, v.10, n.132, p.2-24, 2010.
- LANDAU, E. C.; CRUZ, R. K.; HIRSCH, A.; PIMENTA, F. M.; GUIMARÃES, D. P. **Varição Geográfica do Tamanho dos Módulos Fiscais no Brasil**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 1518-4277 Novembro, 2012. Documento 146.
- LANDAU, E. C. ; MAGALHÃES, P. C. ; GUIMARÃES, D. P. **Árvore do conhecimento milho**. Ageitec. Agencia Embrapa de informação tecnológica. 2019. Disponível em <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG0168200511157.html>> Acesso em 04/02/2019.
- LIMA, H. V. ; OLIVEIRA, T. S. ; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. de S.; LIMA, P. J. B. F.. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semiárido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1085-1098, 2009a.
- LIMA, M. M. de et al. Níveis de adubação nitrogenada e bioestimulante na produção e qualidade do algodão BRS verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 03, p. 619–623, 2007.
- LIMA, F. S.; BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, F. A.; PEREIRA, W. E. ; SOUSA, C. S. Épocas relativas de plantio e adubação nitrogenada: índices agroeconômicos do algodoeiro consorciado com gergelim. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 555-561, 2008.
- LIMA, A. R. L.; SILVA, M. N. B.; SANTOS, D. P.; OLIVEIRA, R. A.; RODOLFO JUNIOR, F. Desempenho Agroeconômicos na Avaliação do Consorcio de Algodão Herbáceo

+ Feijão e Coentro Sob Sistema Orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 1-4, 2009b.

LITHOURGIDIS, A. S.; DORDAS, C. A.; DAMALAS, C. A.; VLACHOSTERGIOS, D. N. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. **Australian Journal of Crop Science**, v.5, n.4, p.396-410, 2011.

MACEDO, E. F. A.; VASCONCELOS, J. C.; ALVES, G. A. F. Viabilidade econômica da cultura da mamona no município de Itaetê, chapada Diamantina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3 SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 2010. João Pessoa, PB. **Anais**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010. P. 1401-1406.

MAIA, A. G.; MIYAMOTO, B. C. B.; SILVEIRA, J. M. F. J. A adoção de sistemas produtivos entre grupos de pequenos produtores de algodão no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 2, p. 203-220, 2016.

MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, **IN – Instrução Normativa Nº 63**. 05 de dezembro de 2002.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. P. G.; FRANÇA, H. M.; BRAZ, G. S.; PIRES NETO, O.S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Cad. Ciênc. Agra.**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MASSAD, M. D.; OLIVEIRA, F. L.; DUTRA, T. R. Desempenho do consórcio cebolinha-rabanete, sob manejo orgânico. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 539-543, 2010.

MEDEIROS, M. C.; SÁ, MENEZES, A. N. **O trabalho na Paraíba: das origens à transição para o trabalho livre**. João Pessoa: Ed. Universitária/UFPB, 1999.

MEENA, S. L.; SHAMSUDHEEN, M.; DAYAL, D. Productivity of clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba*) and sesame (*Sesamum indicum*) intercropping system under different row ratio and nutrient management in arid region. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v.79, n.11, p.901-905, 2009.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 4, p. 361–367, 2007.

MONTEZANO, E. M.; PEIL, R. M. N. Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 129-132, 2006.

MOREIRA, J.A.N.; FREIRE, E.C.; SANTOS, R.F.; BARREIRO NETO. **Algodoeiro mocó: uma lavoura ameaçada de extinção**. Campina Grande, EMBRAPA-CNPA, 1989, 20 p.
MORENO, L. A. Aquisição da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). 2017. 64 f. **Dissertação (Mestrado)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017.

ODO, P.E. Evaluation of short and tall sorghum varieties in mixtures with cowpea in the Sudan Savanna of Nigeria: land equivalent ratio, grain yield and system productivity index. **Experimental Agriculture**, v.27, n.4, p. 435–441, 1991.

OLIVEIRA FILHO, A. F. Consórcio mamona x culturas alimentares em diferentes arranjos populacionais. 2013. 78 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

OLIVEIRA FILHO, A. F.; BEZERRA, F. T. C.; PITOMBEIRA, J. B.; DUTRA, A. S.; BARROS, G. L. Agronomic and biological efficiency in the castor bean intercropped with cowpea or maize. **Journal Agronomic Science**, v. 47, n. 4, p. 729-736, 2016.

OLIVEIRA, R. A. **Desempenho do algodoeiro BRS Safira em consórcios agroecológicos no semiárido**. Areia, 2012. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 484-492, 2012.

OSENI, T. O.; ALIYU, I. G. Effect of row arrangements on sorghum-cowpea intercrops in the semi arid savannah of Nigeria. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.12, n.1, p.137–140, 2010.

OSENI, T. O. Evaluation of sorghum-cowpea intercrop productivity in savanna agro-ecology using competition indices. **Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 3, p. 229-234, 2010.

PEREIRA, J. R.; ARAÚJO, W. P.; FERREIRA, M. M. M.; LIMA, F. V.; ARAÚJO, V. L.; SILVA, M. N. B. Doses de esterco bovino nas características agrônômicas e de fibras do algodoeiro herbáceo BRS Rubi. **Revista Agroambiente**, v. 6, n. 3, p. 195-204, 2012.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p. 939-947, dez. 2014.

PINTO, C. M.; PINTO, O. R. O.; SIZENANDO FILHO, F. A. Mamona consorciada com girassol em plantios defasados: Eficiência biológica. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 5, p. 166-176, 2011 a.

PINTO, C. M.; SIZENANDO FILHO, F. A.; CYSNE, J. R. B.; PITOMBEIRA, J. B. Produtividade e índices competição da mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.2, p. 75-85, 2011b.

PUTNAM, D. H.; HERBERT, S. J.; VARGAS, A. Intercropped corn-soyabean density studies. I.Yield complementarity. **Experimental Agriculture**, v.21, n.1, p.41- 51, 1985.

QUEIROZ, M. G. D.; SILVA, T. G.; ZOLNIER, S.; SILVA, S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. D. O..Morphophysiological characteristic and yield of forage cactus under different irrigation

depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 931-938, 2015.

RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; OLIVEIRA JÚNIOR, S.; NASCIMENTO, J. P.; SANTOS, E. M. Crescimento vegetativo de *Opuntia ficus-indica* em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, v.24, p.41-48, 2011.

RAO, M. R.; WILLEY, R. W. Preliminary studies of intercropping combinations based on pigeonpea or sorghum. **Experimental Agriculture**, v.16, n.1, p.29-39, 1980.

RAVENTÓS, J.; SILVA, J. F. Competition effects and responses to variable t numbers of neighbours in two tropical savanna grasses in Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.11, n.1, p.39-52, 1995.

RÓS, A. B.; JOÃO, R. E. S. Desempenho agrônômico e uso eficiente da terra em arranjos de plantas de mandioca e batata-doce. **Revista Ceres**, v. 63, n.4, p. 517-522, 2016.

ROSA, D.M.; NÓBREGA, L.H.P.; MAULI, M.M.; LIMA, G.P.D.; PACHECO, F.P. Humic substances in soil cultivated with cover crops rotated with maize and soybean. **Journal Agronomic Science**, v. 48, n. 2, p. 221-230, 2017.

SABUNDJIAN, M. T. **Consórcio de milho e *Urochloa ruziziensis* e inoculação com *Azospirillum brasilense* e seu efeito residual associado à adubação nitrogenada em feijoeiro de inverno**. 2016. 176 f. 2016. Tese (doutorado em agronomia) - Universidade Estadual Paulista.

SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. p. 105-128.

SANTANA, E. O. Rendimento do consórcio milho x feijão em função de arranjos espaciais e adubação mineral. 2009. 58 f. **Dissertação de Mestrado** - Universidade Federal da Paraíba. Areia, PB. 2009.

SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; NOVAIS, R. F.; FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S.; SILVA FILHO, J. L. Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo para o algodoeiro no cerrado da Bahia. **Revista Ceres**, v. 59, n. 4, p. 537-543, 2012.

SANTOS, J. P. V. Produtividade do milho pipoca e do feijão carioca consorciados sob adubação orgânica e mineral em diferentes espaçamentos. 2008. 54f. **Dissertação** (Mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.

SANTOS, M. A.; BATISTA, P. S. C.; LOPES, M. F.; DE MORAIS SILVA, M. G.; BERTO, A. L. F. Desempenho agrônômico de milho consorciado com feijão-de-corda em diferentes populações e arranjos de plantas no semiárido mineiro. **Revista agro@ ambiente on-line**, v. 10, n. 3, p. 201-208, 2016.

SANTOS, R. F.; KOURY, J.; SANTOS, J. W. O Agronegócio do algodão crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D.

M. P. de (Org.). **O negócio do algodão no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.31-60.

SESTREN, J. A.; LIMA, J. J. **Característica e classificação da fibra de algodão**. In: FREIRE, E.C. (Ed.). *Algodão no cerrado do Brasil*. Brasília: ABRAPA, 2007. p. 765-820.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; VIRIATO, J. R.; BELTRÃO, N. E. M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 879-882, 2006.

SHWETHANJALI, K.V.; KUMAR, T. N.; BASAVARAJ, N.; DINESH, K. M. Performance of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) based millets intercropping system in central dry zone of karnataka. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. v. 7, n. 09, p. 2917-2920, 2018.

SILVA, C. F.; MEDEIROS, E. V.; SANTANA, M. D.; ARAÚJO, M. B.; MARTINS FILHO, A. P.; MOURA, M. F. Atividade microbiológica do solo e produtividade do milho adubado com leguminosas e doses de esterco. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 4, p. 882-890, 2018.

SILVA, E. F.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M.; SANTANA, F. M. S.; SANTOS, M. G. AVALIAÇÃO DE CULTIVARES DE FEIJÃO-CAUPI IRRIGADO PARA PRODUÇÃO DE GRÃOS VERDES EM SERRA TALHADA-PE. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 1, p. 21-26, 2013.

SILVA, G. D. S.; OLIVEIRA, R. D.; QUEIROZ, N. L.; SILVA, M. D.; SOUSA, M. D.; SILVA, S. D. Desempenho agrônômico de algodão orgânico e oleaginosas consorciados com palma forrageira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 975-981, 2013.

SILVA, M. N. B.; ALVES, G. S.; WANDERLEY JÚNIOR, J. S. A. Manejo cultural do algodoeiro agroecológico no Semiárido brasileiro. **Embrapa Algodão-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2009.

SILVA, M. N. B.; BELTRÃO, N. E. DE M.; CARDOSO, G. D.; SANTOS, D. P.; NEGREIROS, K. V. Consórcio do algodoeiro colorido BRS 200 com feijão macassar sob manejo orgânico. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. 21p. **Boletim Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento**, 87.

SILVA, M. N. B.; BELTRÃO, N. E. M. ;D. CARDOSO, G. D. Adubação do algodão colorido BRS 200 em sistema orgânico no Seridó Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.222-228, 2005.

SOFIATTI, V. A cultura do algodão herbáceo na agricultura familiar. 3ª edição, Campina Grande, PB: **Embrapa Algodão**. Sistema de produção, 1, ISSN 1678-8710. 2014. Disponível em <<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p=conteudoportlesistemasdeproducao>> Acesso em 06/12/2018.

SOUTO, P. C. Estudo da dinâmica de decomposição de esterco na recuperação de solos degradados no semi-árido paraibano. 2002. 110 f. **Dissertação Mestrado**. Areia: UFPB. 2002.

SOUZA, L. P.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A. Emergence, growth, and production of colored cotton subjected to salt stress and organic fertilization. **Journal Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 719 – 729, 2018.

SOUZA, C. S. Variação de temperatura e umidade e suas influências nas características físicas e mecânicas dos fios de algodão. 2011. 107 f. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2011.

SOUZA, T. V. , RIBEIRO, C. M. , SCALON, J. D. ; GUEDES, F. L. Relações entre componentes de rendimento e características morfológicas de milho. **MAGISTRA**, v. 26, n. 4, p. 493-504, 2017.

TEIXEIRA, I. R.; SILVA, G. C. ; OLIVEIRA, J. A. P. ; TIMOSSI, P. C. Arranjos de plantas do feijoeiro-comum consorciado com mamona. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 85-91, 2012.

THOBATSI, T. J. T. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in an intercropping system. 2009. 149f. **Dissertation** (M.Sc. Agronomy) – University of Pretoria, Pretoria, 2009.

VIEIRA, C. Cultivos consorciados. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (eds.). **Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1998. p. 523-558.

WILLEY, R.W. Intercropping - its importance and research needs. Part. 2. Agronomy and research approaches. **Field Crop Abstracts**, v. 32, n. 2, p. 73-85, 1979.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M.. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Uruguiana**, v.11, n.1, p. 10-30. 2004.

ZHAO, W.; LI, J. LI, Y.; YIN, J. Effects of drip system uniformity on yield and quality of Chinese cabbage heads. **Agricultural Water Management**, v.110, p.118-128, 2012.