

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

GABRIEL ITALO NOVAES DA SILVA

**PRÁTICAS AGRÍCOLAS COMBINADAS EM CICLOS SUCESSIVOS DE
MILHETO E DE PALMA FORRAGEIRA: FILOCRONO, CARACTERÍSTICAS
ESTRUTURAIS E SUAS RELAÇÕES COM A PRODUTIVIDADE**

SERRA TALHADA – PE

2021

GABRIEL ITALO NOVAES DA SILVA

**PRÁTICAS AGRÍCOLAS COMBINADAS EM CICLOS SUCESSIVOS DE
MILHETO E DE PALMA FORRAGEIRA: FILOCRONO, CARACTERÍSTICAS
ESTRUTURAIS E SUAS RELAÇÕES COM A PRODUTIVIDADE**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em
Agronomia da Universidade Federal Rural de
Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada,
como requisito básico para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

Coorientador: MSc. Alexandre Maniçoba da Rosa
Ferraz Jardim

SERRA TALHADA - PE

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S58p

da Silva, Gabriel Italo Novaes

Práticas agrícolas combinadas em ciclos sucessivos de milho e de palma forrageira: filocrono, características estruturais e suas relações com a produtividade / Gabriel Italo Novaes da Silva. - 2021.
71 f. : il.

Orientador: Thieres George Freire da Silva.

Coorientador: Alexandre Manicoba da Rosa Ferraz Jardim.

Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Agronomia, Serra Talhada, 2021.

1. Análise de componentes principais. 2. Filocrono. 3. Semiárido. 4. Cactos. I. Silva, Thieres George Freire da, orient. II. Jardim, Alexandre Manicoba da Rosa Ferraz, coorient. III. Título

CDD 630

GABRIEL ITALO NOVAES DA SILVA

**PRÁTICAS AGRÍCOLAS COMBINADAS EM CICLOS SUCESSIVOS DE
MILHETO E DE PALMA FORRAGEIRA: FILOCRONO E
CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E SUAS RELAÇÕES COM A
PRODUTIVIDADE**

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em
Agronomia da Universidade Federal Rural de
Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada,
como requisito básico para conclusão do curso.

APROVADA em 23 de fevereiro de 2021

Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim
(MSc. Produção Vegetal – UFRPE/UAST)

Marcondes de Sá Souza
(MSc. Produção Vegetal – UFRPE/UAST)

Prof. Dra. Luciana Sandra Bastos de Souza

Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

SERRA TALHADA-PE

2021

Aos meus pais, Acieldo e Geonice;
Aos meus queridos avós, Manoel e Josefina (Zifa);
A minha incrível companheira, Mara.
Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, primeiramente pela salvação e por ter me dado a oportunidade de ingressar em uma Universidade pública e de qualidade. Me ajudando e guiando em todos os momentos, na alegria e na tristeza, obrigado meu Deus pela sua graça e misericórdia infinita. Louvado seja Deus!

Aos meus pais, Acieldo e Geonice, obrigado por todo apoio durante a realização desse sonho. Agradeço imensamente pelos ensinamentos, cuidado, amor, vocês foram e são a cada dia minha base.

Aos meus avós, Manoel e Josefina (Zifa), obrigado por todo carinho e toda ajuda necessária para minha permanência no curso.

Aos meus tios e primos, por torcer pelo meu sucesso. Amo todos vocês!

A minha incrível companheira Mara, o melhor presente que Deus me concedeu, obrigado pela preocupação, carinho, por me incentivar em todo o momento. Te amo!

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial a Unidade Acadêmica de Serra Talhada, obrigado por ser a minha casa durante a graduação.

Ao meu orientador professor Dr. Thieres George, por todo incentivo, palavras de motivação. Obrigado por toda oportunidade a qual o senhor me concedeu, desde a minha primeira iniciação científica até conduções de experimentos. O senhor é uma grande inspiração, no qual levarei para a minha vida e tenho como aprendizado nunca desistir dos meus sonhos.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco pela concessão de três anos e meio de iniciação científica, me proporcionando grandes conhecimentos e capacidade em conduzir diferentes experimentos.

Ao Grupo de Agrometeorologia no Semiárido (GAS), por toda dedicação e apoio ao longo da implantação e condução do experimento. Aos graduandos: Renan, Leonardo, Pêu, Orlando, Jandis, Kaique, Madalena e Arelli. Aos pós graduandos: Cléber, Sidney, Alexandre, George, Marcelo, Gebson e Carlos André. Sem vocês, nunca teria conseguido. Desejo sucesso a todos. Aos meus supervisores Marcondes e Hygor, obrigado por me proporcionar um grande crescimento profissional.

A Mery (Merona), obrigado por todo companheirismo, pela sua amizade, por me incentivar em todos momentos, um dos melhores presentes que a graduação me concedeu. Melhor parceria de todas viagens. A Rayles “se você for eu vou”, obrigado por tudo. Sua amizade foi essencial durante toda a graduação, e saiba que permanecerá. A Rafael (Rafa), obrigado pela sua alegria contagiante, uma amizade que jamais esquecerei.

Aos meus amigos de apartamento Jean Carlos e Rackson “a cobertura oficial” agradeço pela amizade e convívio durante esses cinco anos.

Aos meus grandes amigos de graduação Agda, Ana Claudia, Anna Beatriz (Pitoco), Jean, João Uast, Lady, Mariana e Tayná, que tenho grande orgulho de ter trilhado essa grande caminhada com todos. Agradeço por todos estudos e trabalhos em grupo, risadas, choro, tornou a caminhada mais leve e sem grande pesadelo. Desejo todo sucesso;

Aos meus amigos e irmãos em Cristo Ir. Júnior Brás, Ir. Ewerton e Kelly, obrigado por cada oração em meu favor, que o Senhor os recompense com bençãos do céu.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

“O Senhor é o meu rochedo, e o meu lugar forte, e o meu libertador; o meu Deus, a minha fortaleza, em quem confio; o meu escudo, a força da minha salvação, e o meu alto refúgio”.

(Salmos 18.2)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 <i>Semiárido brasileiro (SAB): mudanças climáticas e seus impactos</i>	18
2.2 <i>Produção agropecuária do SAB</i>	21
2.3 <i>Práticas de resiliência agrícola adotadas no SAB</i>	22
2.4 <i>Espécies adaptadas: palma forrageira e milho</i>	23
2.5 <i>Prática de irrigação em plantas forrageiras</i>	27
2.6 <i>Cobertura morta</i>	29
2.7 <i>Consórcio</i>	31
2.8 <i>Utilização de parâmetros agrometeorológicos e ferramentas estatísticas em sistemas de produção</i>	32
3. OBJETIVOS	35
3.1 <i>Objetivo Geral</i>	35
3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	35
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 <i>Localização e descrição da área experimental</i>	35
4.2 <i>Material vegetal, tratamentos culturais, delineamento experimental e tratamentos</i>	36
4.3 <i>Variáveis biométricas da palma forrageira e do milho</i>	38
4.4 <i>Rendimento da palma forrageira e do milho</i>	40
4.4 <i>Filocrono</i>	40
4.5 <i>Análise estatística</i>	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5.1 <i>Variáveis ambientais</i>	41
5.2 <i>Análise das características estruturais das forrageiras</i>	42
5.3 <i>Filocrono das forrageiras</i>	49
5.4 <i>Análise de componentes principais das forrageiras</i>	52
6. CONCLUSÃO	57
REFERÊNCIAS	58

LISTA DE TABELAS

1	
2	Tabela 1. Propriedades físicas e químicas de Cambissolo Háptico cultivado com palma
3	forrageira e milho com e sem cobertura morta em Serra Talhada – PE, Brasil.....36
4	Tabela 2. Altura de planta (AP, cm), largura de planta (LP, cm), número total de cladódio
5	(NTC, unidade), número de cladódios de primeira, segunda e terceira ordem (N1, N2 e
6	N3, respectivamente) e índice de área de cladódio (IAC, m ² m ⁻²) da palma forrageira clone
7	orelha de elefante mexicana cultivada sob diferentes sistemas de produção em ambiente
8	semiárido.....42
9	Tabela 3. Características estruturais dos cladódios de palma forrageira, clone Orelha de
10	Elefante Mexicana em três ciclos produtivos, submetidos em diferentes sistemas de
11	produção em uma região Semiárida no município de Serra Talhada, PE, Brasil.....45
12	Tabela 4. Altura de planta (AP, cm), largura de planta (LP, cm), espessura de colmo (EC,
13	mm), número total de folhas (NTF, unidade) e índice de área foliar (IAF, m ² m ⁻²) do
14	milho cultivada sob diferentes sistemas de produção em ambiente semiárido Serra
15	Talhada, PE, Brasil.....46
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	
34	

35

LISTA DE FIGURAS

36	Figura 1. Mapa com delimitação geográfica da região semiárida brasileira.....	19
37	Figura 2. Gêneros de palma forrageira (<i>Opuntia</i> e <i>Nopalea</i>) com suas partes constituintes	
38	vegetativas e reprodutivas.....	23
39	Figura 3. Cultura do milheto (<i>Pennisetum</i> sp.) e suas partes constituintes vegetativas e	
40	reprodutivas.....	25
41	Figura 4. Croqui da área experimental em Serra Talhada – PE, Brasil.....	37
42	Figura 5. Precipitação pluviométrica (P), evapotranspiração de referência (ET ₀) e	
43	irrigação (I) no período de junho de 2016 a junho de 2020 em Serra Talhada, PE, Brasil.	
44	42
45	Figura 6. Taxa de aparecimento (cladódios °Cdia ⁻¹) e filocrono (°Cdia cladódio ⁻¹) de	
46	emissão de cladódios da palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana exclusiva	
47	com cobertura morta (A), exclusiva sem cobertura morta (B), consorciada com cobertura	
48	morta (C) e consorciada sem cobertura morta (D) em função dos graus dias acumulado	
49	(GDA, °Cdia), para o primeiro ciclo produtivo da palma.....	50
50	Figura 7. Taxa de aparecimento (folha °Cdia ⁻¹) e filocrono (°Cdia folha ⁻¹) de emissão de	
51	folhas do milheto exclusivo com cobertura morta (A), consorciada com cobertura morta	
52	(B), consorciada sem cobertura morta (C) exclusivo sem cobertura morta (D) em função	
53	dos graus dias acumulado (GDA, °Cdia), para o sétimo ciclo produtivo do milheto.....	51
54	Figura 8. Análise de componentes principais (ACP) das variáveis biométricas e de	
55	rendimento dos três ciclos da palma forrageira em diferentes sistemas de cultivo. Os	
56	painéis A, C e E, são os plots dos scores da ACP nos ciclos um, dois e três,	
57	respectivamente. Nos painéis B, D e F, são os plots referentes as cargas (loading) dos	
58	ciclos um, dois e três, respectivamente. Os valores percentuais entre parênteses (eixos x	
59	e y) indicam a proporção da variância explicada para cada componente principal (CP1 e	
60	CP2)	54
61	Figura 9. Análise de componentes principais (ACP) das variáveis biométricas e de	
62	rendimento dos nove ciclos do milheto em diferentes sistemas de cultivo. Os painéis A, e	
63	B, são os plots dos scores da PCA e cargas (loading), respectivamente. Os valores	
64	percentuais entre parênteses (eixos x e y) indicam a proporção da variância explicada para	
65	cada componente principal (CP1 e CP2)	56

66

67

68 SILVA, Gabriel Italo Novaes. Práticas agrícolas combinadas em ciclos sucessivos de
69 milho e palma forrageira: filocrono, características estruturais e suas relações com a
70 produtividade. 2021. 70p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade
71 Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE-UAST),
72 Serra Talhada, Pernambuco, Brasil.

73

74 **RESUMO**

75 O semiárido brasileiro apresenta baixa precipitação pluviométrica, causando um impacto
76 na produção de forragens. Com isso, objetivou-se com o estudo avaliar a influência de
77 diferentes práticas agrícolas sob as características estruturais, filocrono e produtividade
78 da palma forrageira e milho em ciclos sucessivos. O experimento foi conduzido no
79 período de junho de 2016 a junho de 2020, com delineamento em blocos ao acaso, e seis
80 tratamentos: palma exclusiva com e sem cobertura morta, milho exclusivo com e sem
81 cobertura morta e palma-milho consorciado com e sem cobertura morta (PECC, PESC,
82 MECC, MESC, PMCC e PMSC, respectivamente). Foram conduzidos três ciclos de
83 palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana; e nove ciclos de milho, cultivar
84 BRS1501 para os três primeiros e os seis últimos ciclos a cultivar IPA Bulk-1, irrigado
85 por sistema de gotejo três vezes na semana (segunda, quarta e sexta-feira). Para
86 determinação das características estruturais foram realizadas biometrias mensais, já para
87 o rendimento de forragem foi realizado a colheita das culturas. O filocrono foi
88 determinado pelo inverso da taxa de emissão de cladódios e folhas, sendo esta obtido pelo
89 coeficiente angular da regressão linear entre o número total de cladódios (ou folhas) e os
90 graus dias acumulados. Com os dados das características estruturais e do rendimento foi
91 aplicada análise de componentes principais (ACP). Os sistemas adotados quase não
92 influenciaram nas características estruturais da palma, e do milho, embora quando
93 consorciados houve redução dessas medidas na palma e no milho devido à uma maior
94 competição. O filocrono da palma não sofreu grande influência dos sistemas, já o
95 filocrono do milho sofreu redução quando submetido ao consórcio. A ACP mostrou que
96 a maioria das variáveis biométricas influenciou no rendimento, principalmente, nos
97 sistemas com cobertura morta. A adoção de cobertura e o consórcio altera o filocrono do
98 milho e que a ACP na palma mostrou que a adoção de cobertura morta tem uma maior
99 relação com a produtividade da palma e já para o milho o que influencia é as variáveis
100 biométricas e não o sistema de produção.

101 **Palavra-chave:** Análise de componentes principais; filocrono; semiárido; cactos.

102 SILVA, Gabriel Italo Novaes. Agricultural practices combined in successive millet and
103 forage cactus cycles: phyllochron, structural characteristics and their relationship to yield.
104 2021. 70p. Monograph (Graduation in Agronomy) - Universidade Federal Rural de
105 Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, Pernambuco, Brazil.

106

107 **ABSTRACT**

108 The Brazilian semiarid region has low rainfall, causing an impact on the production of
109 forages. Thus, the objective of the study was to evaluate the influence of different
110 agricultural practices under the structural characteristics, phyllochron and productivity of
111 forage cactus and millet in successive cycles. The experiment was carried out from June
112 2016 to June 2020, with a randomized block design and six treatments: exclusive cactus
113 with and without mulch, exclusive millet with and without mulch and intercropped with
114 and without mulch dead (PECC, PESCC, MECC, MESC, PMCC and PMSC, respectively).
115 forage cactus, clone Orelha de Elefante Mexicana were conducted; and nine cycles of
116 millet, cultivate BRS1501 for the first three and the last six cycles to cultivate IPA Bulk-
117 1, irrigated by drip system three times a week (monday, wednesday and friday). To
118 determine the structural characteristics, monthly biometrics were performed, while forage
119 yield, the cultures were harvested. The phyllochron was determined by the inverse of the
120 rate of emission of cladodes and leaves, which is obtained by the angular coefficient of
121 the linear regression between the total number of cladodes (or leaves) and the
122 accumulated days degrees. With the data on structural characteristics and performance,
123 principal component analysis (PCA) was applied. The adopted systems had almost no
124 influence on the structural characteristics of the palm, and of the millet, although when
125 intercropped there was a reduction of these measures in the palm and in the millet due to
126 greater competition. The cactus phyllochron did not suffer much influence from the
127 systems, whereas the millet phyllochron suffered a reduction when submitted to the
128 consortium. The ACP showed that most of the biometric variables influenced the yield,
129 mainly in systems with mulch. The adoption of cover and the consortium alters the
130 phyllochron of millet and that the ACP in the palm showed that the adoption of mulch
131 has a greater relationship with the productivity of the palm and already for the millet what
132 influences is the biometric variables and not the system of production.

133 **Keywords:** Principal component analysis; phyllochron; semi-arid; cacti.

134

135

136 1. INTRODUÇÃO

137

138 O efeito das mudanças climáticas vem ocasionando impactos na produção
139 agropecuária, com reduções na produtividade das culturas e na oferta de alimentos para
140 os animais, que resultam em prejuízos aos agricultores (ANGELOTTI, FERNANDES
141 JÚNIOR & SÁ, 2011; MARRA & MORIM, 2018). Na região Semiárida, os reflexos
142 deste fenômeno são mais intensos, logo que, a mesma já é caracterizada por apresentar
143 baixa precipitação pluviométrica, alta demanda atmosférica e condições limitantes de
144 disponibilidade hídrica natural (PEREIRA et al., 2015; HUSSAIN et al., 2018). Devido
145 às limitações para se produzir nessa região, a utilização de culturas adaptadas representa
146 um meio de convívio com as adversidades climáticas, além de outras práticas agrícolas
147 como uso mínimo de irrigação, consórcio e adoção de cobertura morta (SOUZA et al.,
148 2019).

149 A palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) é uma alternativa a ser utilizada para
150 alimentação animal, por ser uma espécie adaptada as condições edafoclimáticas do
151 semiárido, devido as suas características anatômicas, fisiológicas e morfológicas
152 (SOUZA et al., 2020; JARDIM et al., 2021). Porém a sua utilização na alimentação não
153 deve ser de forma exclusiva, pois, a mesma apresenta baixo teor de fibra. Neste sentido,
154 gramíneas forrageiras, como o milheto (*Pennisetum glaucum*) é de grande importância,
155 logo que serve de complemento na alimentação dos ruminantes (DINIZ et al., 2017; LIRA
156 et al., 2020).

157 Outras estratégias como: uso mínimo de irrigação, cobertura do solo e a
158 consorciação das culturas configuram-se como tecnologias que permitem o aumento da
159 resiliência dos cultivos no semiárido e tornam-se importantes para maximização da
160 produção agrícola. No primeiro caso, a utilização da irrigação com o seu uso mínimo
161 proporciona um melhor desenvolvimento da cultura (QUEIROZ et al., 2016;
162 KANKARLA et al., 2019; ARAUJO JÚNIOR et al., 2021). A utilização de cobertura
163 morta por outro lado, é vantajosa produtor, pois reduz a temperatura da superfície do solo
164 e perdas de água por evaporação, aumento da infiltração, redução de erosão, além de
165 redução do crescimento de plantas invasoras (GAO et al., 2019; IBRAHIM et al., 2020;
166 WANG et al., 2020a). Já a consorciação apresenta uma estratégia que proporciona uma
167 maior eficiência dos recursos naturais, além de promover melhorias nas propriedades do
168 solo e redução de pragas e doenças (HONG et al., 2019; LI et al., 2019; WANG et al.,
169 2020b).

170 Os benefícios de algumas destas práticas foram observados por Souza et al.
171 (2020); Jardim et al. (2021) e Araújo Júnior et al. (2021). Sob esta perspectiva, para
172 garantir um melhor planejamento e tomada de decisão a utilização de parâmetros ou
173 indicadores agrometeorológicos na produção agrícola é recomendada. Entre esses
174 parâmetros, a morfogênese e o filocrono são empregadas, pois permite estudar a
175 ecofisiologia da planta, exibindo diferentes padrões de respostas sobre o crescimento,
176 desenvolvimento e rendimento das culturas associados aos diferentes manejos
177 (SILVEIRA et al., 2010; CUNHA et al., 2012; TENÓRIO et al., 2017).

178 Dentre as diversas técnicas de estatísticas utilizadas na agricultura, análises
179 multivariadas é uma ferramenta relativamente antigas da estatística, entre essas, a análise
180 de componentes principais se destaca por reduzir o conjunto de dados, resultando em
181 novas variáveis lineares (NEDER et al., 2013; SANDANIELO & OLIVEIRA JUNIOR,
182 2015). Apesar do uso dessa ferramenta em diversas áreas, estudos com características de
183 morfometria e rendimento correlacionados com ACP são insipientes na literatura com
184 palma forrageira e milheto.

185

186 **2. REVISÃO DE LITERATURA**

187 *2.1 Semiárido brasileiro (SAB): mudanças climáticas e seus impactos*

188

189 As mudanças climáticas no planeta Terra, têm proporcionado aumento das
190 temperaturas médias do ar e modificações nos padrões das precipitações em algumas
191 regiões, alterando principalmente os recursos hídricos, os quais impactam diretamente a
192 biodiversidade e a produção agrícola (i.e. perda de nutrientes e umidade do solo) elevando
193 a agravos socioeconômicos nesses locais, além de propiciar implicações futuras para a
194 humanidade (TAVARES, ARRUDA & SILVA, 2019; FÉLIX et al., 2020; PEREIRA &
195 NASCIMENTO, 2020).

196 Eventos de seca e escassez hídrica estão ocorrendo em todo o planeta devido a
197 essas mudanças climáticas, afetando principalmente regiões áridas e semiáridas,
198 contribuindo para o processo de desertificação. Essas regiões correspondem cerca de 55%
199 da área terrestre do mundo, e habitada por cerca de 400 milhões de pessoas
200 (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO, 2017; HUSSAIN et al., 2018).

201 No Brasil, segundo a SUDENE (2017), a região semiárida ocupa uma área de
202 1.127.953 km² do território nacional, abrangendo grande parte da região Nordeste,
203 constituído pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco,

204 Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, além do Norte de Minas Gerais (região Sudeste),
205 com cerca de 1.262 municípios, povoados por aproximadamente 27,6 milhões de
206 habitantes, sendo grande parte de sua vocação econômica pertencente ao setor
207 agropecuário (DINIZ et al., 2017).
208



Figura 1. Mapa com delimitação geográfica da região semiárida brasileira. Fonte: SUDENE (2017).

209 Essa região segundo a classificação climática de Köppen apresentam três tipos de
210 classificação climática, sendo BShw – semiárido, com chuvas concentradas nos meses de
211 dezembro e janeiro; o BShw' – semiárido, com estação chuvosa no verão-outono, com
212 concentração nos meses de março e abril; e BShs' – semiárido, com chuvas no outono e
213 inverno concentrados nos meses de maio e junho (ALVES et al., 2018). Em geral,
214 apresenta um regime pluviométrico que varia de 350 a 800 mm ao longo do ano, a
215 depender do local (FERREIRA et al., 2009; MEDEIROS et al., 2015; QUEIROZ et al.,
216 2020a). Além disso, temperaturas do ar elevada (entre 20,1 e 32,9 °C), umidade relativa
217 do ar com média de 60%, uma demanda atmosférica de 2.000 mm ano⁻¹ da
218 evapotranspiração potencial (SILVA et al., 2014; PEREIRA et al., 2015) e um Índice de
219 Aridez de Thornthwaite abaixo de 0,50 (Thornthwaite, 1948). Em decorrência das

220 características dessa região, juntamente com as mudanças climáticas existe um aumento
221 dos eventos extremos de seca e calor (SOUZA et al., 2019).

222 De acordo com o quarto relatório de avaliação do International Panel on Climate
223 Change (IPCC, 2007), a região semiárida brasileira é uma das regiões mais acometidas e
224 vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas, resultando em uma aridização desse
225 território, tornando o acontecimento de eventos extremos maior, como as secas,
226 acentuando a sua frequência e intensidade, além da diminuição dos recursos hídricos.
227 Segundo Tavares, Arruda & Silva (2019), a seca é um fenômeno natural ocasionado em
228 um período de tempo, no qual há uma baixa precipitação pluviométrica, resultando em
229 um desequilíbrio no ciclo hidrológico, sendo o setor agrícola um dos mais afetados, devido
230 à baixa disponibilidade hídrica para as plantas, prejudicando o desenvolvimento,
231 crescimento e produtividade (FÉLIX et al., 2020).

232 Ao longo da história são registrados cerca de 174 eventos de secas no semiárido
233 brasileiro entre os séculos XVI e XX, podendo citar a de 1877-1879, no qual reduziu à
234 metade da população e quase todo o rebanho bovino (NYS, ENGLE & MAGALHÃES,
235 2016; TAVARES, ARRUDA & SILVA, 2019). Já no século XXI são relatadas a
236 ocorrência de mais cinco secas de 2001-2010, acrescentando ainda as secas nos anos de
237 2012-2016, a qual representa uma das maiores secas nos últimos trinta anos (MARTINS
238 & MAGALHÃES, 2015). Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, o clima
239 da região Nordeste é bastante influenciado por fenômenos atmosférico, como o El Niño,
240 causando reduções na precipitação pluviométrica (NYS, ENGLE & MAGALHÃES,
241 2016). Além de poder sofrer influências das temperaturas da superfície do Oceano
242 Atlântico, como a zona de convergência intertropical e frentes frias (OLIVEIRA et al.,
243 (2018). Alvalá et al. (2019), relatam que no ano de 2015-2016, a seca no Nordeste atingiu
244 cerca de 50% de área de 923 municípios, ocasionando prejuízos principalmente nos
245 estados da Bahia e Ceará, decorrente das temperaturas do Oceano Atlântico e Pacífico,
246 incluindo um intenso El Niño, com distúrbios de grande escala, que resultaram em uma
247 mudança na ZCIT ao norte, acontecendo um agravamento e persistência das condições
248 de seca;

249 Esses eventos extremos de secas têm causado graves prejuízos sociais (exemplo,
250 aumento de desemprego e fome), econômicos (quedas na produção agrícola e redução da
251 pecuária) e ambientais (degradação do solo e desertificação). Conforme o relatório do
252 Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia de Defesa Civil (CEPED, 2019), no
253 período de 1995 a 2014, as perdas no Brasil decorrentes de desastres naturais

254 desencadeados pelas mudanças climáticas foram da ordem de R\$ 100 bilhões, dos quais
255 75% estava diretamente ligada a eventos de secas e estiagens. Deste total, cerca de R\$ 47
256 bilhões afetou diretamente a região Nordeste, nos setores de agricultura, pecuária,
257 indústria e serviços (ALMEIDA et al., 2020). Já a FAO (2017) relata que até 2050
258 poderão haver perdas de 20% da produção agrícola no mundo, aumentando a fome, a
259 desnutrição e o êxodo rural, devido à baixa segurança alimentar.

260

261 *2.2 Produção agropecuária do SAB*

262

263 Na região semiárida brasileira, grande parte da população realiza atividades
264 agrícolas com dependências dos recursos naturais, por exemplo, a agricultura de sequeiro,
265 e com um baixo grau de tecnificação (ANGELOTTI, FERNANDES JÚNIOR & SÁ,
266 2011). Em função da variabilidade climática, ocorre uma redução da produtividade,
267 devido a baixa disponibilidade hídrica, sendo este um fator limitante na produção agrícola
268 (MARRA & MORIN, 2017). De acordo com o Instituto Nacional do Semiárido (INSA,
269 2017), essa região apresenta uma área de produção agropecuária de 52.780.091 hectares,
270 com média de 29 hectares por propriedade, podendo chegar a 40 hectares. O uso da terra
271 é distribuído entre pastagens com 39,61%, florestas ou matas 29,04%, sistemas
272 agroflorestais 14,43%, lavouras 11,44% e outros cultivos com 5,49%.

273 Para a agricultura, além da oscilação da precipitação pluviométrica, os cultivos
274 também são afetados pelas características do solo. De acordo com Araújo (2011), os solos
275 formados nessa região, em geral, são pouco desenvolvidos (pouco profundos) e com
276 minerais primários, devido ao diminuto processo de intemperismo, no qual, pode
277 proporcionar uma pequena retenção de água e rápida saturação, acarretando em processos
278 erosivos nos solos dessas áreas. Além dessas características, quando aliados a escassez
279 de chuvas, observa-se o predomínio do balanço hídrico negativo na maior parte do ano,
280 onde a evapotranspiração potencial é maior que a reposição de água da chuva e a
281 capacidade de retenção de água pelo solo (ARAÚJO, 2011), interferindo no crescimento
282 e desenvolvimento das plantas (PEDROTI et al., 2015).

283 Na pecuária, devido ao cenário de baixa disponibilidade hídrica para os produtores
284 dessa região, a produção de forragem para alimentação dos rebanhos é parcialmente
285 comprometida, uma vez que, a maior concentração de massa de forragem é no período
286 chuvoso (GUSHA et al., 2015). A região Nordeste, especialmente o semiárido brasileiro
287 concentra uma população de 90% do rebanho de caprinos e, 65% do rebanho de ovinos

288 do país, com 7,6 e 9 milhões de cabeça, respectivamente (EMBRAPA, 2018), onde a
289 alimentação está voltada na utilização de plantas forrageiras presentes na caatinga e
290 forrageiras cultivadas. Nesse meio, as formas de criação dos animais são de maneira
291 extensiva, em que esses animais são soltos e se alimentam da vegetação nativa; ou
292 semiextensivo que utilizam plantas forrageiras cultivadas e nativas para alimentação
293 animal (SOUZA et al., 2019).

294 A vegetação da Caatinga é constituída de estratos herbáceos, arbustivos e
295 arbóreos, geralmente com espinhos, apresentando mecanismos fisiológicos com
296 estratégia para sobrevivência em períodos de estiagens, com a caducifólia, perdendo as
297 suas folhas no início da estação seca o que favorece o armazenamento de água (SANTOS
298 et al., 2010; QUEIROZ et al., 2019). A sua massa de forragem pode variar a depender do
299 tipo de vegetação e da estação do ano, com produção de biomassa geralmente baixa (< 5
300 t de MS ha⁻¹ ano⁻¹) (DUBEUX JÚNIOR et al., 2015).

301 Segundo estudos de Souza & Pacheco (2019), as plantas forrageiras nativas mais
302 utilizadas durante estiagens para alimentação de pequenos ruminantes no município de
303 Ouricuri – PE, foram: *Caesalpinia pyramidalis* (Caatingueira), *Bromelia laciniosa*
304 (Macambira), *Melocactus zehntneri* (Coroa-de-frade), *Pilosocereus pachycladus*
305 (Facheiro), *Ziziphus joazeiro* (Juazeiro) e *Cereus jamacaru* (Mandacaru). Em relação ao
306 potencial nutritivo, Souza et al. (2013b), observaram que espécies da caatinga podem ser
307 utilizada na alimentação de ruminantes, por apresentar alta porcentagem de proteína bruta
308 (PB) (> 7% de PB), proporcionando o crescimento da microflora do rúmen, sendo 27,3%,
309 26,62%, 18,67% e 7,40% de PB, para *Caesalpinia pyramidalis*, *Bursera leptophloeos*,
310 *Maytenus rigida* e *Ceiba glazovii*, nessa ordem.

311

312 2.3 Práticas de resiliência agrícola adotadas no SAB

313

314 Para garantir o sucesso da produção agrícola em regiões áridas e semiáridas, se
315 faz necessário a utilização da resiliência agrícola. Segundo Sentelhas & Monteiro (2009),
316 a resiliência agrícola está atrelada a utilização de alternativas, que proporcionem melhores
317 convivências com os acontecimentos adversos, seja de fator biótico ou abiótico, como
318 elevadas temperaturas, déficit hídrico, efeitos da desertificação, etc. A utilização dessas
319 práticas pode proporcionar um melhoramento do planejamento agrícola e da tomada de
320 decisão.

321 São inúmeras essas práticas utilizadas, dentre elas pode-se citar: utilização de
322 espécies que sejam tolerantes as condições edafoclimáticas da região, associação de
323 cultivos em uma única área para o melhor aproveitamento da terra (cultivos mistos e
324 consórcio); diferentes densidades de plantio; utilização do uso mínimo de irrigação,
325 minimizando perdas por estresse hídrico; adoção de cobertura morta sobre a superfície
326 do solo; controle de pragas, doenças e ervas daninhas; e também correção de deficiências
327 nutricionais (SOUZA et al., 2019).

328

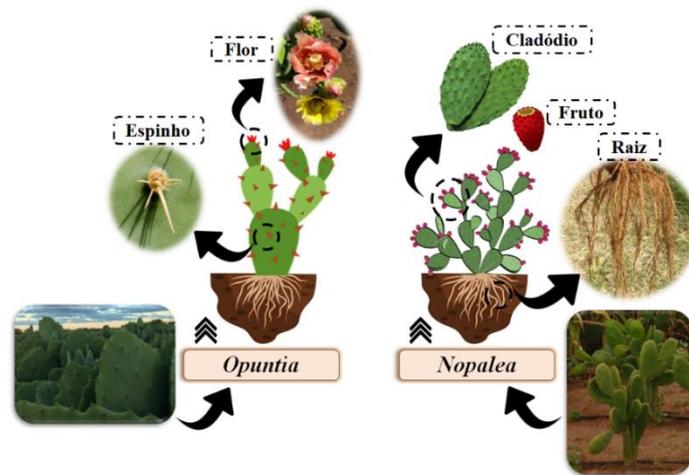
329 2.4 Espécies adaptadas: palma forrageira e milheto

330

331 Diante das condições edafoclimáticas do semiárido, principalmente a baixa
332 disponibilidade de água, a oferta de forragem é comprometida, onde se faz necessário a
333 utilização de espécies adaptadas para garantir a segurança alimentar dos rebanhos
334 (GUSHA et al., 2015). Dentre as espécies, encontra-se a palma forrageira (*Opuntia e*
335 *Nopalea*), onde o seu cultivo vem aumentando, a exemplo do Norte da África
336 (MAHOUACHI, ATTI & HAJJI, 2012) e da região Nordeste do Brasil (LINS et al.,
337 2016). A sua utilização se dá desde a implantação em áreas com riscos de desertificação
338 (QUEIROZ et al., 2020b), assim como para a alimentação de ruminantes, devido à alta
339 eficiência de energia e do uso da água, além de alto rendimento de biomassa (MORAES
340 et al., 2019).

341 A palma forrageira (Figura 2) é uma cultura que pertence ao Reino: Plantae;
342 Divisão: Embryophyta; Subdivisão: Angiosperma; Classe: Dicotiledôneas; Subclasse:
343 Archiclamiidae; Ordem: Opuntiales; e Família: Cactaceae (Marques et al., 2017; Jardim
344 et al., 2020). Tem sua origem no México, sendo encontrada também na América do Sul
345 e Central, na África e também em áreas do Mediterrâneo (ARAGONA et al., 2017).
346 Estima-se que a área plantada em todo o mundo seja mais de 1 milhão de hectares, onde
347 sua utilização por exemplo, é para alimentação humana e para produção de forragem.
348 Sendo que no Brasil essa área encontra-se em torno de 600 mil hectares (CARDADOR
349 MORTÍNEZ et al., 2011; DUBEUX JÚNIOR et al., 2013), sendo a região Nordeste
350 coberta por aproximadamente 500 mil hectares (SANTOS et al., 2006).

Figura 2. Gêneros de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) com suas partes constituintes vegetativas e reprodutivas.



Fonte: Os autores

351 A sua utilização em áreas áridas e semiáridas se dá devido a características
 352 morfológicas, fisiológicas e anatômicas que proporcionam uma maior adaptação
 353 (PEREIRA et al., 2015). Apresentando cutículas espessas (reduzindo a perda de água e a
 354 entrada de fiopatógenos), vacúolos grandes (armazenar maior quantidade de água) e um
 355 metabolismo fotossintético MAC (Mecanismo Ácido das Crassuláceas), que permite a
 356 manutenção do fechamento estomático no período diurno e sua abertura no período
 357 noturno para a captação do CO₂ atmosférico, reduzindo assim a perda de água por
 358 transpiração. Além de apresentar modificações das folhas em espinhos, caule suculento,
 359 bem como sistema radicular adaptado (SOUZA et al., 2019; JARDIM et al., 2020).

360 Na região semiárida, são cultivados principalmente espécies do gênero *Nopalea* o
 361 clone Miúda e IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck) e do gênero
 362 *Opuntia*, a Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.), por serem
 363 tolerante/resistentes a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell;
 364 Hemiptera: Dactylopiidae) (FALCÃO et al., 2013; JARDIM et al., 2020). Por ser uma
 365 cultura semiperene com colheita bienal, quando conduzido em sequeiro, a palma pode
 366 sofrer alterações no seu crescimento e desenvolvimento, devido alterações sazonais e
 367 interanuais das condições do ambiente (SILVA et al., 2015a).

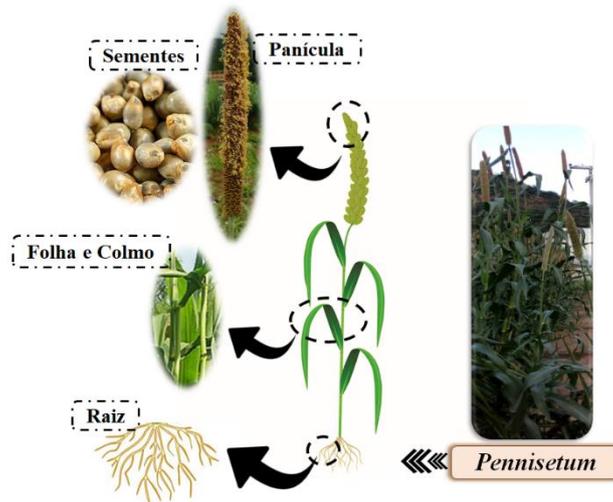
368 Essa cultura apresenta um baixo teor de matéria seca (MS) e PB, em torno de 10%
 369 e 4 a 5% da MS, respectivamente, sendo necessário a realização de suplementação
 370 proteica, para proporcionar o melhor funcionamento da microfauna do rúmen, além disso,
 371 pode ocasionar diarreia devido à baixa quantidade de fibra (DINIZ et al., 2017;
 372 MARQUES et al., 2017). Apresenta uma alta aceitabilidade, elevado teor de carboidratos
 373 não fibrosos e um alto teor de energia digerível. De acordo com Marques et al. (2017),
 374 esta composição de carboidratos da palma forrageira para bovinos, tem uma grande

375 vantagem nutricional, pois são mais degradáveis pelo rúmen e favorecem o ganho
376 energético contribuindo na produção de carne e leite dos animais.

377 Estudos voltados para a alimentação de ruminantes utilizando a palma forrageira
378 são bastante evidenciados. Cardoso et al. (2019), adotando diferentes níveis de inclusão
379 de palma do clone Miúda na alimentação de cordeiros, chegaram à conclusão de que até
380 450 g kg⁻¹ de MS, melhora a eficiência microbiana do rúmen, e possibilita uma redução
381 na ingestão de água. Já para Moraes et al. (2019), a substituição da silagem de milho pela
382 palma forrageira resultou em aumento na produção de leite, mas não havendo alterações
383 na sua qualidade, como no teor de gordura e de proteína, chegando a uma recomendação
384 na dieta de vacas leiteiras composta de 366 g kg⁻¹ de MS de palma forrageira do clone
385 Orelha de Elefante Mexicana; 290 g kg⁻¹ de silagem de milho e 344 g kg⁻¹ de concentrados
386 proteico. Mesmo com essas respostas positivas, a palma não deve ser fornecida
387 exclusivamente, devendo ter uma cultura que complemente o teor de fibra e que tenham
388 um bom desempenho na região semiárida, como é o caso de algumas gramíneas
389 forrageiras.

390 O milheto forrageiro (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) (Figura 3) pertencente à
391 família Poaceae é o sexto cereal tropical de maior importância econômica depois do trigo,
392 arroz, milho, sorgo e cevada, sendo amplamente cultivados em regiões áridas e
393 semiáridas, como na África e Índia (ULLAH et al., 2017; AUSIKU et al., 2020), servindo
394 como alimentação para o consumo humano e forragem para o gado, apresentando altos
395 níveis de energia, um maior teor de proteínas, minerais essenciais e vitaminas (JUKANTI
396 et al., 2016; BELLO, WALKER & TESFUHUNEY, 2019). É uma espécie de
397 metabolismo C₄, apresentando assim uma maior eficiência do uso da água em relação a
398 outros cereais tropicais (SHANABLEH et al., 2016), além de apresentar uma maior
399 adaptação a altas temperaturas, ser tolerante a seca, a solos ácidos, salinos e de baixa
400 fertilidade, e ter boa resistência a pragas e doenças (JUKANTI et al., 2016; BERNARD
401 & TAO, 2020; LIRA et al., 2020).

Figura 3. Cultura do milheto (*Pennisetum* sp.) e suas partes constituintes vegetativas e reprodutivas.



Fonte: Os autores

402

403 Essa gramínea é de ciclo anual curto variando entre 75 a 120 dias, dependendo da
 404 variedade e das condições edafoclimáticas da região. Apresenta crescimento ereto com
 405 uma altura de 1,5 a 3,0 m; sua raiz é fasciculada, podendo apresentar raízes aéreas para
 406 servir de suporte; o caule é do tipo colmo com 1 a 2 cm de diâmetro, constituídos de nós
 407 e entrenós; as folhas são longas e pontiagudas; a inflorescência é denominada de panícula,
 408 podendo apresentar forma cilíndrica, cônica ou espiralada, variando de 2 a 3 cm o
 409 diâmetro, e o comprimento de 15 a 60 cm, produzindo cerca de 500 a 2000 sementes por
 410 panícula. As sementes são de cores brancas e amarelas, podendo ser marrom, a depender
 411 da variedade, com tamanho de 3 a 4 mm, e o peso de 8 g (1000 sementes) (DIAS-
 412 MARTINS et al., 2018; SOUZA et al., 2019).

413 No Brasil, a cultura do milheto foi introduzida em 1929, porém a sua
 414 intensificação de produção se deu a partir de 1960, com o programa de melhoramento
 415 genético do *P. glaucum* (DIAS-MARTINS et al., 2018). A sua utilização se dá de diversas
 416 formas, como planta forrageira, na produção de feno e silagem; pastoreio para o gado,
 417 pois não é tóxico; produção de sementes, para formulação de ração; e para cobertura
 418 morta em sistema de plantio direto, pois apresenta uma alta produção de biomassa, uma
 419 elevada relação Carbono:Nitrogênio (C:N), contribuindo para redução na taxa de
 420 decomposição, permitindo uma maior ciclagem de nutrientes, e amenizar os efeitos da
 421 compactação do solo, por possuir um sistema radicular vigoroso (MARCATE,
 422 CAMACHO & PAREDES, 2011; CARVALHO et al., 2013).

423 Na região semiárida o milheto é utilizado com a finalidade de produção de
 424 forragem, pastejo e silagem, isso por possuir uma grande importância para os pecuaristas,

425 por apresentar uma baixa exigência hídrica (em média 350 mm de água por ciclo), devido
426 a modificações morfológicas, como menor área foliar, fechamento estomático, presença
427 de cera na superfície foliar e ajuste osmótico, garantindo assim, uma maior eficiência no
428 uso da água (SOBRINHO et al., 2008; ULLAH et al., 2017; ALMEIDA et al., 2017).
429 Além de proporcionar uma alta capacidade de rebrota, garantindo um maior rendimento,
430 sendo em média 9.073 kg ha⁻¹ a 10.000 kg ha⁻¹ para planta e rebrota, respectivamente
431 (PINHO et al., 2013), podendo variar de acordo com diferentes tipos de manejos.

432 Na alimentação animal, apresenta-se como uma cultura de excelente valor
433 nutritivo de até 24% de PB, com boa aceitabilidade e digestibilidade, quando o animal
434 está em pasto. Como forragem, é ofertado como um alimento volumoso apresentando
435 mais de 7% de PB, sendo importante para os ruminantes (PRIESNITZ et al., 2011; SILVA
436 et al., 2012). Para silagem, apresenta grão de baixo custo, em relação ao milho, e de boa
437 qualidade, além de apresentar níveis de PB e de MS mais elevados que a silagem de milho
438 e sorgo (SILVA et al., 2012; BERNARD & TAO, 2020). Brunette, Baurhoo e Mustafa
439 (2014) estudando a substituição da silagem de milho pela de milheto na alimentação de
440 vacas leiteiras, observaram que não apresentou diferença na produção de leite entre as
441 silagens, mostrando que pode ser realizado essa substituição, pois é uma silagem mais
442 econômica nos custos de produção.

443

444 *2.5 Prática de irrigação em plantas forrageiras*

445

446 A escassez de água no mundo apresenta-se como um grande problema no século
447 XXI para o setor agrícola, pois, a água é um fator limitante para o crescimento e
448 desenvolvimento das plantas. A agricultura é responsável pelo consumo de 80 a 90% de
449 toda a água doce disponível, mas devido as mudanças climáticas e o aumento
450 populacional, existe um aumento desse uso em detrimento à sua oferta, que está a cada
451 dia mais limitada. Em regiões que apresentam climas áridos e semiáridos, como no
452 Nordeste brasileiro, a baixa precipitação pluviométrica e a má distribuição ao longo do
453 ano, limitam a disponibilidade hídrica fazendo com que o uso da agricultura de sequeiro,
454 porém essa atividade passa a ser de alto risco, por ocasionar estresse hídrico, deficiência
455 de nutrientes, limitando o potencial agrícola dos vegetais (BAIG, SHAHID &
456 STRAQUADINE, 2013; KANKARLA et al., 2019; MBAVA et al., 2020).

457 Diante dessa situação, se faz necessário a utilização de irrigação para proporcionar
458 o melhor desenvolvimento das culturas. Existem quatro métodos de utilização dessa

459 prática, ou seja, a forma pela qual a água será aplicada as culturas, sendo por superfície,
460 aspersão, localizado ou subterrânea. No método de superfície, a água é distribuída pela
461 gravidade proporcionando uma menor eficiência de aplicação, fornecendo apenas cerca
462 de 30% da água necessária para as plantas, devido as perdas por evaporação e percolação
463 (JARDIM et al., 2020). O método por aspersão, o meio de distribuição da água é através
464 do ar, sendo um método que apresenta uma eficiência superior em relação ao de
465 superfície, porém pode sofrer influência das condições climáticas, como o vento e a
466 umidade relativa do ar. Já o método localizado, apresenta uma maior eficiência de
467 distribuição, por reduzir perdas excessivas de água. A irrigação por gotejamento pertence
468 ao método localizado, sendo utilizado em regiões áridas e semiáridas que apresentam
469 baixa disponibilidade hídrica, proporcionando uma alta eficiência de distribuição cerca
470 de 95%, permitindo reduzir gastos excessivos de água (MOHAMED et al., 2019;
471 NAVARRO et al., 2020; PIRI & NASERIN, 2020).

472 Nessas regiões a disponibilidade de cursos de água, como rios, lagos, açudes e
473 poços são baixos, e quando presentes, as fontes são de baixa qualidade, devido as águas
474 subterrâneas apresentarem altos níveis de sais (MBARKI et al., 2017). Alguns problemas
475 relacionados ao excesso de sais, é devido ao processo de salinização primária, decorrente
476 do processo de intemperismo, mas pode-se agravar pela ação antrópica, com o uso
477 excessivo de água e fertilizantes, causando impactos no solo, como floculação e dispersão
478 da argila, ocasionando toxidade e desequilíbrio nutricional nas plantas. Porém a sua
479 utilização se faz necessário, pois são as únicas fontes de águas disponíveis para a
480 realização de irrigação (BASSOL et al., 2010; KANKARLA et al., 2019).

481 Com isso, a prática de agricultura bioassalada vem crescendo constantemente para
482 a produção agrícola nessas regiões. Segundo Masters, Bones & Norman (2007), a
483 agricultura bioassalada é um termo utilizado para descrever a ação de vários níveis de
484 salinidade nas águas, no solo, ou a utilização de ambos, sob a agricultura. Porém, para
485 que a prática seja eficiente é necessário utilizar-se de um manejo de irrigação bem
486 sucedido, para não agravar o processo de salinização do solo, destacando-se o método de
487 irrigação; escolha das espécies, visto que, a necessidade hídrica é diferente; utilização
488 mínima de irrigação, com base na sua necessidade (evapotranspiração da cultura – ETC);
489 rotação de culturas e etc. (COSTA et al., 2015; SOUZA et al., 2019; JARDIM et al.,
490 2020).

491 Devido à importância da utilização da irrigação nas regiões áridas e semiárida,
492 estudos com essa temática são crescentes, na utilização de espécies forrageiras. De acordo

493 com a literatura, alguns trabalhos já enfatizam a utilização de práticas de irrigação em
494 culturas como a palma forrageira (MORAIS et al., 2017; DINIZ et al., 2017; LIMA et al.,
495 2018). Conforme Queiroz et al. (2015), a utilização de diferentes lâminas de irrigação não
496 alterou as características morfogênicas da palma forrageira, porém a produção de
497 biomassa fresca e seca foram superiores aos cultivos de sequeiro relatados na literatura.
498 Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira et al. (2015), estudando a
499 morfogênese de três clones de palma forrageira, sob irrigação por gotejamento, indicando
500 que as características encontradas não foram influenciadas pela irrigação, mas pelo clone
501 de palma forrageira. Embora seja uma cultura que apresente uma alta eficiência do uso
502 da água, devido ao metabolismo MAC, a utilização de irrigação garante uma maior
503 expressão do seu potencial produtivo (NUNES et al., 2020; XAVIER et al., 2020).

504 Torres et al. (2019) avaliando diferentes lâminas de irrigação (0, 25, 50, 75, 100 e
505 125% da ETo) sob a cultura do milho em dois ciclos produtivos, observaram que a
506 lâmina de 125% da ETo apresentou a máxima produtividade de MS, sendo 15.494,47 kg
507 ha⁻¹ e 14.779,50 kg ha⁻¹ para o 1º e 2º ciclo, respectivamente. Pesquisa realizada por Lira
508 et al. (2020) sob as características morfológicas e de produtividade do milho utilizando
509 diferentes níveis de adubação orgânica e diferentes lâminas de irrigação, utilizando água
510 de baixa qualidade (C3S1 – alta salinidade, baixo teor de sódio e dureza moderada),
511 identificaram um efeito linear crescente no número de folha; biomassa fresca e seca;
512 altura de planta; e comprimento de panícula, utilizando a lâmina de 100% da
513 evapotranspiração, deste modo, as pesquisas apresentadas a utilização da irrigação é uma
514 prática imprescindível.

515

516 *2.6 Cobertura morta*

517

518 A cobertura morta é uma prática agrônômica de resiliência agrícola adotada no
519 manejo do solo em todo o mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas, pois
520 proporciona melhoria na produção agrícola garantindo uma maior segurança alimentar
521 (ALVES et al., 2018; SHAHZAD et al., 2019; HU et al., 2020). Seu material pode ser
522 orgânico, a exemplo da palhada de milho, capim, restolhos de culturas agrícolas, entre
523 outros, ou também, materiais sintéticos, como filme plástico, sendo sua escolha
524 dependente da finalidade (ZHAO et al., 2019).

525 É amplamente utilizada, pois apresentam características positivas tanto para a
526 planta, assim como para o solo, principalmente o de material orgânico, pois permite um

527 maior aumento da infiltração da água no solo, reduzindo o escoamento superficial,
528 garantindo um maior armazenamento de água no solo e uma menor evaporação (GAO et
529 al., 2019; IBRAHIM et al., 2020); aumento da estabilidade dos agregados, reduzindo a
530 velocidade do fluxo e a capacidade de transporte dos sedimentos (RAHAMA,
531 WARRINGTON & LEI, 2019; YANG et al., 2020); menores temperatura na superfície
532 do solo; além de ser um material que proporciona um aumento da quantidade de matéria
533 orgânica devido a maior taxa de mineralização, proporcionada pelo aumento da
534 microbiota do solo; e redução do crescimento de plantas invasoras (IBRAHIM et al.,
535 2020; WANG et al., 2020a).

536 Em plantio direto a utilização de cobertura morta garante uma maior
537 uniformização da umidade do solo, porém, para assegurar a sua melhor eficiência é
538 necessário observar qual cobertura a ser utilizada, pois se for cobertura de leguminosa
539 menor é a relação C:N, o que acelera a decomposição da cobertura, ao contrário,
540 coberturas de gramíneas apresentam uma maior relação C:N, aumentando o tempo de
541 mineralização, permitindo maior quantidade de nutrientes por mais tempo (SILVA et al.,
542 2009; CARVALHO et al., 2013).

543 A utilização de cobertura morta na produção agrícola é observada em muitas
544 pesquisas, como a de Kader et al. (2019) estudando dois tipos de cobertura orgânica, sob
545 características agronômicas, consumo de água e eficiência do uso da água para a cultura
546 da soja, notaram que o rendimento da cultura aumentou em até 37% comparado ao
547 tratamento sem cobertura, também reduzindo o consumo hídrico, proporcionando uma
548 maior eficiência no uso da água. Yang et al. (2020), utilizando cobertura morta de milho
549 juntamente com o plantio direto na cultura do trigo, proporcionou uma maior eficiência
550 do uso de água e de nitrogênio, e uma maior produção de grãos em clima seco, do que no
551 clima úmido. Já Niu et al. (2020), observando as características fisiológicas do milho, sob
552 diferentes densidades de plantio, com e sem cobertura de plástico, notaram que houve um
553 aumento na fotossíntese, respiração, na densidade e abertura estomática, ao se utilizar
554 cobertura morta.

555 Em relação a microbiota do solo, Fu et al. (2019), estudando diferentes matérias
556 de cobertura do solo na cultura do trigo de inverno seco, observaram que a maior
557 diversidade e riqueza bacteriana do solo, se dá quando se utiliza cobertura orgânica em
558 relação a de plástico, o que também foi observado por Lv et al. (2019), pois a quantidade
559 de carbono no solo e os nutrientes disponíveis, são fatores responsáveis por essas
560 mudanças na microbiota. Já Huang et al. (2019), utilizando quatro diferentes tipos de

561 cobertura mais a testemunha na cultura do milho, concluíram que a utilização de cobertura
562 de plástico proporcionou uma maior diversidade bacteriana do solo, sendo este fator
563 importante para os processos biológicos do solo.

564 Para a produção de forrageiras, como a palma forrageira e o milheto, poucos
565 estudos são encontrados na literatura. Amorim et al. (2017), estudando a fenologia e o
566 momento de corte da palma forrageira, sob cobertura morta e consórcio, mostraram que
567 com a adoção de cobertura morta, existe um maior incremento na taxa de acúmulo de
568 matéria seca, permitindo antecipar o corte de 19 meses para 17 meses. Silva et al. (2017)
569 analisando a temperatura da superfície do solo, concluíram que adoção de cobertura morta
570 proporcionou menores temperaturas em relação ao solo todo exposto. Para o milheto
571 Souza et al. (2018), estudando a produtividade com e sem cobertura morta, observaram
572 que não houve diferença significativa entre os tratamentos, pois a quantidade de cobertura
573 utilizada (19,5 t ha⁻¹), não proporcionou incrementos satisfatório.

574 2.7 Consórcio

575

576 Diante das limitações de áreas agricultáveis, assim como, a escassez dos recursos
577 naturais, a utilização de práticas agrícolas, como a consorciação, mostra-se como uma
578 alternativa de contornar essas situações negativas, principalmente em regiões áridas e
579 semiáridas. A prática do consórcio consiste no cultivo de duas ou mais culturas em uma
580 mesma área, buscando alcançar uma intensificação sustentável, aumentando a produção
581 agrícola em uma menor área (LI et al., 2019; XU et al., 2020). Essa prática é vista como
582 uma “Nova Revolução” agrícola, pois apresenta vantagens para o meio ambiente devido
583 à redução de utilização de produtos químicos (CHI et al., 2019; XU et al., 2020). Além
584 de aumentar a eficiência dos recursos naturais, como terra, nutrientes, luz e água (XU et
585 al., 2020); melhorar as propriedades do solo (WANG et al., 2020b); promover a redução
586 de pragas, doenças e plantas invasoras (HONG et al., 2019); e proporcionar o aumento da
587 renda (BI et al., 2019).

588 A sua utilização pode ser dividida em três tipos, sendo o consórcio misto, quando
589 duas ou mais culturas estão em pleno crescimento e desenvolvimento em uma mesma
590 área; consórcio de revezamento, quando uma cultura alcança seu estágio de maturação e
591 posteriormente é implantando a segunda cultura; e consórcio em fileiras, onde as espécies
592 são cultivadas na mesma área, porém o seu cultivo está disposto em fileiras (BI et al.,
593 2019; CHI et al., 2019). Em ambos tipos existem interações interespecíficas e
594 intraespecíficas, incluindo a competição simultânea pelos recursos naturais, onde

595 proporciona um maior rendimento da cultura dominante e restringindo o crescimento da
596 espécie secundária (GONG et al., 2020).

597 É sabido que essa prática já era utilizada no passado, com o consórcio entre
598 leguminosas e gramíneas, como o feijão e o milho. Porém estudos são constantemente
599 realizados para observar o comportamento de novas combinações para utilização dessa
600 prática (DUTRA et al., 2015; SUN et al., 2018; WANG et al., 2020b). Chi et al. (2019),
601 estudando o consórcio entre as culturas de algodão e amendoim, observaram que no
602 sistema de consórcio, houve um aumento médio da produção de sementes de algodão de
603 17,4% e uma redução de 6,8% das vagens de amendoim em relação a monocultura, devido
604 a cultura dominante ser o algodão e ter um maior aproveitamento dos recursos naturais,
605 porém foi o sistema consorciado que apresentou maior produção. Li et al. (2019),
606 estudando o consórcio do trigo com o milho em dois anos de produção, notaram que a
607 produtividade do trigo nos dois anos em consórcio foi 36% superior ao monocultivo,
608 sendo 8,13 t ha⁻¹, já o milho apresentou redução de 1,6% (8,39 t ha⁻¹), porém o rendimento
609 desse sistema foi superior nos dois anos ao sistema de monocultura.

610 Estudos com a utilização da palma forrageira ainda são incipientes na literatura,
611 entretanto, Diniz et al. (2017), estudando o consórcio da palma com o sorgo, observaram
612 uma redução no rendimento do sorgo, devido a palma ser a cultura dominante, mas em
613 relação aos índices biológicos e habilidade competitiva, esse sistema obteve maiores
614 eficiência do que o monocultivo. Silva et al. (2013) analisando o sistema
615 algodão/gergelim/palma forrageira, chegaram à conclusão de que essa configuração é
616 uma alternativa eficiente e promissora para a agricultura, pois apresenta uma ótima
617 eficiência do uso da terra (UET), sendo 1,97 e uma alta renda bruta de 4.375,00 R\$ ha⁻¹.
618 Para a cultura do milheto Nelson et al. (2018), observaram que em sistema de consórcio
619 o rendimento do milheto é reduzido, porém é uma cultura que apresenta resistência a
620 estresse hídrico e térmico. Já Gong et al. (2020) mostrou que a produtividade do milheto
621 foi maior do que o monocultivo quando consorciado com o feijão.

622

623 *2.8 Utilização de parâmetros agrometeorológicos e ferramentas estatísticas em sistemas* 624 *de produção*

625

626 A utilização de indicadores agrometeorológicos na produção agrícola é uma
627 ferramenta necessária para garantir um melhor planejamento e tomada de decisão. Para
628 chegar ao mesmo, se faz necessário a obtenção da característica estrutural da planta, no

629 qual são meio utilizados para obtenção de parâmetros agrometeorológicos para estudar a
630 ecofisiologia de plantas forrageiras, levando em consideração as condições ambientais e
631 dos sistemas de produção (CUNHA et al., 2012).

632 A morfogênese é um atributo que permite exibir diferentes padrões de resposta da
633 cultura associados a diferentes manejos, possibilitando melhor tomada de decisão, por
634 compreender aspectos relativos ao crescimento, responder quais características mais
635 influenciam na produção, além de permitir estudar a dinâmica de crescimento e
636 produtividade (SILVEIRA et al., 2010; PEREIRA et al., 2015). Para isso, são realizadas
637 análises biométricas ao longo do desenvolvimento da cultura, as quais permitem
638 identificar espécies mais adaptadas e com maiores potencias produtivos, impostos a
639 diferentes sistemas de produção (JARDIM et al., 2020).

640 Estudos sobre morfogênese vêm sendo realizados, como os descritos por Pereira
641 et al. (2015), que investigando as características morfológicas dos clones Orelha de
642 Elefante Mexicana (OEM) e IPA Sertânia (IPA) irrigadas por gotejamento, verificaram
643 melhores incrementos biométricos, devido a precipitação pluviométrica juntamente com
644 as lâminas aplicadas, indicando que o manejo da irrigação é crucial para a cultura da
645 palma forrageira. Cunha et al. (2012) estudaram doses de nitrogênios na cultura da palma
646 forrageira e concluíram que a adoção dos diferentes tratamentos não interferiu nas
647 características morfogenéticas da cultura. Em gramíneas forrageiras, Silveira et al. (2010)
648 utilizaram essas análises, juntamente com a taxa de crescimento em dez forrageiras
649 tropicais e conseguiram realizar agrupamentos das cultivares com o melhor
650 desenvolvimento.

651 O filocrono, outro parâmetro utilizado no desenvolvimento da cultura, é definido
652 como o intervalo de tempo para emissão de uma nova folha, em decorrência dos graus
653 dias, sendo a unidade °Cdia folha⁻¹ (TENORIO et al., 2017). A temperatura do ar, por ser
654 um dos elementos climáticos que influenciam no desenvolvimento das plantas, é utilizada
655 em conjunto com a temperatura basal inferior, que resulta em uma temperatura que pode
656 provocar um desenvolvimento lento na cultura (DIEL et al., 2017). Essa medida é
657 importante, pois mostra como a adoção de diferentes manejos atuam sobre as mudanças
658 no estágio fenológico das culturas, associados a outras características morfológicas como
659 expansão da área foliar, responsável pela interceptação da radiação e produção de
660 fotoassimilados (PAULA & STRECK, 2008).

661 Pesquisas relacionadas na determinação do filocrono de culturas de importância
662 econômica e forrageiras utilizando diferentes manejos, são encontradas na literatura,

663 como Diel et al. (2017), que estudaram duas cultivares de morango, duas origens e quatro
664 substratos, observaram que o filocrono não foi influenciado pela origem e sim pelo
665 substrato, obtendo em média 147,7 e 203,6 °Cdia folha⁻¹, respectivamente, para as
666 cultivares Carmosa e Albion. Araújo Júnior et al. (2017) estudando o consórcio da palma
667 forrageira com o sorgo, concluíram que este manejo reduz o filocrono da palma, sendo
668 105,6 °Cdia cladódio⁻¹, portanto importante na maior emissão de cladódios dessa cultura.
669 Logo, pode-se notar que quanto maior for o filocrono, mais lenta será a emissão de uma
670 nova folha, sendo necessário um maior acúmulo de soma térmica.

671 Dentre as diversas técnicas de estatística utilizada na agricultura, a análises
672 multivariadas é uma ferramenta relativamente antigas da estatística, porém o seu uso é
673 defasado em requisito ao estudo da interpretação de dados de pesquisas com espécies
674 forrageiras, visando características e produção e morfométricas. Análise dos
675 componentes principais (ACP) é uma das técnicas de análises multivariadas, que consiste
676 em reduzir o conjunto de dados, resultando em novas variáveis lineares das variáveis
677 originais (SILVA & SBRISSIA, 2010; XIANG et al., 2019). Essa técnica pode ser
678 utilizada para gerar agrupamentos, com isso, pode ser utilizado para explicar quais
679 características morfológicas influenciam no rendimento das culturas (NEDER et al.,
680 2013; HONGYU, SANDANIELO & OLIVEIRA JUNIOR, 2015). Apesar de ser antiga,
681 a sua utilidade aumentou devido ao desenvolvimento de processadores computacionais
682 mais rápidos. Teixeira et al. (2013) utilizando a ACP nos caracteres morfológicos do café
683 arábica em 250 acessos, identificaram com eficiência que quatro caracteres morfológicos
684 (1º ramo plagiotrópico, vigor, diâmetro do caule e número de nós do 1º ramo
685 plagiotrópico), são responsáveis por identificar diferentes genótipos de café arábica.

686 Em cactos de palma, Amani et al. (2019) analisaram 48 ecótipos de espécies do
687 gênero *Opuntia*, utilizando ACP em diversas características das plantas, e observaram
688 que apesar das distintas localidades de onde foram coletados os materiais genéticos, foi
689 prevalentes caracteres sinapomórficos, que auxiliam na edificação botânica do
690 material. Esse tipo de análise auxilia nas relações entre atributos biofísicos do ambiente
691 correlacionado com as características das plantas, como também parâmetros do próprio
692 vegetal. Mounir et al. (2020) utilizando também ACP correlacionaram os dados físico-
693 químicos dos cladódios em diferentes locais, época do ano e idade de colheita em clones
694 de *Opuntia ficus-indica*, concluindo que ocorre variabilidade na época de colheita,
695 influenciando nas características dos cladódios, sendo os mais jovens com maior
696 conteúdo de proteína.

697 O grau de influência da domesticação em clones de palma foi repostado por Nava
698 et al. (2018) avaliando as características da mucilagem, proteínas, pectinas, hemiceluloses
699 e, conteúdo de açúcares com ACP, enfatizando que a domesticação do gênero *Opuntia*,
700 diminui os teores de proteínas e hemiceluloses. Apesar do uso dessa ferramenta em
701 diversas áreas, estudos com características de morfometria e rendimento correlacionados
702 com ACP são insipientes na literatura com palma forrageira.

703

704 **3. OBJETIVOS**

705 *3.1 Objetivo Geral*

706

707 Avaliar a influência do consórcio e do uso de cobertura morta sobre as
708 características estruturais e filocrono em ciclos sucessivos de palma forrageira e milho,
709 bem como verificar a relação entre a produtividade e a morfogênese das culturas em
710 ambiente semiárido.

711

712 *3.2 Objetivos Específicos*

713

- 714 • Quantificar as características estruturais da palma forrageira e do milho;
- 715 • Determinar o filocrono da palma forrageira e do milho nas diferentes práticas
716 agrícolas;
- 717 • Relacionar as características estruturais com a produtividade da palma forrageira
718 e do milho por meio de análise dos componentes principais.

719

720 **4. MATERIAL E MÉTODOS**

721

722 *4.1 Localização e descrição da área experimental*

723 O experimento foi conduzido no Centro de Referência Internacional de estudos
724 Agrometeorológicos de Palma e Outras Plantas Forrageiras, localizado na Universidade
725 Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE-UAST),
726 situada no município de Serra Talhada – PE, microrregião do Vale do Pajeú (latitude
727 7°56'20" S; longitude 38°17'31" O e altitude 499 m).

728 A área em estudo está inserida em uma região semiárida, que segundo a
729 classificação climática de Köppen é do tipo BShw', apresentando clima quente e seco

730 com estação chuvosa no verão (ALVARES et al., 2013), com temperatura do ar variando
 731 entre 20,1 a 32,9 °C, alta demanda atmosférica de 1.800 mm ano⁻¹ e uma média de
 732 precipitação pluviométrica de 642 mm ano⁻¹, com distribuição irregular ao longo do ano
 733 (PEREIRA et al., 2015; SILVA et al., 2015a). O solo da área é do tipo Cambissolo
 734 Háplico Ta Eutrófico típico (JARDIM et al., 2021). Foram realizadas coletas de solos nas
 735 profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, para a determinação das propriedades físicas e
 736 químicas do solo (Tabela 1).

737

738 **Tabela 1.** Propriedades físicas e químicas de Cambissolo Háplico cultivado com palma
 739 forrageira e milho com e sem cobertura morta em Serra Talhada – PE, Brasil.

Propriedades físicas										
Prof.	ρ_d	\emptyset	Areia	Silte			Argila			
cm	kg dm ⁻³	%		g kg ⁻¹						
0-20	1,45	42,27	828,6	148,3			23,2			
20-40	1,34	46,76	795,4	160,1			44,6			

Propriedades químicas										
Prof.	C.E.	pH	C	P	K	Na	Ca	Mg	CTC	V
cm	mS cm ⁻¹		g kg ⁻¹	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³			%
0-20	0,33	6,0	4,6	168,96	13,8	1,09	3,5	1,9	20,9	97,2
20-40	0,24	6,3	3,0	154,1	11,8	1,47	2,9	1,75	18,3	98,7

Prof.: profundidade. ρ_d : densidade do solo. \emptyset : porosidade total. C.E.: condutividade elétrica do extrato de saturação. CTC: capacidade de troca de cátions. V: saturação de bases.

740

741 4.2 Material vegetal, tratamentos culturais, delineamento experimental e tratamentos

742 Antes do plantio foi realizado o preparo inicial do solo constituindo-se de uma
 743 aração e uma gradagem. O clone de palma forrageira utilizadora foi o Orelha de Elefante
 744 Mexicana (*O. stricta* (Haw.) Haw), sendo plantada em julho de 2016, com espaçamento
 745 de 1,6 x 0,2 m (31.250 plantas ha⁻¹) por sua vez o milho (*P. glaucum* (L.) R. Br.) cultivar
 746 BRS1501 foi semeado no dia 12 de fevereiro de 2017 a uma distância de 0,4 m da cultura
 747 da palma. Com 15 dias após a semeadura (DAS), foi realizado o desbaste deixando 20
 748 plantas por metro linear (150.000 plantas ha⁻¹). O ensaio experimental teve duração de
 749 três anos, sendo três ciclos produtivos de palma forrageira e nove ciclos de milho,
 750 considerando a palma como a cultura principal e o milho como secundária.

751 O primeiro ciclo de palma forrageira teve duração de dois anos (julho de 2016 a
 752 22 de junho de 2018), associado de seis ciclos consecutivos de milho, utilizando-se a
 753 cultivar BRS 1501 (semeio: 12 de fevereiro de 2017), sendo uma semeadura e duas
 754 rebrotas, e mais três ciclos utilizando a cultivar IPA Bulk-1-BF (semeio: 15 de setembro
 755 de 2017). Já o segundo ciclo produtivo da palma teve duração de um ano (25 de fevereiro
 756 de 2019 e colhido no dia 20 de janeiro de 2020) e dois ciclos de milho com a cultivar
 757 IPA Bulk-1-BF (semeio: 27 de fevereiro de 2019 e 10 de outubro de 2019) não havendo
 758 rebrotas. O terceiro ciclo de palma teve duração de cinco meses (20 de janeiro de 2020 a
 759 26 de junho de 2020) associado com um ciclo de milho. Vale ressaltar, que o segundo
 760 ciclo produtivo iniciou após a realização do desbaste, deixando os cladódios de primeira
 761 ordem.

762 O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com seis
 763 tratamentos (i.e., palma exclusiva, milho exclusivo, palma-milho consorciado com e
 764 sem cobertura morta), com quatro repetições (Figura 3). A cobertura morta utilizada foi
 765 a base de capim corrente (*Uruchloa mosambicensis*), sendo inserida em janeiro de 2017
 766 para o primeiro ciclo de palma e em fevereiro de 2019 para o segundo ciclo, não havendo
 767 reposição ao longo do desenvolvimento das culturas, com um total de 17,6 t ha⁻¹ a base
 768 seca, em ambos os ciclos.

769

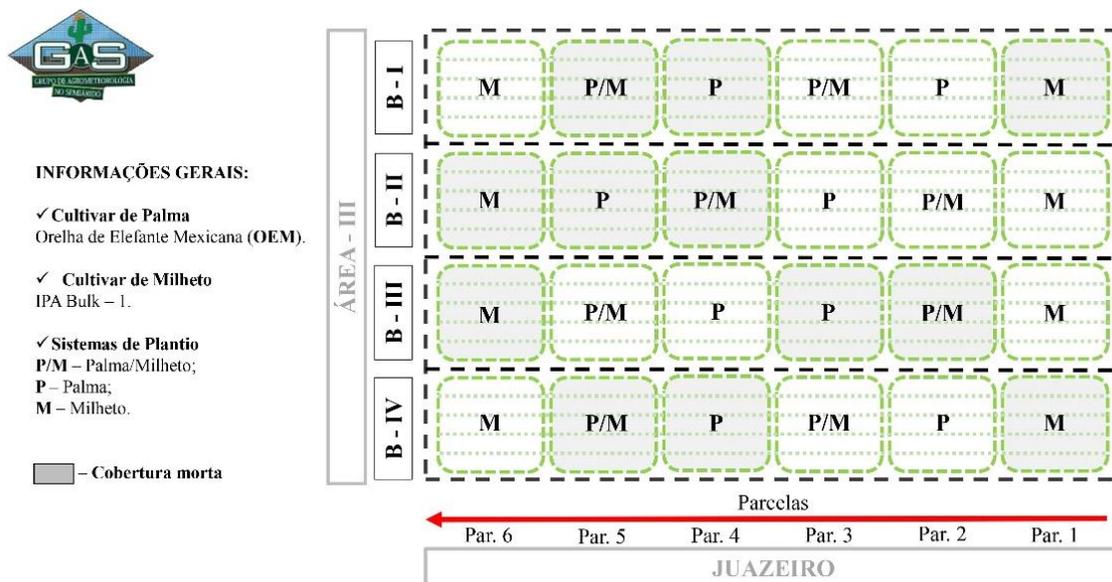


Figura 4. Croqui do arranjo experimental em Serra Talhada – PE, Brasil.

770 A palma foi mantida em sequeiro até janeiro de 2017. Posteriormente, foi iniciada
 771 irrigação utilizando-se um sistema de gotejamento, três vezes na semana, com dias

772 intercalados (segundas, quartas e sextas-feiras). A vazão dos gotejadores era de 1,25 L h⁻¹
 773 com uma pressão de trabalho de 100 kPa, coeficiente de uniformização de 93% e
 774 espaçamento entre emissores de 0,4 m. Utilizou-se água proveniente de um poço
 775 artesiano, cuja condutividade elétrica era de 1,62 dS m⁻¹ sendo classificada como uma
 776 água C3, com alta salinidade. O manejo de irrigação foi baseado em 120% da
 777 evapotranspiração da cultura (ET_c), adotando um valor para o K_c da palma forrageira de
 778 0,52 (QUEIROZ et al., 2016). A ET_c foi determinada pelo produto da evapotranspiração
 779 de referência (ET₀) pelo K_c, já a ET₀ foi estimada pelo método Penman-Monteith,
 780 parametrizado pelo Boletim FAO-56 demonstrado na Equação 1 (ALLEN et al., 1998).

781

$$782 \quad ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} \mu_2 (es-ea)}{\Delta + \gamma (1+0,34 \mu_2)} \quad (1)$$

783

784 sendo, ET₀: evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Δ: declividade da curva da
 785 pressão de saturação do vapor d'água (kPa °C⁻¹); R_n: saldo de radiação à superfície de
 786 cultivo (MJ m⁻² dia⁻¹); G: densidade do fluxo de calor sensível no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); T:
 787 temperatura média diária do ar à dois metros de altura (°C dia⁻¹); μ₂: velocidade do vento
 788 diário à dois metros de altura (m s⁻¹); es: pressão de saturação do vapor (kPa); ea: pressão
 789 de vapor atual do ar (kPa); e γ: constante psicrométrica (kPa °C⁻¹).

790 As variáveis meteorológicas foram obtidas diariamente, por meio de uma estação
 791 meteorológica automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia
 792 (<http://www.inmet.gov.br/portal/>), localizado a quarenta metros do experimento.
 793 Compreendendo essas: temperatura média, máxima e mínima do ar (°C dia⁻¹); umidade
 794 relativa média do ar (% dia⁻¹); radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹); velocidade do vento
 795 (m s⁻¹); e precipitação pluvial (mm dia⁻¹).

796 Capinas manuais e tratos para a limpeza da área foram realizados quando
 797 necessárias. A adubação do primeiro ciclo de palma foi baseada na formulação 14-00-18
 798 de N-P-K + 16S, sendo aplicado em fundação e cobertura um total de 525 kg ha⁻¹ (73,5
 799 kg ha⁻¹ N, 94,5 kg ha⁻¹ K₂O e 84,0 kg ha⁻¹ S) conforme Jardim et al. (2020). Já no segundo
 800 ciclo produtivo da palma forrageira foi aplicado 234,3 kg ha⁻¹ N, 46,8 kg ha⁻¹ P e 76,1 kg
 801 ha⁻¹ K₂O (CAVALCANTI, 2008).

802

803 *4.3 Variáveis biométricas da palma forrageira e do milheto*

804 Ao longo do experimento na cultura da palma forrageira foram realizadas
 805 campanhas biométricas mensalmente para determinação de características estruturais e
 806 índices morfogenéticos. No primeiro ciclo os dados foram obtidos em duas plantas, já o
 807 segundo ciclo foi obtido em uma planta por parcela, sendo utilizados: altura de planta
 808 (medição da superfície do solo até o cladódio mais alto), largura de planta (distância
 809 horizontal entre os cladódios) e número total de cladódios (NTC). Foi selecionada uma
 810 ramificação representativa, para mensuração dos dados referentes aos cladódios, sendo
 811 esses, comprimento, largura, espessura e perímetro (CC, LC, EC e PC, respectivamente),
 812 com auxílio de fita métrica e paquímetro. A área do cladódio (AC) foi determinada
 813 conforme metodologia de Silva et al. (2014) (Equação 2), e o índice de área do cladódio
 814 (IAC) foi determinado pela Equação 3 seguindo metodologia de Pinheiro et al. (2014).

815

$$816 \quad AC = 0,7086 \frac{(1 - \exp(-0,000045765 \text{ CC LC}))}{0,000045765} \quad (2)$$

$$817 \quad IAC = \frac{(\sum_h^{i=1} AC)}{\frac{10000}{E1 \times E2}} \quad (3)$$

818

819 sendo, AC: área do cladódio (cm²); CC: comprimento do cladódio; e LC: largura do
 820 cladódio (cm); IAC: índice de área do cladódio (m² m⁻²) a partir do somatório da área do
 821 cladódio; 10000 é o fator de conversão de cm² para m²; E1 e E2: espaçamento entre
 822 fileiras e plantas (1,6 x 0,2 m).

823

824 Na cultura do milho os dados biométricos foram obtidos na ocasião da colheita
 825 para determinar as características estruturais, sendo possível obter índices morfológicos
 826 no ciclo 7, devido à realização de biometrias semanais. Os dados coletados foram altura
 827 e largura de planta, espessura do colmo, número de folhas vivas e mortas (sendo
 828 considerada viva quando completamente expandida, e morta quando mais de 50% de sua
 829 área fotossintética estivesse comprometida), número de perfilho, comprimento e
 830 espessura da panícula e comprimento e largura da folha 3+ (conforme as siglas AP, LP,
 831 EC, NFV, NFM, NP, CP, EP, CF3+ e LF3+, respectivamente). A área foliar (AF) foi
 832 determinado segundo Leite et al. (2019) conforme a Equação 4, utilizando os dados da
 833 folha 3+, e o índice de área foliar (IAF) foi determinado pela Equação 5.

834

$$835 \quad AF = 0,879CL^{0,971} \quad (4)$$

$$IAF = \frac{\left\{ \frac{[0,879 \cdot (CF^{3+} \cdot LF^{3+})^{0,971}] (NFV \cdot DFP)}{10000} \right\}}{(S1 \cdot S2)} \quad (5)$$

em que, AF: área foliar (cm²); CL: produto do comprimento e largura da lâmina foliar;
 CF³⁺: comprimento da folha (cm); LF³⁺: largura da folha (cm); NFV; DFP: densidade
 final de plantas; e S1 e S2: são os espaçamentos da cultura do milho (1,6 x 0,05 m).

4.4 Rendimento da palma forrageira e do milho

No final do ciclo da palma forrageira foi pesada a parcela útil, sendo duas fileiras de 4 metros de comprimento para obtenção da biomassa fresca, mantendo os cladódios basais e de 1º ordem. A planta que foi realizada biometria foi pesada em balança eletrônica, em seguida, foram selecionados dois cladódios do terço médio da planta, os quais foram pesados individualmente, fracionados, acondicionados em sacos de papel, identificados e posto em uma estufa de circulação forçada a 55 °C, onde permaneciam até obter peso constante, para obtenção da biomassa seca.

Ao final de cada ciclo de milho, foi contabilizado o número de plantas em dois metros lineares, nas duas fileiras centrais das parcelas úteis. Foram colhidas 10 plantas por parcela dentro da área útil, as mesmas foram pesadas para obtenção da biomassa fresca, após a pesagem eram selecionadas duas plantas de cada parcela, em seguida fracionadas em folhas viva, morta, colmo e panícula. Após o fracionamento, foram acondicionadas em sacos de papel completamente identificados, pesados em balança analítica, obtendo o peso fresco e posto em estufa de circulação forçada a 55 °C para obtenção de massa seca. Posteriormente, os dados foram extrapolados para toneladas por hectare.

4.4 Filocrono

A partir da regressão linear, sendo a variável independente os graus dias acumulados (GDA) e a variável dependente o NTC e NTF (para a palma forrageira e milho, respectivamente), foi quantificada a taxa de aparecimento de cladódio ou foliar (TAC, cladódio °C dia⁻¹ e TAF, folha °C dia⁻¹), pelo coeficiente angular da reta. O GDA foi obtido pelo somatório dos graus dias, o qual é determinado pela diferença da temperatura média do ar e temperatura de base inferior (Tb), sendo 22 °C para a palma forrageira (ARAÚJO JÚNIOR et al., 2017) e 10 °C para o milho (GONÇALVES;

867 QUADROS, 2003). O filocrono foi determinado pelo inverso da TAC ou TAF (FIL =
868 1/TAC ou 1/TAF).

869

870 *4.5 Análise estatística*

871 Os dados das características estruturais foram submetidos ao teste de normalidade
872 e homocedasticidade. Utilizou-se a análise de variância (ANOVA), pelo teste F ($p < 0,05$),
873 e quando significativo procedeu com teste de comparação de média, sendo o teste de
874 Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para os dados de filocrono foram realizadas
875 regressões lineares no software SigmaPlot. E para analisar a relação entre as variáveis
876 biométricas e os dados de biomassa, foi realizada uma Análise de Componentes
877 Principais (ACP), sendo utilizada para as análises os componentes principais com
878 autovalor acima de 1,0 (KAISER, 1960), devido a expressividade das respostas dos
879 mesmo em relação as variáveis analisadas.

880

881 **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

882

883 *5.1 Variáveis ambientais*

884 Na Figura 1 pode-se observar o comportamento da precipitação pluviométrica (P),
885 evapotranspiração de referência (ET_0) e a quantidade de água aplicada por meio da
886 irrigação (I). Para o primeiro ciclo produtivo de palma forrageira, que correspondeu a
887 dois anos de produção (julho de 2016 a 20 de junho de 2018) a P acumulada foi de 1069,2
888 mm e a ET_0 foi de 3620,69 mm. Devido ao início dos tratamentos só ocorrer a partir de
889 janeiro de 2017, a palma recebeu 1008,73 mm proveniente de irrigação, resultando em
890 um acúmulo de 2077,93 mm (ou seja, $P + I$) e uma demanda atmosférica de 2417,49 mm.
891 O ciclo dois (25 de fevereiro de 2019 a 20 de janeiro de 2021), a ET_0 correspondeu a
892 1798,90 mm, um acúmulo de água de 1321,66 mm, sendo 748,20 mm através da chuva e
893 573,46 mm via irrigação. Já o terceiro ciclo (20 de janeiro de 2021 a 26 de junho de 2021),
894 a P foi de 975,8 mm e uma demanda atmosférica correspondente a 633,81 mm.

895

896

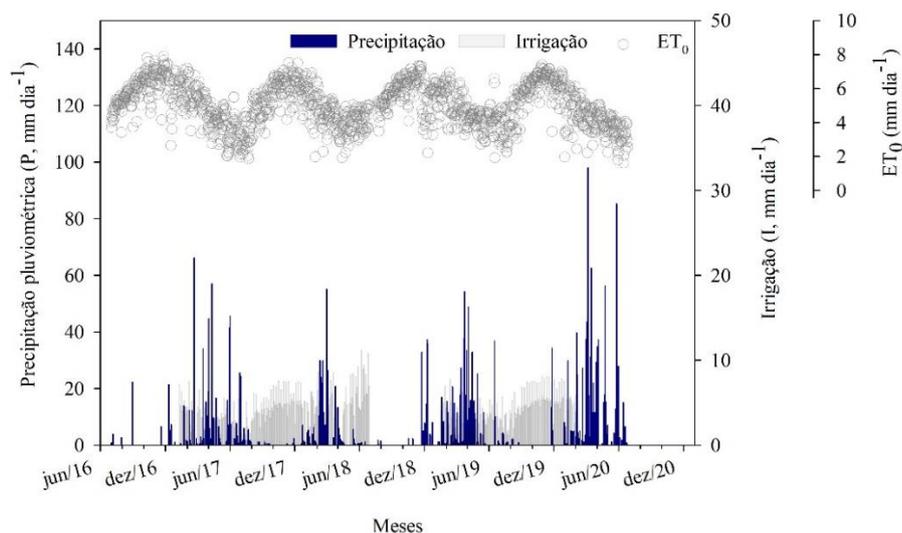


Figura 5. Precipitação pluvial (P), evapotranspiração de referência (ET₀) e irrigação (I) no período de junho de 2016 a junho de 2020 em Serra Talhada, PE, Brasil.

897

898 A demanda atmosférica nos dois primeiros ciclos foi superior a precipitação
 899 pluviométrica, mesmo com adoção suplementar de irrigação. Esse período foi
 900 caracterizado por três períodos predominantes de chuva, sendo fevereiro a abril de 2017,
 901 2018 e 2019.

902

903 5.2 Análise das características estruturais das forrageira

904

905 Na Tabela 2 encontram-se os valores das características estruturais da palma
 906 forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana (OEM) em diferentes sistemas de
 907 produção. Podem-se observar nos resultados que independentemente da utilização do
 908 sistema (consórcio e exclusivo) e cobertura morta (com e sem), não influenciou nas
 909 características estruturais da palma forrageira nos três ciclos produtivos ($p > 0,05$). Mas
 910 apresenta uma tendência que quando ocorre o consórcio com o milho existe uma
 911 pequena redução na magnitude dos valores da altura e largura da palma, devido a uma
 912 maior competição interespecífica entre as culturas por água, luz e nutrientes.

913

914

Tabela 2. Altura de planta (AP, cm), largura de planta (LP, cm), número total de cladódio (NTC, unidade), número de cladódios de primeira, segunda e terceira ordem (N1, N2 e N3, respectivamente) e índice de área de cladódio (IAC, $m^2 m^{-2}$) da palma

forageira clone orelha de elefante mexicana cultivada sob diferentes sistemas de produção em ambiente semiárido.

Sistemas de Produção	1º Ciclo						
	AP	LP	NTC	N1	N2	N3	IAC
PESC	71,8 a	78,6 a	13,6 a	4,1 a	7,6 a	0,8 a	1,84 a
PECC	73,4 a	68,6 a	12,2 a	4,3 a	5,7 a	1,2 a	1,63 a
PMCC	67,5 a	73,5 a	13,5 a	4,6 a	6,3 a	1,6 a	1,73 a
PMSC	66,0 a	59,8 a	12,7 a	4,3 a	6,3 a	1,0 a	1,33 a
Média	69,6	70,1	13,0	4,3	6,5	1,2	1,63
2º Ciclo							
PESC	75,7 a	73,1 a	19,5 a	5,2 a	13,2 a	-	2,61 a
PECC	70,7 a	74,2 a	17,5 a	4,2 a	11,7 a	-	2,14 a
PMCC	71,2 a	64,3 a	16,2 a	5,0 a	9,7 a	-	1,96 a
PMSC	67,2 a	62,6 a	16,0 a	5,5 a	9,5 a	-	1,95 a
Média	71,3	68,5	17,1	5,0	11,0	-	2,16
3º Ciclo							
PESC	75,7 a	60,7 a	19,0 a	4,7 a	13,2 a	-	2,26 a
PECC	80,0 a	47,0 a	18,0 a	4,2 a	12,7 a	-	2,26 a
PMCC	76,7 a	64,3 a	21,2 a	4,2 a	16,0 a	-	2,30 a
PMSC	72,7 a	52,0 a	17,2 a	4,2 a	12,2 a	-	1,89 a
Média	76,3	56,0	18,9	4,3	13,5	-	2,18

915 PESC – palma exclusiva sem cobertura morta; PECC – palma exclusiva com cobertura morta; PMCC –
 916 palma consorciado com milheto com cobertura morta; PMSC – palma consorciado com milheto sem
 917 cobertura morta. Letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%
 918 de significância.

919

920 De acordo com Nascimento et al. (2020) para um bom desenvolvimento durante
 921 a fase vegetativa de uma cultura, o meio, deve apresentar boa disponibilidade de água e
 922 nutrientes, pois proporcionará a realização das principais atividades bioquímicas e
 923 fisiológicas, como respiração, transpiração, fotossíntese e absorção dos nutrientes. Essa
 924 resposta mostra que a variação das características estruturais não se deve apenas ao
 925 ambiente, tipo de manejo e sistema utilizado, mas também é um efeito inerente à genética
 926 da planta (DUBEUX JUNIOR et al., 2006; QUEIROZ et al., 2015), visto que o clone
 927 utilizado nesse experimento foi Orelha de Elefante Mexicana (OEM).

928 Para o número total de cladódios (NTC) nos três ciclos de palma observaram-se
929 médias de 13,0, 17,1 e 18,9 unidades para o primeiro, segundo e terceiro ciclo
930 respectivamente, esses dados corroboram com Silva et al. (2015), que o clone OEM
931 apresentou 14,1 unidades. Entretanto, Rocha et al. (2017) citam para o mesmo clone,
932 resultados de 19,7 unidades. A emissão de cladódios de segunda ordem foi superior as
933 outras ordens independentemente do sistema e cobertura, sendo 6,5, 11,0 e 13,5 (1º, 2º e
934 3º ciclo respectivamente), isso ocorre por ser uma característica genética do clone OEM,
935 investir mais energia para a produção de cladódios de 2ª ordem, que estes vão ser
936 responsáveis pela maior realização da fotossíntese. E os cladódios de 1ª ordem pela
937 sustentação da arquitetura da planta, contribuindo para o ganho de biomassa (QUEIROZ
938 et al., 2015).

939 Souza et al. (2020) estudaram o consórcio da palma forrageira, clone OEM com e
940 sem cobertura morta na região Semiárida, encontraram que a taxa de emissão de cladódios
941 de segunda ordem foi superior ao de primeira e terceira ordem, apresentando uma taxa
942 média de 0,060, 0,029, 0,0017 e 0,010 unid. °Cdia⁻¹, para palma consorciada com
943 cobertura, palma consorciada sem cobertura, palma exclusiva sem cobertura e palma
944 exclusiva com cobertura, respectivamente.

945 O desenvolvimento do cladódio de 3ª ordem, só pode ser observado no primeiro
946 ciclo (Tabela 2). Resultados da pesquisa de Souza et al. (2020), mostram que a taxa de
947 emissão de cladódios de terceira ordem é em média 0,002 unid. °Cdia⁻¹, necessitando de
948 uma maior quantidade de graus dias acumulados. De acordo com Amorim et al. (2017),
949 a emissão de cladódios de terceira ordem pode iniciar a partir do nono mês de ciclo da
950 cultura a depender do manejo adotado, porém pode não ser vantajoso, pois apresentam
951 uma área fotossinteticamente pequena, o qual não influencia na produção de biomassa,
952 servindo mais como um dreno de fotoassimilados.

953 O IAC está relacionado com a área do cladódio e a área de ocupação da planta no
954 ambiente, nesse experimento não foi possível observar diferença entre os sistemas e
955 cobertura. Segundo Pinheiro et al. (2014), existe uma relação direta entre essas variáveis
956 morfológicas. Esse resultado permite estimar a capacidade fotossintética da palma, além
957 de contribuir para mensuração do crescimento vegetativo (PINHEIRO et al., 2014;
958 SILVA et al., 2014).

959 Na Tabela 3 destaca-se os resultados das características estruturais dos cladódios
960 de palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana. No presente estudo nenhuma
961 das variáveis estudadas sofreu influência do sistema de consórcio e da cobertura morta,

962 com exceção da espessura do cladódio de 2ª ordem (EC2) no primeiro ciclo de palma,
 963 maior espessura foi encontrada, quando se utilizou cobertura morta sendo 17,8 e 17,5 mm
 964 para PMCC e PECC, respectivamente, mas esses tratamentos não apresentaram diferença
 965 significativa para PESC com 16,1 mm. A cobertura morta quando utilizada, proporciona
 966 um melhor microclima abaixo do dossel da planta, onde permite uma maior umidade do
 967 solo, havendo uma maior absorção de água pelas raízes, havendo o aumento da turgidez
 968 dos cladódios.
 969

Tabela 3. Características estruturais dos cladódios de palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana em três ciclos produtivos, submetidos em diferentes sistemas de produção em uma região Semiárida no município de Serra Talhada, PE, Brasil.

Sistemas	1º Ciclo				2º Ciclo			3º Ciclo		
	CCB	CC1	CC2	CC3	CCB	CC1	CC2	CCB	CC1	CC2
PESC	18,3 ^a	29,1 ^a	27,0 ^a	13,8 ^a	20,2 ^a	34,0 ^a	25,8 ^a	21,2 ^a	31,1 ^a	26,0 ^a
PECC	16,2 ^a	28,3 ^a	29,3 ^a	14,1 ^a	16,7 ^a	31,7 ^a	26,0 ^a	17,2 ^a	33,0 ^a	27,0 ^a
PMCC	14,0 ^a	31,1 ^a	26,6 ^a	10,3 ^a	16,7 ^a	33,0 ^a	25,1 ^a	15,5 ^a	29,3 ^a	27,3 ^a
PMSC	16,0 ^a	29,4 ^a	21,1 ^a	10,5 ^a	18,5 ^a	28,7 ^a	24,0 ^a	18,2 ^a	29,1 ^a	24,3 ^a
Média	16,1	29,5	26,0	12,2	18,0	31,8	25,2	18,0	30,6	26,1
	LCB	LC1	LC2	LC3	LCB	LC1	LC2	LCB	LC1	LC2
PESC	29,2 ^a	24,5 ^a	22,2 ^a	11,3 ^a	30,7 ^a	25,5 ^a	19,6 ^a	27,0 ^a	21,8 ^a	18,3 ^a
PECC	28,0 ^a	22,6 ^a	21,8 ^a	11,7 ^a	26,7 ^a	25,5 ^a	19,7 ^a	29,2 ^a	24,5 ^a	18,6 ^a
PMCC	28,9 ^a	20,8 ^a	21,5 ^a	8,9 ^a	27,5 ^a	21,0 ^a	19,6 ^a	24,7 ^a	21,2 ^a	17,3 ^a
PMSC	27,5 ^a	20,0 ^a	17,5 ^a	8,3 ^a	29,2 ^a	22,0 ^a	17,6 ^a	29,7 ^a	21,0 ^a	17,8 ^a
Média	28,4	22,0	20,7	10,1	28,5	23,5	19,1	27,6	22,1	18,0
	ECB	EC1	EC2	EC3	ECB	EC1	EC2	ECB	EC1	EC2
PESC	47,0 ^a	35,7 ^a	16,1 ^{ab}	6,8 ^a	43,0 ^a	35,2 ^a	10,9 ^a	50,0 ^a	27,2 ^a	10,2 ^a
PECC	43,6 ^a	34,9 ^a	17,5 ^a	6,9 ^a	46,5 ^a	29,7 ^a	11,5 ^a	48,0 ^a	21,7 ^a	9,5 ^a
PMCC	43,9 ^a	32,5 ^a	17,8 ^a	4,8 ^a	38,2 ^a	31,2 ^a	11,1 ^a	51,7 ^a	30,0 ^a	11,5 ^a
PMSC	46,4 ^a	33,1 ^a	12,9 ^b	5,1 ^a	36,0 ^a	29,0 ^a	10,3 ^a	47,7 ^a	25,2 ^a	9,5 ^a
Média	45,2	34,1	16,1	5,9	40,9	31,3	10,9	49,3	26,0	10,1
	PCB	PC1	PC2	PC3	PCB	PC1	PC2	PCB	PC1	PC2
PESC	54,1 ^a	78,3 ^a	73,2 ^a	37,7 ^a	56,5 ^a	85,2 ^a	66,2 ^a	58,0 ^a	78,1 ^a	66,2 ^a
PECC	51,3 ^a	76,0 ^a	76,0 ^a	39,7 ^a	50,0 ^a	83,7 ^a	67,2 ^a	53,7 ^a	83,2 ^a	68,0 ^a

PMCC	49,3 ^a	77,8 ^a	71,9 ^a	29,3 ^a	41,7 ^a	79,5 ^a	67,2 ^a	47,0 ^a	74,5 ^a	67,7 ^a
PMSC	48,6 ^a	72,8 ^a	57,0 ^a	28,6 ^a	54,2 ^a	75,0 ^a	60,7 ^a	56,5 ^a	73,6 ^a	63,7 ^a
Média	50,9	76,2	69,5	33,5	50,6	80,8	65,3	53,8	77,3	64,4
	ACB	AC1	AC2	AC3	ACB	AC1	AC2	ACB	AC1	AC2
PESC	382,2 ^a	503,0 ^a	421,3 ^a	160,8 ^a	438,0 ^a	602,6 ^a	356,4 ^a	403,0 ^a	477,0 ^a	336,0 ^a
PECC	325,9 ^a	446,0 ^a	449,4 ^a	169,2 ^a	320,0 ^a	562,0 ^a	363,7 ^a	356,2 ^a	572,2 ^a	352,3 ^a
PMCC	296,5 ^a	460,3 ^a	406,0 ^a	143,4 ^a	324,6 ^a	494,8 ^a	347,6 ^a	269,8 ^a	436,0 ^a	332,4 ^a
PMSC	308,5 ^a	419,8 ^a	270,6 ^a	131,7 ^a	384,8 ^a	459,2 ^a	306,0 ^a	376,8 ^a	426,4 ^a	308,4 ^a
Média	328,3	457,3	386,8	151,3	366,8	529,6	343,4	351,5	477,9	332,3

CCB, LCB, ECB, PCB e ACB – comprimento (cm), largura (cm), espessura (mm), perímetro (cm) e área (cm²) do cladódio basal, respectivamente; CC1, LC1, EC1, PC1 e AC1 - comprimento (cm), largura (cm), espessura (mm), perímetro (cm) e área (cm²) do cladódio de 1^a ordem, respectivamente; CC2, LC2, EC2, PC2 e AC2 - comprimento (cm), largura (cm), espessura (mm), perímetro (cm) e área (cm²) do cladódio de 2^a ordem, respectivamente; CC3, LC3, EC3, PC3 e AC3 - comprimento (cm), largura (cm), espessura (mm), perímetro (cm) e área (cm²) do cladódio de 3^a ordem, respectivamente.

PESC – palma exclusiva sem cobertura morta; PECC – palma exclusiva com cobertura morta; PMCC – palma consorciado com milho com cobertura morta; PMSC – palma consorciado com milho sem cobertura morta.

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

970

971 A Tabela 4 mostra os resultados das características estruturais do milho em nove
 972 ciclos de produção quando consorciado com palma forrageira e exclusivo com e sem
 973 cobertura morta. No presente estudo houve diferença entre todas as variáveis estudadas
 974 somente no ciclo 6, por não ocorrer distribuição normal nos dados, isso por não ocorrer
 975 rebrota nos sistemas de milho consorciado com palma com e sem cobertura (MPCC e
 976 MPSC, respectivamente), pois já era a segunda rebrota e não apresentou vigor para o
 977 desenvolvimento. Apesar do consórcio favorecer um melhor aproveitamento dos recursos
 978 naturais, existe uma redução das características estruturais do milho devido a uma maior
 979 competição.

980

Tabela 4. Altura de planta (AP, cm), largura de planta (LP, cm), espessura de colmo (EC, mm), número total de folhas (NTF, unidade) e índice de área foliar (IAF, m² m⁻²) do milho cultivada sob diferentes sistemas de produção em ambiente semiárido Serra Talhada, PE, Brasil.

Sistemas de Produção	1º Ciclo				
	AP	LP	EC	NTF	IAF

MESC	219,2 a	59,0 a	12,0 a	14,2 a	3,41 a
MECC	207,4 a	58,2 a	11,7 a	10,6 a	2,40 a
MPCC	195,2 a	58,7 a	9,3 a	14,5 a	2,35 a
MPSC	202,0 a	57,8 a	10,7 a	11,1 a	2,07 a
Média	206,0	58,4	10,9	12,6	2,56
2° Ciclo					
MESC	168,8 a	49,3 a	8,54 a	10,6 a	3,36 a
MECC	177,5 a	47,6 a	8,33 ab	10,9 a	2,64 a
MPCC	151,3 a	42,4 a	6,58 c	11,8 a	1,43 a
MPSC	141,2 a	41,6 a	6,75 bc	11,2 a	1,50 a
Média	159,7	42,2	7,5	11,1	2,22
3° Ciclo					
MESC	132,8 a	34,6 a	6,41 a	7,0 a	1,43 a
MECC	123,5 a	33,3 a	6,75 a	7,4 a	1,09 a
MPCC	131,8 a	46,6 a	5,75 a	4,9 a	0,45 a
MPSC	122,7 a	27,5 a	5,66 a	9,4 a	0,31 a
Média	127,8	35,5	6,14	7,2	0,82
4° Ciclo					
MESC	95,6 a	35,0 a	7,25 a	6,5 a	0,39 a
MECC	109,7 a	38,2 a	6,50 a	8,0 a	0,30 a
MPCC	103,8 a	34,2 a	6,91 a	7,8 a	0,59 a
MPSC	101,8 a	41,9 a	5,91 a	8,4 a	0,27 a
Média	102,7	37,3	6,64	7,70	0,39
5° Ciclo					
MESC	151,1 a	45,0 a	8,16 a	9,16 a	0,69 a
MECC	144,1 a	49,5 a	7,08 a	13,5 a	0,64 a
MPCC	133,0 a	46,2 a	7,83 a	13,0 a	0,68 a
MPSC	135,5 a	48,5 a	7,25 a	12,2 a	0,37 a
Média	140,9	47,3	7,59	12,0	0,58
6° Ciclo					
MESC	120,7 a	29,1 a	6,83 a	5,4 a	0,30 a
MECC	118,7 a	28,6 a	7,25 a	5,5 a	0,13 a
MPCC	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b

MPSC	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b	0,0 b
Média	-	-	-	-	-
7º Ciclo					
MESC	140,3 a	40,5 a	9,00 a	6,1 a	1,79 a
MECC	125,8 a	69,5 a	7,87 ab	8,2 a	2,19 a
MPCC	142,6 a	43,7 a	6,75 ab	11,2 a	1,48 a
MPSC	108,6 a	33,0 a	5,87 b	8,5 a	1,79 a
Média	129,3	46,7	7,37	8,5	1,81
8º Ciclo					
MESC	132,2 a	52,3 a	10,8 a	8,0 a	0,71 a
MECC	120,3 a	47,2 a	9,62 a	7,0 a	0,41 a
MPCC	99,8 a	40,0 a	7,87 a	6,3 a	1,05 a
MPSC	101,6 a	42,0 a	9,50 a	7,1 a	0,37 a
Média	113,5	45,3	9,46	7,1	0,63
9º Ciclo					
MESC	182,5 a	51,1 a	8,50 a	9,7 a	2,70 a
MECC	137,8 a	38,8 a	7,25 a	6,0 a	0,94 a
MPCC	140,2 a	32,1 a	6,75 a	8,2 a	1,15 a
MPSC	125,0 a	31,0 a	5,00 a	7,7 a	1,01 a
Média	146,4	38,2	6,87	7,9	1,45

MESC – milheto exclusivo sem cobertura morta; MECC – milheto exclusivo com cobertura morta; MPCC – milheto consorciado com palma com cobertura morta; PMSC – milheto consorciado com palma sem cobertura morta. Letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância.

981

982 Analisando a altura de planta (AP) no experimento, observa-se que não houve
983 diferença significativa ($P>0,05$), mas houve uma tendência de quando utilizado o
984 consórcio existe uma redução dessa característica, isso ocorre porque a palma apresenta
985 uma maior agressividade sobre a cultura secundária (SOUZA, 2019). Também ocorre
986 devido a rebrota, pois após o corte a planta investe no desenvolvimento de perfilho,
987 reduzindo o vigor da AP, como pode ser visto no ciclo 2, 3, 5 e 6. No ciclo 4 a redução
988 ocorreu devido ser um período de maior demanda atmosférica e não ocorreu chuvas (Fig.
989 5), embora o milheto seja uma cultura resistente a seca e a baixa fertilidade, para garantir
990 um bom desenvolvimento é necessário um estabelecimento inicial (HAVILAH, 2017).

991 No nosso estudo, a AP encontrada no primeiro ciclo com a cultivar BRS 1501 foi
992 superior ao relatado por Pereira Filho et al. (2003) que é de 1,80 m. Já para a cultivar IPA
993 Bulk-1 os resultados encontrados foram inferiores ao relatado na literatura, como em
994 Vital, Santos e Santos (2015), que apresentou uma altura média de 1,94 m quando irrigado
995 e Tabosa et al. (2010) encontraram 1,81 m. Isso ocorreu devido a condução do
996 experimento ser em sistema de consórcio, além do ambiente ser semiárido, caracterizado
997 pela alta demanda atmosférica e baixa precipitação pluviométrica.

998 A espessura do colmo (EC), apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) no ciclo
999 2 e 7, sendo observado que o maior diâmetro ocorreu quando o milho foi conduzido em
1000 sistema exclusivo, independentemente do uso de cobertura morta. Isso ocorre devido a
1001 uma maior competição quando o milho é submetido ao sistema de consórcio, havendo
1002 uma redução de 21% e 34,7% em relação ao sistema exclusivo para o segundo e sétimo
1003 ciclo, respectivamente. Existe uma grande importância em relação ao aumento do
1004 diâmetro do milho, logo que, serve como uma estrutura de sustentação das folhas, além
1005 de ser um relevante fator fisiológico, pois são estruturas de armazenamento de sólidos
1006 solúveis que quando está na fase de reprodução é convertido para a produção de
1007 carboidratos nos grãos, com isso, plantas de maior espessura tende a ser mais vigorosa e
1008 produtivas (BRITO et al., 2014; VITAL; SANTOS; SANTOS, 2015).

1009

1010 *5.3 Filocrono das forrageiras*

1011

1012 Na Figura 6 estão expressos os valores da taxa da emissão dos cladódios e do
1013 filocrono da palma forrageira, clone OEM sob diferentes sistemas de produção. A
1014 equação linear entre o número total de cladódios (NTC) com os graus-dia acumulados
1015 (GDA), gerou um R^2 de 0,84, 0,84, 0,71 e 0,79 para os tratamentos palma exclusiva com
1016 cobertura e sem cobertura, palma consorciada com e sem cobertura (PECC, PESC, PMCC
1017 e PMSC, respectivamente), tal comportamento está relacionado à baixa variação da
1018 emissão dos cladódios durante o experimento.

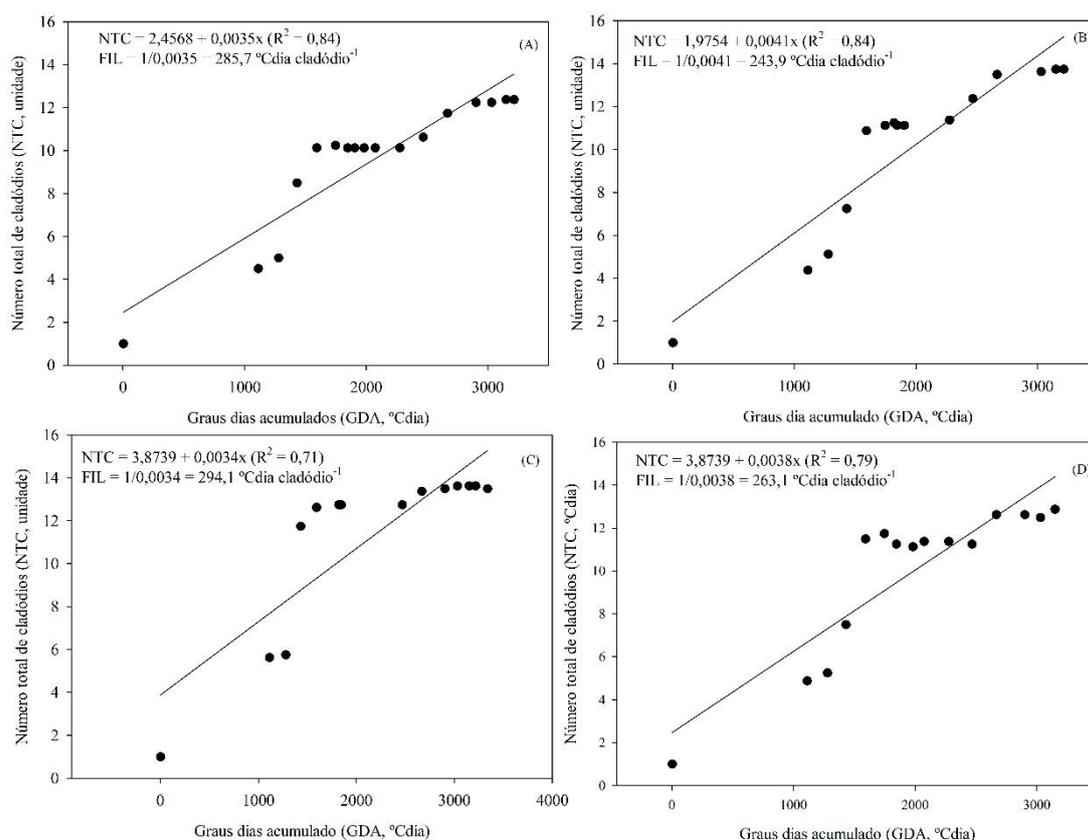


Figura 6. Taxa de aparecimento (cladódios °Cdia⁻¹) e filocrono (°Cdia cladódio⁻¹) de emissão de cladódios da palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana exclusiva com cobertura morta (A), exclusiva sem cobertura morta (B), consorciada com cobertura morta (C) e consorciada sem cobertura morta (D) em função dos graus-dia acumulado (GDA, °Cdia), para o primeiro ciclo produtivo da palma.

1019 A relação linear indicou que a taxa para emissão dos cladódios não sofreu grandes
 1020 variações ao longo do ciclo, apresentando uma taxa de emissão (TAC) de 0,0035, 0,0041,
 1021 0,0034 e 0,0038 cladódio °Cdia⁻¹, para PECC, PESC, PMCC e PMSC, respectivamente.
 1022 Através da função inversa da TAC, foi possível determinar o filocrono, sendo está uma
 1023 variável associada ao crescimento e desenvolvimento das culturas. No experimento pode-
 1024 se observar variações do filocrono quando foi adotado o sistema de consórcio e cobertura
 1025 morta, sendo que a PESC precisou de menor tempo para a emissão de uma nova unidade
 1026 de cladódio (243,9 °Cdia cladódio⁻¹), em seguida da PMSC, PECC e PMCC, sendo 263,1,
 1027 285,7 e 294,1 °Cdia cladódio⁻¹. Esses valores são superiores encontrados na literatura para
 1028 a cultura da palma forrageira em sistema exclusivo (167 °Cdia cladódio⁻¹) (SILVA et al.,
 1029 2015b) e consorciada com sorgo (105,26 °Cdia cladódio⁻¹) (ARAÚJO JUNIOR et al.,

1030 2017), isso porque a variação da temperatura do ar influencia na emissão do cladódio
1031 (SILVA et al., 2015b).

1032 Na Figura 7 estão expressos a taxa de emissão de folhas e o filocrono do milho
1033 submetido a diferentes sistemas de produção. A relação entre o número total de folhas
1034 com os graus-dia acumulados, gerou um R^2 de 0,82 para o milho exclusivo sem
1035 cobertura morta (MESC), já para o milho consorciado sem cobertura morta, milho
1036 exclusivo com cobertura e milho consorciado com cobertura (MPSC, MECC e MPCC,
1037 respectivamente), resultou um R^2 superior a 0,90. Para os tratamentos do experimento o
1038 milho apresentou uma taxa de emissão de folhas (TAF) de 0,0050, 0,0092, 0,0073 e
1039 0,0078 para MESC, MPSC, MECC e MPCC, respectivamente.

1040

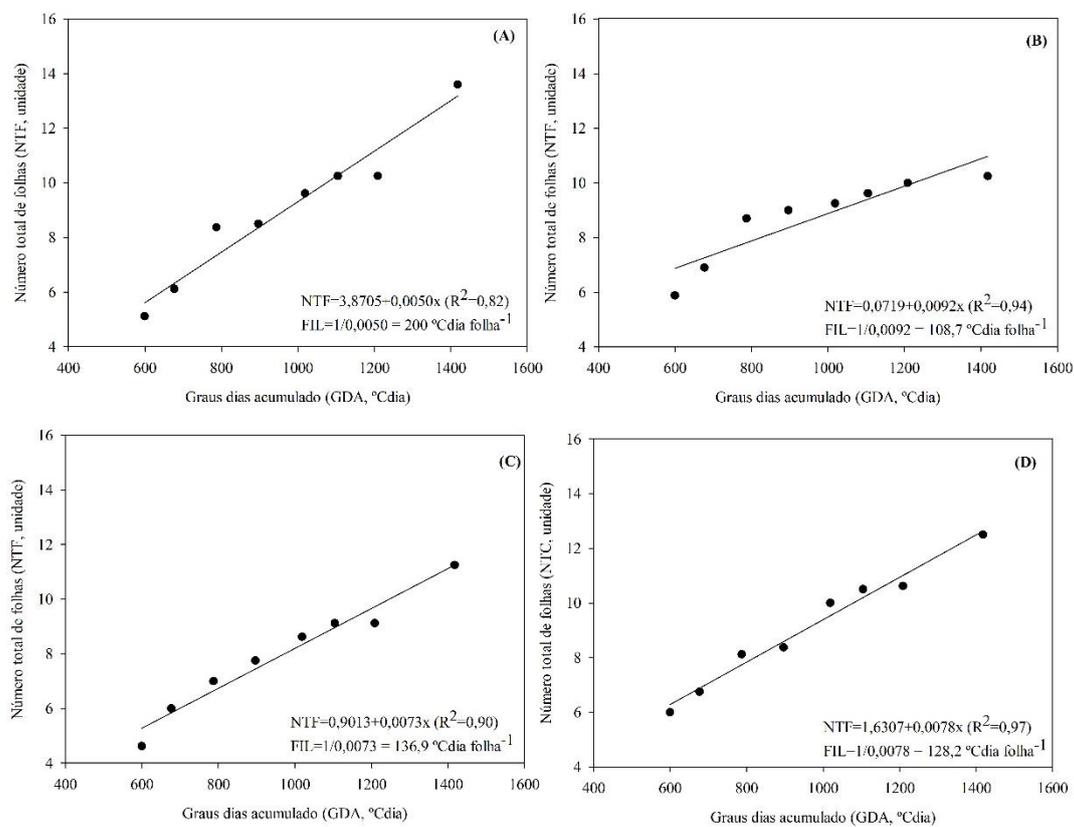


Figura 7. Taxa de aparecimento (folha °Cdia⁻¹) e filocrono (°Cdia folha⁻¹) de emissão de folhas do milho exclusivo com cobertura morta (A), consorciada com cobertura morta (B), consorciada sem cobertura morta (C) exclusivo sem cobertura morta (D) em função dos graus-dia acumulados (GDA, °Cdia), para o sétimo ciclo produtivo do milho.

1041

1042 Com o inverso da TAF pode-se obter o filocrono. Neste experimento foram
1043 encontrados 108,7, 128,2, 136,9 e 200,0 °Cdia folha⁻¹ para MPSC, MECC, MPCC e
1044 MPSC, respectivamente. É notório que quando o milho está em sistema consorciado e
1045 sem cobertura morta menor filocrono, ou seja, a planta precisou de menos graus-dia
1046 acumulados para emitir uma nova folha. Isso também foi observado por Mendonça et al.
1047 (2012) na cultura do morangueiro, que quando a cultivar Albion foi conduzida de forma
1048 exclusiva a planta precisou de mais 50 °Cdia em relação ao cultivo consorciado, para
1049 emissão de uma nova folha. Em nossos resultados, essa redução foi devida a competição
1050 com a palma forrageira, além da competição com as plantas de milho, pois esse ciclo
1051 foi desenvolvido com fileira dupla.

1052 De acordo com resultados de Martins et al. (2005) o filocrono do milho foi de
1053 155,7 e 184,6 °Cdia folha⁻¹ em pastejo e manejo com duas alturas de corte 20-30 e 40-
1054 50 cm, respectivamente. Foi inferior ao obtido nessa pesquisa quando o milho está em
1055 sistema exclusivo e sem cobertura (200 °Cdia folha⁻¹), isso ocorreu devido ao manejo
1056 adotado e o ciclo da cultura ser superior.

1057

1058 *5.4 Análise de componentes principais das forrageiras*

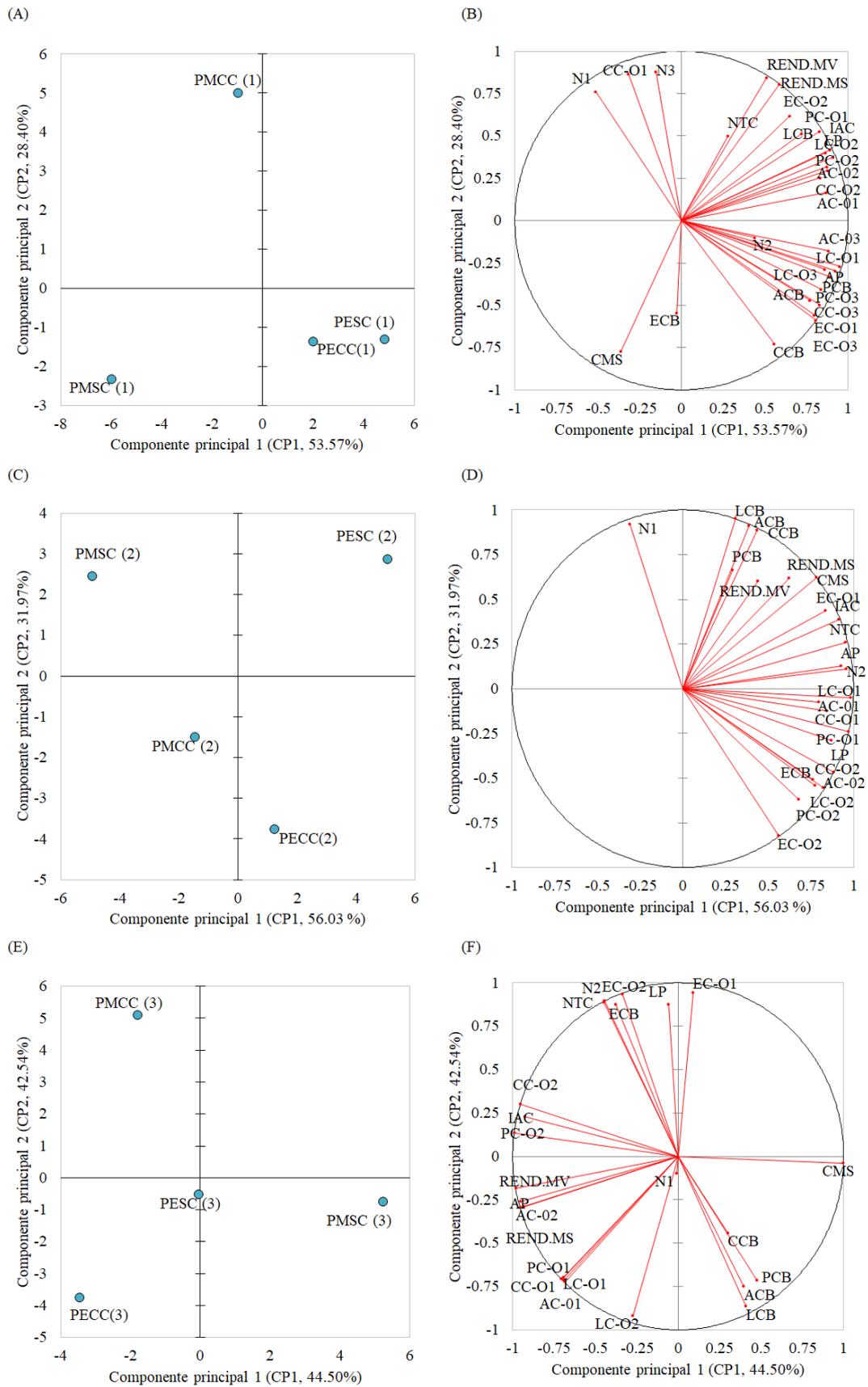
1059

1060 A análise de componentes principais (ACP) foi realizada para investigar como as
1061 variáveis biométricas influenciaram no rendimento da palma forrageira em diferentes
1062 sistemas de cultivo (Figura 8). Análises acima de 60% da variação total no primeiro e
1063 segundo componente principal, pode ser utilizado para identificar a associação entre as
1064 características estruturais com o rendimento (JARDIM et al., 2020), ou também pode ser
1065 explicado quando os autovalores das mesmas sejam acima de 1 (KAISER, 1960).
1066 Observamos que as variáveis que estão mais próximas da origem na horizontal são
1067 aquelas que apresentam menores pesos para as componentes principais 1 e 2 (CP1 e CP2,
1068 respectivamente) (Figura 8A e B) na análise, por exemplo, CCB, N2 e NTC. Com a PCA,
1069 foi possível identificar a separação de três grupos distintos (Figura 8A). A componente
1070 principal 1 foi responsável por explicar 53,57% da variação total dos dados. Inseridas na
1071 CP1 estão os sistemas PESC (palma exclusiva sem cobertura) e PECC (palma exclusiva
1072 com cobertura) (Figura 8A), juntamente com as variáveis de maior carga (ou seja, vetores
1073 com carga maiores que 0,8), em geral, a maioria das variáveis biométricas dos cladódios
1074 de terceira ordem (Figura 8B), o que não influencia muito sobre o rendimento, por
1075 apresentar uma menor área fotossintética (AMORIM et al., 2017). Com 28,40% da

1076 variância total, a componente principal 2 (CP2) explicou essa variação, sendo o sistema
1077 PMCC (palma milheto com cobertura) inserido nessa CP. As variáveis comprimento (CC-
1078 O1) e número de cladódios (N1) de primeira ordem, juntamente como o N3, apresentaram
1079 maiores cargas (0,86; 0,76; e 0,88, respectivamente).

1080

1081



1082

1083 **Figura 8.** Análise de componentes principais (ACP) das variáveis biométricas e de
 1084 rendimento dos três ciclos da palma forrageira em diferentes sistemas de cultivo. Os

1085 painéis A, C e E, são os plots dos scores da PCA nos ciclos um, dois e três,
1086 respectivamente. Nos painéis B, D e F, são os plots referentes as cargas (loading) dos
1087 ciclos um, dois e três, respectivamente. Os valores percentuais entre parênteses (eixos x
1088 e y) indicam a proporção da variância explicada para cada componente principal (CP1 e
1089 CP2).

1090

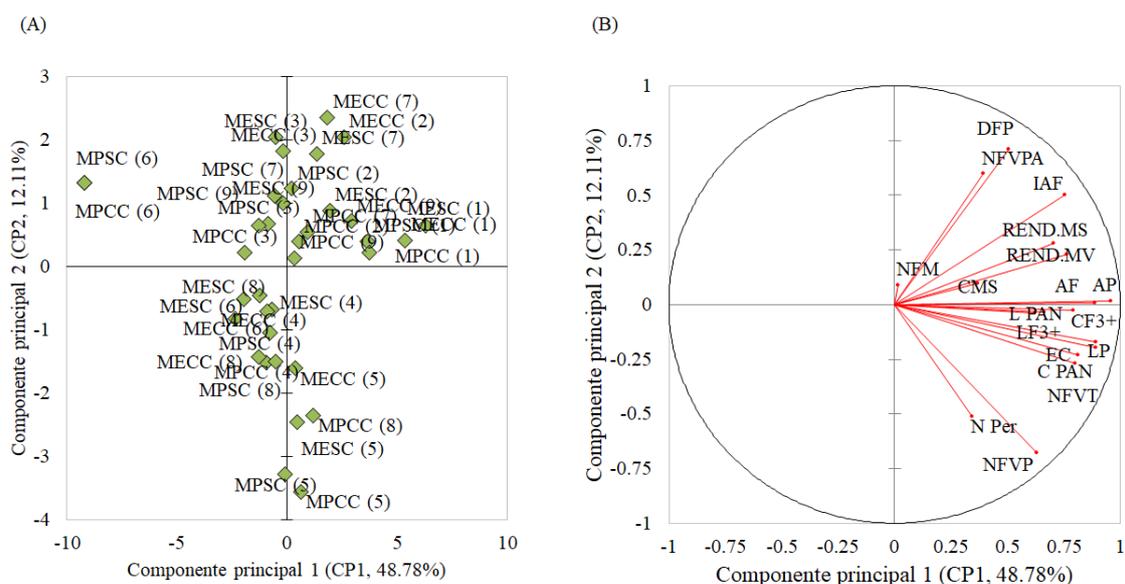
1091 O sistema PMSC (palma milheto sem cobertura) ficou inserido na CP3, apesar da
1092 mesma não ser apresentada nos biplots, a CP3 apresentou autovalor acima de 1,0,
1093 conforme estabelecido o critério de Kaiser (1960), para uso de variáveis explicativas,
1094 contudo, foram mínimas as variáveis agrupadas na mesma (por exemplo, ECB), tornando-
1095 se pouco explicativa o uso da CP3. Os rendimentos de forragem, e as demais variáveis,
1096 como comprimento, largura, perímetro, área de cladódio de segunda ordem (CC2, LC2,
1097 PC2 e AC2, respectivamente) e o IAC. Apesar de não estarem juntamente agrupados com
1098 algum sistema de cultivos, as mesmas estão inseridas na CP2, sendo o sistema PMCC
1099 inserido nessa componente havendo uma maior correlação com o rendimento de forragem
1100 para esse sistema, porém foi correlacionado negativamente com o conteúdo de matéria
1101 seca (CMS) (-0,77). Essa influência dos cladódios de segunda ordem é devido a
1102 características genéticas do clone Orelha de Elefante Mexicana, pois forma um dossel
1103 mais aberto, para proporcionar uma maior captação da radiação solar (QUEIROZ et al.,
1104 2015). Jardim et al. (2020) aplicando análise de componentes principais na cultura da
1105 palma forrageira em diferentes configurações, observaram que as características
1106 estruturais, comprimento, largura, perímetro e área do cladódio, são variáveis que
1107 determinam o acúmulo de biomassa.

1108 Durante o segundo ciclo da palma forrageira as variáveis biométricas e de
1109 rendimento de forragem ficaram com maior agrupamento para os sistemas PESC, PECC
1110 e PMSC (Figura 8C e D). A contribuição da variância total foi de 88,0%, sendo que a
1111 CP1 explicou 56,03% da variância dos dados, com cargas dos vetores $\geq 0,6$ para as
1112 variáveis da planta, para as variáveis de cladódios de primeira e segunda ordem, como
1113 também CMS e rendimento de matéria seca (REND.MS), devido os cladódios de primeira
1114 e segunda ordem serem responsáveis pela realização de processos bioquímicos e
1115 fisiológicos (SILVA et al., 2014). Os sistemas com maiores contribuições na CP1 foram
1116 PESC e PMSC. Na CP2, as variâncias dos dados foram explicadas com 31,97%. O
1117 sistema PECC ficou inserido nesta componente principal, com cargas mais expressivas
1118 em particular para as variáveis basais dos cladódios. Para o sistema PMCC, devido o

1119 mesmo está com maior peso na CP3, e não houve expressividade das variáveis nesta
1120 componente, a mesma não foi apresentada.

1121 A Figura 8E e F, está inserido a análise de componentes principais do terceiro
1122 ciclo da palma forrageira em seus sistemas de cultivo. Diante dos resultados, a CP1
1123 explicou 44,50% da variância dos dados apresentados, e a CP2 com 42,54%, totalizando
1124 uma contribuição da variação total de 87,04%. As variáveis inseridas na primeira
1125 componente apresentaram maiores contribuições com correlações negativas, com o
1126 sistema PMSC. Os sistemas com uso de cobertura morta foram mais expressivos na CP2
1127 (ou seja, PECC e PMCC), com variáveis de maior peso para os cladódios de primeira
1128 ordem e basais, respectivamente. A cobertura morta diminui o efeito da radiação direta
1129 sobre a superfície do solo favorecendo o armazenamento de água no solo, com isso
1130 contribui para um maior desenvolvimento de raízes e maior absorção de água pela planta,
1131 promovendo um melhor desenvolvimento desta, sendo os cladódios basais mais
1132 influenciados por ocorrer um microclima (AMORIM et al., 2017; LIMA et al., 2020).

1133 Com a avaliação da cultura do milho nos diferentes sistemas de cultivo,
1134 observamos uma dispersão dos scores dos resultados. Na Figura 9 são apresentadas as
1135 variáveis biométricas e de rendimento da cultura do milho em seus nove ciclos. A CP1
1136 e CP2 explicaram 48,78% e 12,11% da variância dos dados, respectivamente,
1137 contribuindo em uma variância total de 60,89% dos dados. Dentre as componentes
1138 principais avaliadas, os ciclos 1 e 6, foram mais expressivos na CP1, e os ciclos 5 e 8,
1139 para a CP2. Os demais ciclos apresentaram dispersões nas demais componentes com
1140 baixas contribuições.



1141
1142 **Figura 9.** Análise de componentes principais (ACP) das variáveis biométricas e de

1143 rendimento dos nove ciclos do milheto em diferentes sistemas de cultivo. Os painéis A, e
1144 B, são os plots dos scores da PCA e cargas (loading), respectivamente. Os valores
1145 percentuais entre parênteses (eixos x e y) indicam a proporção da variância explicada para
1146 cada componente principal (CP1 e CP2).

1147

1148 A maioria das variáveis estruturais de caráter biométricos e de rendimento
1149 (matéria fresca e seca) foram mais expressivas na CP1 (Figura 9A e B), e na CP2 foram
1150 NFVP e DFP. Logo o rendimento da cultura do milheto sofre influência das
1151 características estruturais, como altura e largura da planta, espessura do colmo,
1152 comprimento e largura da panícula, área foliar e índice da área foliar, devido uma maior
1153 interceptação da radiação solar e conseqüente realização das atividades bioquímicas e
1154 fisiológicas da planta. A variável NFM, apresentou baixa contribuição na análise, isso
1155 ocorre devido a mesma não apresentar variáveis correlacionadas e baixo peso na análise,
1156 e por ser um material que não apresenta fotossíntese expressiva, suas contribuições são
1157 menos expressivas.

1158

1159 **6. CONCLUSÃO**

1160

1161 As características estruturais da palma forrageira, dos cladódios e do milheto não
1162 foram influenciadas quando submetido ao consórcio e a cobertura morta. Entretanto a
1163 utilização desses sistemas de produção altera a taxa de emissão de folhas e o filocrono do
1164 milheto, quando submetidos a cobertura e o consórcio, maior é a taxa de emissão e menor
1165 o filocrono, mostrando que precisa de menos tempo para emissão de uma nova folha.

1166 O uso de análise de componentes principais na palma forrageira, mostrou que a
1167 adoção de cobertura morta apresenta um melhor agrupamento com as variáveis
1168 comprimento, largura, espessura e perímetro do cladódio, influenciando no rendimento
1169 da cultura. No milheto esse rendimento foi influenciado pelas variáveis biométricas,
1170 independentemente do sistema. As observações dessas análises permitem compreender
1171 uma melhor relação entre as características estruturais e do rendimento em plantas
1172 forrageiras. Pesquisas futuras são para inferir a performance das culturas em outros
1173 ambientes e configurações de cultivo.

1174

1175

1176 **REFERÊNCIAS**

1177

1178 ALLEN, R.G.; PEREIRA; L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration.
1179 Guidelines for computing crop water requirements. Rome: Irrigation and Drainage Paper
1180 56, FAO, 1998, 300p.

1181 ALMEIDA, G. G. L.; PAIVA, A. L. R.; OLIVEIRA, L. M. M.; LEONARDO, H. R. A.
1182 L. Análise de índices climáticos para avaliação do efeito de mudanças climáticas.
1183 **Revista Brasileira de Geografia e Física**, v. 13, n. 1, p. 001-017, 2020.

1184 ALMEIDA, M. C. R.; LEITE, M. L. M.; SÁ JÚNIOR, E. H.; CRUZ, M. G.; MOURA,
1185 G. A.; MOURA, E. A.; SÁ, G. A. S.; LUCENA, L. R. R. Crescimento vegetativo de
1186 cultivares de milho sob diferentes disponibilidades hídricas. **Magistra**, v.29, n. 2, p.
1187 161-171, 2018.

1188 ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P.; BRITO, S. S.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J.
1189 A.; MORAES, O. L.; CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian
1190 Semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, p. 1–15, 2019.

1191 ALVES, H. K. M. N.; JARDIM, A. M. R. F.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, T. G. F. The
1192 application of agrometeorological techniques contributes to the agricultural resilience of
1193 forage cactus: A review. **Amazonian Journal of Plant Research**, v. 2, n. 3, p. 207-220,
1194 2018.

1195 ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.;
1196 SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische**
1197 **Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2013.

1198 AMORIM, D. M.; SILVA, T. G. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, L. S. B.; MINUZZI, R.
1199 B. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems.
1200 **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017.

1201 ANGELOTTI, F.; FERNANDES JÚNIOR, P. I.; SÁ, I. B. Mudanças climáticas no
1202 semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação. **Revista Brasileira de**
1203 **Geografia e Física**, v. 6, p. 1097-1111, 2011.

1204 ARAGONA, M.; LAURIANO, E. R.; PERGOLIZZI, S.; FAGGIO, C. *Opuntia ficus-*
1205 *indica* (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition.
1206 **Natural Product Research**, v. 32, n. 17, p. 2037-2049, 2017.

- 1207 ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SILVA, M. J.; SALVADOR, K. R. S.; SOUZA, L. S. B.;
1208 SILVA T. G. F. Filocrono de emissão de cladódios da palma forrageira em sistemas de
1209 cultivo palma-sorgo. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**.
1210 Juazeiro:SBAGRO, 2017.
- 1211 ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; SOUZA, M. S.;
1212 ARAÚJO, G. G. L.; MOURA, M. G. L.; SANTOS, J. P. A. S.; JARDIM, A. M. R. F.;
1213 ALVES, C. P.; ALVES, H. K. M. N. Productivity, bromatological composition and
1214 economic benefits of using irrigation in the forage cactus under regulated deficit
1215 irrigation in a semiarid environmet. **Bragantia**, v. 80, e. 1221, p. 1-12, 2021.
- 1216 ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e
1217 possibilidades de usos sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica**, v. 5, n. 5, p. 89-98,
1218 2011.
- 1219 ASSIS, J. M. O.; SOUZA, W. M.; KOCH, H.; SOBRAL, M. C. M. Influência dos
1220 Oceanos Pacífico e a Antlântico tropicais sobre os índices climáticos da precipitação na
1221 bacia do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, p. 411-
1222 433, 2018.
- 1223 AUSIKU, A. P.; ANNANDALE, J. G.; STEYN, J. M.; SANEWE, A. J. Improving
1224 pearl millet (*Pennisetum glaucum*) productivity through adaptive management of water
1225 and nitrogen. **Water**, n. 12, p.1-26, 2020.
- 1226 BAIG, M. B.; SHAHID, S. A.; STRAQUADINE, G. S. Making rainfed agriculture
1227 sustainable through environmental friendly technologies in Pakistan: A review.
1228 **International Soil and Water Conservation Research**, v. 1, n. 2, p. 36-52, 2013.
- 1229 BASSOL, L. H.; TEIXEIRA, A. H. C.; BRAGA, M. B.; SIMÕES, W. L.; CALGARO,
1230 M.; PINTO, J. M. **Uso da água em agricultura irrigado no Semiárido brasileiro**.
1231 EMBRAPA, cap. 10, p. 355-372, 2010.
- 1232 BELLO, Z. A.; WALKER, S.; TESFUHUNEY, W. Water relations and productivity of
1233 two lines of pearl millet grown on lysimeter with two different soil types. **Agricultural**
1234 **Water Management**, v. 221, p. 528-537, 2019.
- 1235 BERNARD, J. K.; TAO, S. Lactating dairy cows fed diets based on corn silage plus
1236 either brown midrib forage sorghum or brown midrib pearl millet silage have similar
1237 performance. **Applied Animal Science**, v. 36, p. 2-7, 2020.

- 1238 BI, Y.; ZHOU, P.; LI, S.; WEI, Y.; XIONG, X.; SHI, Y.; LIU, N.; ZANG, Y.
1239 Interspecific interactions contribute to higher forage yield and are affected by
1240 phosphorus application in a fully-mixed perennial legume and grass intercropping
1241 system. **Field Crops Research**, v. 244, p. 1-15, 2019.
- 1242 BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; BEBÉ F. V.; SANTOS, L. G. Desenvolvimento
1243 inicial do milho submetido a doses de esterco bovino. **Revista Verde**, v. 9, n. 3, p. 244-
1244 250, 2014.
- 1245 BRUNETTE, T.; BAURHOO, B.; MUSTAFA, A. F. Replacing corn silage with
1246 different forage millet silage cultivars: Effects on milk yield, nutrient digestion, and
1247 ruminal fermentation of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 17, n. 10,
1248 2014.
- 1249 CARDADOR MARTÍNEZ, A.; JÍMENEZ MARTÍNEZ, C.; SANDOVAL, G.
1250 Revalorization of cactus pear (*Opuntia* spp.) wastes as a source of antioxidants. **Food**
1251 **Science and Technology**, v. 31, n. 3, p.782-788, 2011.
- 1252 CARDOSO, D. B.; CZARVALHO, F. F. R.; MEDEIROS, G. R.; GUIM, A.; CABRAL,
1253 A. M. D.; VÉRAS, R. M. L.; SANTOS, K. C.; DANTAS, L. C. N.; NASCIMENTO, A.
1254 G. O. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the
1255 diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, p. 23-31, 2019.
- 1256 CARVALHO, W. P.; CARVALHO, G. J.; ABBADE NETO, D. O.; TEIXEIRA, L. G.
1257 V. Desempenho agronômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no
1258 período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 157-166, 2013.
- 1259 CAVALCANTI, F. J. A. **Recomendações de adubação para o Estado de**
1260 **Pernambuco: segunda aproximação**. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco,
1261 IPA, 2008. 212p.
- 1262 CEPED – Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. Disponível em:
1263 <http://www.ceped.ufsc.br/>. Acesso: 25 de março 2020.
- 1264 CHI, B.; ZHANG, Y.; ZHANG, D.; ZANG, X.; DAI, J.; DONG, H. Wide-strip
1265 intercropping of cotton and peanut combined with strip rotation increases crop
1266 productivity and economic returns. **Field Crops Research**, v. 243, p. 1-11, 2019.

- 1267 COSTA, J. P. N.; CAVALCANTE JÚNIOR, E. G.; MEDEIROS, J. F.; GUEDES, R. A.
1268 F. Evapotranspiração e rendimento do milho a diferentes lâminas e salinidade da água
1269 de irrigação. **Irriga**, v. 1, p. 74-80, 2015.
- 1270 CUNHA, D. N. F. V.; GOMES, E. S.; MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.;
1271 SILVA, R. C.; FERREIRA, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma
1272 forrageira sob diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira Saúde Produção**
1273 **Animal**, v. 13, n. 4, p. 1156-1165, 2012.
- 1274 DIAS-MARTINS, A. M.; PESSANHA, K. L.; PACHECO, S.; RODRIGUES, J. A. S.;
1275 CARVALHO, C. W. P. Potential use of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.)
1276 in Brazil: Food security, processing, health benefits and nutritional products. **Food**
1277 **Research International**, v. 109, p. 175-186, 2018.
- 1278 DIEL, M. I.; PINHEIRO, M. V. M.; COCCO, C.; FONTANA, D. C.; CARON, B. O.;
1279 PALA, G. M.; PRETTO, M. M.; THIESEN, L. A.; SCHMIDT, D. Phyllochron and
1280 phenology of strawberry cultivars from different origins cultivated in organic substracts.
1281 **Scientia Horticulturae**, v. 220, p. 226-232, 2017.
- 1282 DINIZ, W. J. S.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; SANTOS, D. C.; MOURA, M.
1283 S. B.; ARAÚJO, G. G. L.; ZOLNIER, S. Forage cactus-sorghum intercropping at
1284 different irrigation water depths in the Brazilian Semiarid Region. **Revista Pesquisa**
1285 **Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 724-733, 2017.
- 1286 DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.;
1287 FARIAS, I.; LIMA, L. E.; FERREIRA, R. L. C. Productivity of *Opuntia ficus-indica*
1288 (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north-east
1289 Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 67, p. 357-372, 2006.
- 1290 DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M.
1291 A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Potential of cactus pear in South America.
1292 **Cactusnet Newsletter**, v. 13, p. 29-40, 2013.
- 1293 DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V.;
1294 FERREIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; LIRA, M. A.; SILVA, M. C. Forage potencial of
1295 cacti on drylands. **Acta Horticulturae**, v. 1067, p. 181-186, 2015.
- 1296 DUTRA, A. F.; MELO, A. S.; DUTRA, W. F.; SILVA, F. G.; OLIVEIRA, I. M.;
1297 SUASSUNA, J. F.; VÉRAS NETO, J. G. Agronomic performance and profitability of

- 1298 castor bean (*Ricinus communis* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping in
1299 the Brazilian semiarid region. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 2, p. 120-
1300 126, 2015.
- 1301 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. Sistema Brasileiro
1302 de Classificação de Solos. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 3 ed,
1303 353p.
- 1304 EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Disponível em:
1305 <https://www.embrapa.br>. Acessado em 10 de Fevereiro 2020.
- 1306 FALCÃO, H. M.; OLIVEIRA, M. T.; MERGULHÃO, A. C.; SILVA, M. V.; SANTOS,
1307 M. G. Ecophysiological performance of three *Opuntia ficus-indica* cultivars exposed to
1308 carmine cochineal under field conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 419–424,
1309 2013.
- 1310 FELIX, A. S.; NASCIMENTO, J. W. B.; MELO, D. F.; FURTADO, D. A.; SANTOS,
1311 A. M. Análise exploratória dos impactos das mudanças climáticas na produção vegetal
1312 no Brasil. **Revista em Agronegócio de Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 397-400, 2020.
- 1313 FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; AZEVEDO, M. Estratégias na
1314 suplementação de vacas leiteiras no semi-árido do Brasil. **Revista Brasileira de**
1315 **Zootecnia**, v. 38, p. 322–329, 2009.
- 1316 Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. **Tracking adaptation**
1317 **in agricultural sectors: Climate change adaptation indicators**. Rome, 2017.
1318 Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i8145e.pdf>>. Acesso: 25 de março 2020.
- 1319 FU, X.; WANG, J.; SAINJU, U. M.; ZHAO, F.; LIU, W. Soil microbial community and
1320 carbon and nitrogen fractions responses to mulching under winter wheat. **Applied Soil**
1321 **Ecology**, v. 139, p. 64-68, 2019.
- 1322 GAO, H.; YAN, C.; LIU, Q.; LI, Z.; YANG, X.; QI, R. Exploring optimal soil mulching
1323 to enhance yield and water use efficiency in maize cropping in China: A meta-analysis.
1324 **Agricultural Water Management**, v. 225, p. 1-12, 2019.
- 1325 GONG, X.; DANG, K.; LV, S.; ZHAO, G.; TIAN, L.; LUO, Y.; FENG, B. Interspecific
1326 root interactions and water-use efficiency of intercropped proso millet and mung bean.
1327 **European Journal of Agronomy**, v. 115, p. 1-12, 2020.

- 1328 GUSHA, J.; HALIMANI, T. E.; KATSANDE, S.; ZVINOROVA, P. I. The effect of
1329 *Opuntia ficus indica* and forage legumes based diets on goat productivity in smallholder
1330 sector in Zimbabwe. **Small Ruminant Research**, v. 125, p. 21–25, 2015.
- 1331 HAVILAH, E. J. Forages and pastures: annual forage and pasture crops - species and
1332 varieties, in: **Reference Module in Food Science**. p. 552–562, 2017.
- 1333 HONG, Y.; BERENTSEN, P.; HEERINK, N.; SHI, M.; WERF, W. V. The future of
1334 intercropping under growing resource scarcity and declining grain prices - A model
1335 analysis based on a case study in Northwest China. **Agricultural Systems**, v. 176, p. 1-
1336 13, 2019.
- 1337 HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. Análise de
1338 componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and**
1339 **Scienc**e, v. 1, n. 5, p. 83-90, 2015.
- 1340 HU, Y.; MA, P.; DUAN, C.; WU, S.; FENG, H.; ZOU, Y. Black plastic film combined
1341 with straw mulching delays senescence and increases summer maize yield in northwest
1342 China. **Agricultural Water Management**, v. 231, p. 1-12, 2020.
- 1343 HUANG, F.; LIU, Z.; MOU, H.; LI, J.; ZHANG, P.; JIA, Z. Impact of farmland
1344 mulching practices on the soil bacterial community structure in the semiarid area of the
1345 loess plateau in China. **European Journal of Soil Biology**, v. 92, p. 8-15, 2019.
- 1346 HUSSAIN, J.; KHALIQ, T.; AHMAD, A.; AKHTER, J.; ASSENG, S. Wheat responses
1347 to climate change and its adaptations: a focus on arid and semi-arid environment.
1348 **International Journal of Environment Research**, v. 12, n. 1, p. 117-126, 2018.
- 1349 IBRAHIM, M.; ANJUM, A. K.; ALI, W.; AKBAR, H. Mulching techniques: An
1350 approach for offsetting soil moisture deficit and enhancing manure mineralization
1351 during maize cultivation. **Soil & Tillage Research**, v. 200, p. 1-9, 2020.
- 1352 INSA. **Estabelecimentos agropecuários do semiárido brasileiro**. Instituto Nacional
1353 do Semiárido. Disponível em:< [https://portal.insa.gov.br/images/acervo-](https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/Tabela%20completa-final%2008.pdf)
1354 [livros/Tabela%20completa-final%2008.pdf](https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/Tabela%20completa-final%2008.pdf)>. Acesso em: 26 de março 2020.
- 1355 IPCC - **Intergovernmental Panel On Climate Change**. AR 4. Climate Change:
1356 impacts, adaptation and vulnerability. Working Group II to the Fourth Assessment
1357 Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007.

1358 JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; SOUZA, M. S. Interaction
1359 of agroecosystem intercropped with forage cactus-sorghum in the semi-arid environmet:
1360 a review. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 5, n. 1, p. 069-087,
1361 2020.

1362 JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; SOUZA, M. S.; MORAIS,
1363 J. E. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N. Multivariate analysis in the morpho-yield evaluation
1364 of forage cactus intercropped with sorghum. **Revista Brasileira de Engenharia**
1365 **Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 11, p. 756-761, 2020.

1366 JARDIM, A. M. R. F. SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; ARAUJO JUNIOR, G. N.;
1367 ALVES, H. K. M. N.; SOUZA, M. S.; ARAUJO, G. G. L. Intercropping forage cactus
1368 and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive
1369 ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188,
1370 2021. DOI:p.https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464.

1371 JUKANTI, A. K.; LAXMIPATHI GOWDA, C. L.; RAI, K. N., MANGA, V. K.;
1372 BHATT, R. K. Crops that feed the world 11. Pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.): an
1373 important source of food security, nutrition and health in the arid and semi-arid tropics.
1374 **Food Security**, v. 8, p. 307-329, 2016.

1375 KADER, M. A.; NAKAMURA, K.; SENGE, M.; MOJID, M. A.; KAWASHIMA, S.
1376 Soil hydro-thermal regimes and water use efficiency of rain-fed soybean (*Glycine max*)
1377 as affected by organic mulches. **Agricultural Water Management**, v. 223, p. 1-11,
1378 2019.

1379 KAISER, H. F.; The Application of Eletronic Computers to Factor Analysis. *Educ*
1380 *Psychol. Means*. 20, 141-151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>

1381 KANKARLA, V.; SHUKLA, M. K.; LEEUWEN, D. V.; SCHUTTE, B. J.;
1382 PICCHIONI, G. A. Growt, evapotranspiration, and ion uptake characteristics of alfafa
1383 and triticale irrigated with brackish groundwater and desalination concentrate.
1384 **Agronomy**, v. 9, p. 1-17, 2019.

1385 LEITE, M. L. M. V.; LUCENA, L. R. R.; CRUZ, M. G.; SÁ JÚNIOR, E. H.; SIMÕES,
1386 V. J. L. P. Leaf area estimate of *Pennisetum glaucum* by linear dimensions. **Acta**
1387 **Scientiarum**, v. 41, p. 1-7, 2019.

- 1388 LI, Y.; MA, L.; WU, P.; ZHAO, X.; CHEN, X.; GAO, X. Yield, yield attributes and
1389 photosynthetic physiological characteristics of dryland wheat (*Triticum aestivum*
1390 L.)/maize (*Zea mays* L.) strip intercropping. **Field Crops Research**, v. 248, p. 1-12,
1391 2019.
- 1392 LIMA, L. R.; SILVA, T. G. F.; PEREIRA, P. C.; MORAIS, J. E. F.; ASSIS, M. C. S.
1393 Productive-economic benefit of forage cactus-shorghum intercropping systems irrigated
1394 with saline water. **Revista Caatinga**, v, 31 n. 1, p. 191-201, 2018.
- 1395 LIMA, C. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; LIMA, J. L. M. P.; ALMEIDA, T. A. B.;
1396 SANTOS, J. C. N. Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas do
1397 solo em regiões semiáridas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 3, p. 531-
1398 542, 2020.
- 1399 LINS, S. E. B.; PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; CAMPOS, J. M. S.; SILVA, J.
1400 A. B. A.; SILVA, J. L.; SANTOS, S. A.; MELO, T. T. B. Spineless cactos as a
1401 replacement for wheat bran in sugar cane-based diets for sheep: intake, digestibility, and
1402 ruminal parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 1, p. 26-31, 2016.
- 1403 LIRA, J. B.; ANDRADE, A. P.; MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, F. S.; ARAÚJO,
1404 G. G. L.; DEON, D. S.; GOIS, G. C.; REGITANO NETO, A.; CUNHA, D. S.;
1405 TABOSA, J. N.; SILVA, T. G. F.; NAGAHAMA, H. J. Production of pearl millet
1406 irrigated with diferente levels of brackish water and organic matter. **Communications**
1407 **in Soil Science and Plant Analysis**, v. 51, p. 1-9, 2020.
- 1408 LV, W.; QIU, Y.; XIE, Z.; WANG, X.; WANG, Y.; HUA, C. Gravel mulching effects
1409 on soil physicochemical properties and microbial community composition in the Loess
1410 Plateau, northwestern China. **European Journal of Soil Biology**, v. 94, p. 1-8, 2019.
- 1411 MAHOUACHI, M.; ATTI, T.; HAJJI, H. Use of spineless cactus (*Opuntia ficus indica*
1412 F. Inermis) for dairy goats and growing kids: impacts on milk production, kid's growt,
1413 and meat quality. **The Scientific World Journal**, p. 1-4, 2012.
- 1414 MARCANTE, N. C.; CAMACHO, M. A.; PAREDES, F. P. J. Teores de nutrientes no
1415 milheto como cobertura de solo. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 196-204, 2011.
- 1416 MARQUES, O. L. C.; GOMES, L. S. P. MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; PIRES
1417 NETO, O. S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno**
1418 **Ciência Agrária**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

- 1419 MARRA, F.; MORIN, E. Autocorrelation structure of convective rainfall in
1420 semiarid climate derived from high-resolution XBand radar estimates. **Atmospheric**
1421 **Research**, v. 194, p. 1-51, 2018.
- 1422 MARTINS, C. E. N.; QUADROS, F. L. F.; BANDINELLI, D. G.; SIMÕES, L. F. C.;
1423 KLOSS, M. G.; ROCHA, M. G. Variáveis morfogênicas de milho (*Pennisetum*
1424 *americanum*) mantido em duas alturas de pastejo. **Revista Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p.
1425 174-180, 2005.
- 1426 MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R. A seca de 2012-2015 no Nordeste e seus
1427 impactos. **Parc. Estrat.**, v. 20, n. 40, p. 107-128, 2015.
- 1428 MASTERS, D. G.; BENES, S. E.; NORMAN, H. C. Biosaline agriculture for forage
1429 and livestock production. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 119, p. 234-
1430 248, 2007.
- 1431 MBARKI, S.; CERDÁ, A.; ZIVCAK, M.; BRESTIC, M.; RABHI, M.; MEZNI, M.;
1432 JEDIDI, N.; ABDELLY, C.; PASCUAL, J. A. Alfalfa crops amended with MSW
1433 compost can compensate the effect of salty water irrigation depending on the soil
1434 texture. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 111, n. 9, p. 1-30, 2017.
- 1435 MBAVA, N.; MUTEMA, M.; ZENGENI, R.; SHIMELIS, H.; CHAPLOT, V. Factors
1436 affecting crop water use efficiency: A worldwide meta-analysis. **Agricultural Water**
1437 **Management**, v. 228, p. 1-11, 2020.
- 1438 MEDEIROS, S. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ MARIN, A. M. TINÔCO, L. B.
1439 M. HERNAN SALCEDO, I.; PINTO, T. F. Sinopse do censo demográfico para o
1440 semiárido brasileiro. Instituto Nacional do Semiárido (INSA), 2012.
- 1441 MENDONÇA, H. F. C.; CAVALCANTE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C.;
1442 ZERBIELLI, L.; BONAFÉ, M. Estimativa do filocrono do morangueiro em sistemas
1443 consorciado e solteiro em ambientes protegidos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.
1444 34, n. 1, p. 015-023, 2012.
- 1445 MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2017. Disponível em:
1446 <http://www.integracao.gov.br/semiario-brasileiro>. Acessado em 20 de janeiro de 2020.

1447 MOHAMED, A. Z.; PETERS R. T.; ZHU, X.; SARWAR, A. Adjusting irrigation
1448 uniformity coefficients for unimportant variability on a small scale. **Agricultural**
1449 **Water Management**, v. 213, p, 1078-1083, 2019.

1450 MORAES, G. S. O.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; TABOSA, J. N.; CHAGAS, J. C.
1451 C.; ALMEIDA, M. P. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage:
1452 how do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid
1453 regions?. **Livestock Science**, v. 221, p. 33-138, 2019.

1454 NASCIMENTO, S. M.; AGUIAR, E. M.; LIMA, G. F. C.; NOVAES, L. P., COSTA, P.
1455 R. Aspectos gerais da palma forrageira e alternativas de manejo: uma associação do
1456 hidrogel agrícola e adubação foliar. **Revista Eletrônica Nutri Time**, v. 17, n. 2, p.
1457 8681-8698, 2020.

1458 NAVARRO, M. J.; GEA, F. J.; PARDO-GIMÉNEZ, A.; MARTÍNEZ, A.; RAZ, D.;
1459 LEVANON, D.; DANAY, O. Agronomical valuation of a drip irrigation system in a
1460 commercial mushroom farm. **Scientia Horticulturae**, v.265, p. 1-4, 2020.

1461 NEDER, D. G.; COSTA, F. R.; EDVAN, R. L.; SOUTO FILHO, L. T. Correlations and
1462 path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions. **Crop**
1463 **Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 203-207, 2013.

1464 NELSON, W. C. D.; HOFFMANN, M. P.; VADEZ, V.; ROETTER, R. P.;
1465 WHITBREAD, A. M. Testing pearl millet and cowpea intercropping systems under
1466 high temperatures. **Field Crops Research**, v. 217, p. 150-166, 2018.

1467 NIU, L.; YAN, Y.; HOU, P.; BAI, W.; ZHAO, R.; WANG, Y.; LI, S.; DU, T.; ZHAO,
1468 M.; SONG, J.; ZHOU, W. Influence of plastic film mulching and planting density on
1469 yield, leaf anatomy, and root characteristics of maize on the Loess Plateau. **The Crop**
1470 **Journal**, p. 1-17, 2020.

1471 NYS E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. **Secas no Brasil: política e gestão**
1472 **proativas**. Brasília, DF: Centro de Ciências de Estudos Estratégicos – CGEE, 292 p.
1473 2016.

1474 PAULA, G. M.; STRECK, N. A. Temperatura base para emissão de folhas e nós,
1475 filocrono e plastocrono das plantas daninhas papuã e corriola. **Ciência Rural**, v. 39, n.
1476 9, p. 2457-2463, 2008.

- 1477 PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. T.;
1478 SANTOS, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista**
1479 **Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324,
1480 2015.
- 1481 PEREIRA FILHO, I. A.; PEREIRA, A. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.;
1482 KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. Manejo da cultura
1483 do milho: Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, p. 17, 2003.
- 1484 PEREIRA, L. H.; NASCIMENTO, P. S. S. Avaliação das normais climatológicas em
1485 municípios do Nordeste brasileiro no período de 1961 a 2010. **Brazilian Journal of**
1486 **Development**, v. 6, n. 1, p. 13-27, 2020.
- 1487 PEREIRA, P. C.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MORAIS, J. E. F.; SANTOS, D. C.
1488 Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, v. 28, n.
1489 3, p. 184-195, 2015.
- 1490 PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.;
1491 MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do
1492 cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. Pesquisa
1493 Agropecuária Brasileira, v. 49, p. 939–947, 2014.
- 1494 PINHO, R. M. A.; SANTOS, E. M.; RODRIGUES, J. A. S.; MACEDO, C. H. O.;
1495 CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. F.; BEZERRA, H. F. C.; PERAZZO, A. F. Avaliação
1496 de genótipos de milho para silagem no semiárido. **Revista Brasileira de Saúde**
1497 **Produção Animal**, v. 14, n. 3, p. 426-436, 2013.
- 1498 PIRI, H.; NASERIN, A. Effect of different levels of water, applied nitrogen and
1499 irrigation methods on yield, yield components and IWUE of onion. **Scientia**
1500 **Horticulturae**, v. 268, p. 1-11, 2020.
- 1501 PRIESNITZ, R.; COSTA, A. C. T.; JANDREY, P. E.; FRÉZ, J. R. S.; DUARTE
1502 JÚNIOR, J. B.; OLIVEIRA, P. S. R. Espaçamento entre linhas na produtividade de
1503 biomassa e de grãos em genótipos de milho pérola. **Semina: Ciências Agrárias**, v.
1504 32, n. 2, p. 485-494, 2011.
- 1505 QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. F. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.;
1506 ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em

- 1507 diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**
1508 **Ambiental**, v. 19, p. 931-38, 2015.
- 1509 QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; JARDIM, A. M. R. F.; SOUZA, C.
1510 A. A.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; MORAIS, J. E. F.; SOUZA, L. S. B. Spatial and
1511 temporal dynamics of soil moisture for surfaces with a change in land use in the
1512 semiarid region of Brazil. **Catena**, v. 188, p. 1-15, 2020b.
- 1513 QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; SOUZA, C. A.
1514 A.; CARVALHO, H. F. S. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada
1515 em ambiente Semiárido. **Revista Irriga**, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.
- 1516 QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SOUZA, C. A. A.; SOUZA, L. S.
1517 B.; NETO, S.; ARAÚJO, G. G. L.; FERREIRA, W. P. M. Seasonal patterns of
1518 deposition litterfall in a seasonal dry tropical forest. **Agricultural and Forest**
1519 **Meteorology**, v. 279, p. 1-16, 2019.
- 1520 QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SOUZA, C. A. A.; SOUZA, L. S.
1521 B.; ARAÚJO, G. N.; JARDIM, A. M. R. F.; MOURA, M. S. B. Partitioning of rainfall
1522 in a seasonal dry tropical forest. **Ecohydrology & Hydrobiology**, v. 4, p. 1-13, 2020a.
- 1523 RAHAMA, A. E.; WARRINGTON, D. N.; LEI, T. Efficiency of wheat straw mulching
1524 in reducing soil and water losses from three typical soils of the Loess Plateau, China.
1525 **International Soil and Water Conservation Research**, v. 7, p. 335-345, 2019.
- 1526 ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C. A. T. Características produtivas e
1527 estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte.
1528 **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 255, p. 363-371, 2017.
- 1529 SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.;
1530 COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. **Manejo e utilização da palma**
1531 **forrageira (*Opuntia e Nopaela*) em Pernambuco**. Recife: IPA, 2006, 48p.
- 1532 SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; DUBEU JUNIOR, J. C. B.; GUIM, A.; MELLO, A.
1533 C. L.; CUNHA, M. V. Potential of caatinga forage plants in ruminant feeding. **Revista**
1534 **Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 204-215, 2010.

- 1535 SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos**. In:
1536 MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico
1537 na produção agrícola. 1.ed. Brasília: Inmet, 2009. 546p.
- 1538 SHAHZAD, K.; BARY, A. I.; COLLINS, D. P.; CHALKER-SCOTT, L.; ABID, M.;
1539 SINTIM, H. Y.; FLURY, M. Carbon dioxide and oxygen exchange at the soil-
1540 atmosphere boundary as affected by various mulch materials. **Soil & Tillage Research**,
1541 v. 194, p. 1-10, 2019.
- 1542 SHANABLEH, R.; QAOUD, H. A.; MYZIED, N.; SHTAYA, M. J. Forage yield of
1543 pearl millet (*Pennisetum glaucum*) under different water quality and accessions. **Indian**
1544 **Journal of Agricultural Research**, v. 50, n. 3, p. 264-267, 2016.
- 1545 SILVA, A. G.; FARIAS JÚNIOR, O. L.; FRANÇA, A. F. S.; MIYAGI, E. S.; RIOS, L.
1546 C.; MORAES FILHO, C. G.; FERREIRA, J. L. Rendimento forrageiro e composição
1547 bromatológica de milheto sob adubação nitrogenada. **Ciência Animal Brasileria**, v. 13,
1548 n. 1, p. 67-75, 2012.
- 1549 SILVA, G. I. N.; CHAGAS, R. M. M.; LEITE, R. M. C.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.;
1550 SILVA, T. G. F. Temperatura da superfície do solo cultivado com palma forrageira sob
1551 distintos manejos. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**.
1552 Juazeiro:SBAGRO, 2017.
- 1553 SILVA, G. S.; OLIVEIRA, R. A.; QUEIROZ, N. L.; SILVA, M. N. B.; SOUSA, M. F.;
1554 SILVA, S. A. Desempenho agrônômico de algodão orgânico e oleaginosas consorciados
1555 com palma forrageira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17,
1556 n. 9, p. 975-981, 2013.
- 1557 SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. V.; RANGEL, J. H.
1558 A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em
1559 diferentes densidades de plantio. **Revista Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2064-2071,
1560 2014.
- 1561 SILVA, P. C. G.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B.; TIRIRTAN, C. S. Fitomassa e
1562 relação C/N em consórcios de sorgo e milho com espécies de cobertura. **Pesquisa**
1563 **Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1504-1512, 2009.

- 1564 SILVA, S. C.; SBRISSIA, A. F. Análise de componentes principais entre características
1565 morfológicas e estruturais em capim-marandu sob lotação contínua. **Ciência Rural**, v.
1566 40, n. 3, p. 690-693, 2010.
- 1567 SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.;
1568 SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma
1569 forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v.
1570 28, n. 2, p. 10-18, 2015a.
- 1571 SILVA, T. G. F.; QUEIROZ, M. G.; MORAIS, J. E. F.; BARBOSA, M. L.; LIMA, L.
1572 R.; PEREIRA, P. C. Exigência térmica e filocrono da emissão de cladódios da cactácea
1573 forrageira mais cultivada no mundo. **Anais do XIX Congresso Brasileiro de**
1574 **Agrometeorologia**. Lavras – MG, 2015b.
- 1575 SILVA, T. G. F.; MIRANDA, K. R.; SANTOS, D. C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, M.
1576 C.; CRUZ NETO, J. F.; ARAÚJO, J. E. M. Área do cladódio de clones de palma
1577 forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. *Revista Brasileira Ciências Agrárias*,
1578 v. 9, p. 633–641, 2014.
- 1579 SILVEIRA, M. C. T.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P.
1580 B.; MONTAGNER, D. B.; SBRISSIA, A. F.; RODRIGUES, C. S.; SOUSA, B. M. L.;
1581 PENA, K. S.; VIELA, H. H. Morphogenetic and structural comparative characterization
1582 of tropical forage grass cultivars under free growth. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p.
1583 136-142, 2010.
- 1584 SOUZA, C.; BARRETO, H. F.; GURGEL, V., COSTA, F. Disponibilidade e valor
1585 nutritivo da vegetação de caatinga no semiárido norte riograndense do Brasil. **Holos**, v.
1586 3, p. 196-204, 2013a.
- 1587 SOUZA, D. D.; PACHECO, C. S. G. R. Espécies nativas para a alimentação de
1588 ruminantes em Ouricuri – PE e seus impactos ambientais. **Agropecuária Científica no**
1589 **Semiárido**, v. 15, n. 1, p. 71-77, 2019.
- 1590 SOUZA, L.V. S.; AZEVEDO, D. O.; CARVALHO, A. J. A.; SIMÕES, W. L.;
1591 VOLTOLINI, T. V. Qualidade nutricional de plantas forrageiras de ocorrência natural
1592 na caatinga. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 16, p. 178-185, 2013b.

1593 SOUZA, M. S.; SILVA, G. I. N.; SILVA, M. J.; JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, T. G.
1594 F. Potencial produtivo de milho irrigado submetido a presença e ausência de cobertura
1595 morta no Semiárido Pernambucano. **Anais do III SINPROVS**. Campina Grande, 2018.

1596 SOUZA, M. S. **Desempenho agrônômico do consórcio palma-milheto com**
1597 **cobertura morta em ambiente semiárido**. Dissertação (Mestrado em Produção
1598 Vegetal)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra
1599 Talhada. Serra Talhada – PE, p. 92, 2019.

1600 SOUZA, M. S.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; JARDIM, A. M. R. F.; ARAÚJO
1601 JÚNIOR, G. N.; ALVES, H. K. M. N. Practices for the improvement of the agricultural
1602 resilience of the forage production in semiarid environment: a review. **Amazonian**
1603 **Journal of Plant Research**, v. 3, n. 4, p. 417-430, 2019.

1604 SOUZA, M. S.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; ALVES, H. K. M. N.; LEITE, R.
1605 M. C.; SOUZA, C. A. A.; ARAÚJO, G. G. L.; CAMPOS, F. S.; SILVA, M. J.;
1606 SOUZA, P. J. O. P. Growth, phenology and harvesting time of cactus-millet
1607 intercropping system under biotic mulching. **Archives of Agronomy and Soil Science**.
1608 <http://doi.org/10.1080/03650340.2020.1852553>.

1609 SUN, T.; ZIZHONG, L.; QI, W.; TINGTING, S.; DU, M. Effects of alfalfa
1610 intercropping on crop yield, water use efficiency, and overall economic benefit in the
1611 Corn Belt of Northeast China. **Field Crop Research**, v. 216, p. 109-119, 2018.

1612 SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE – SUDENE,
1613 2017. Disponível em: <http://sudene.gov.br>. Acessado em 20 de Janeiro de 2020.

1614 TABOSA, J. N.; NASCIMENTO, M. M. A.; REIS, O. V.; BRITO, A. R. M. B.;
1615 TAVARES FILHO, J. J.; FERRAZ, I. Produção de biomassa e eficiência de uso de
1616 água de cultivares e sorgo no Semi-Árido de Pernambuco em dois estádios de colheita.
1617 **Anais do XXVIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Goiânia, p. 2233-2239,
1618 2010.

1619 TAVARES, V. C; ARRUDA, I. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças
1620 climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Revista**
1621 **GEOSUL**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.

- 1622 TEIXEIRA, A. L.; GONÇALVES, F. M. A.; REZENDE, J. C.; ROCHA, R. B.;
- 1623 PEREIRA A. A. Análise de componentes principais em caracteres morfológicos de café
- 1624 arábica em estágio juvenil. **Coffe Science**, v. 8, n. 2, p. 205-210, 2013.
- 1625 TENORIO, F. M.; SPECHT, J. E.; ARKEBAUER, T. J.; ESKRIDGE, K. M.; GRAEF,
- 1626 G. L.; GRASSINI, P. Co-ordination between primordium formation and leaf appearance
- 1627 in soybean (*Glycine max*) as influenced by temperature. **Field Crops Research**, v. 210,
- 1628 p. 197-206, 2017.
- 1629 THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate.
- 1630 **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.
- 1631 TORRES, R. R.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; BEN, L. H. B.; MEZZOMO, W.;
- 1632 KIRCHNER, J. H.; ROSSO, R. B.; PIMENTA, B.D.; PEREIRA, A. C.; LOREGIAN,
- 1633 M. V. Water productivity and production function in irrigated millet crop. *Semina:*
- 1634 *Ciências Agrárias*, v. 40, n. 6, p. 2837-2850, 2019.
- 1635 ULLAH, A.; AHMAD, A.; KHALIQ, T.; AKHTAR, J. Recognizing production options
- 1636 for pearl millet in Pakistan under changing climate scenarios. **Journal of Integrative**
- 1637 **Agriculture**, v. 16, n. 4, p. 762-773, 2017.
- 1638 VITAL, A. F. M.; SANTOS, D.; SANTOS, R. V. Características agronômicas do
- 1639 milho adubado com diferentes fontes orgânicas. **Revista Agropecuária Técnica**, v.
- 1640 36, n. 1, p. 303-309, 2015.
- 1641 WANG, H.; GUO, C.; LI, X.; LI, X.; YU, Z.; LI, X., YANG, T.; SU, Z.; ZHANG, H.;
- 1642 ZHANG, C. Effects of long-term no-tillage with different straw mulching frequencies
- 1643 on soil microbial community and the abundances of two soil-borne pathogens. **Applied**
- 1644 **Soil Ecology**, v. 148, p. 1-11, 2020a.
- 1645 WANG, X.; FENG, Y.; YU, L.; SHU, F.; TAN, F.; GOU, Y.; LUO, S.; YANG, W.; LI,
- 1646 X.; WANG, J. Sugarcane/soybean intercropping with reduced nitrogen input improves
- 1647 crop productivity and reduces carbon footprint in China. **Science of the Total**
- 1648 **Environment**, v. 719, 2020b.
- 1649 XAVIER, M. A.; BATISTA, M. C.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, J. L. C.; CARTAXO,
- 1650 P. H. A.; REGES, R. S.; PEREIRA, D. D. Caracterização biométrica de cladódios de

- 1651 *Opuntia stricta* submetida a lâminas de irrigação e adubação orgânica no Semiárido
1652 paraibano. **Revista Agrarian**, v. 13, n. 47, p. 74-81, 2020.
- 1653 XU, Z.; LI, C.; ZHANG, C.; YU, Y.; WERF, W. V.; ZHANG, F. Intercropping maize
1654 and soybean increases efficiency of land and fertilizer nitrogen use; A meta-analysis.
1655 **Field Crops Research**. v. 246, p. 1-10, 2020.
- 1656 YANG, H.; WU, G.; MO, P.; CHEN, S.; WANG, S.; XIAO, Y.; MA, H. A.; WEN, T.;
1657 GUO, X.; FAN, G. The combined effects of maize straw mulch and no-tillage on grain
1658 yield and water and nitrogen use efficiency of dry-land winter wheat (*Triticum aestivum*
1659 L.). **Soil & Tillage Research**, v. 197, p. 1-14, 2019.
- 1660 ZHAO, H.; LIU, J.; CHEN, X.; WANG, Z. Straw mulch as an alternative to plastic film
1661 mulch: Positive evidence from dryland wheat production on the Loess Plateau. **Science**
1662 **of the Total Environment**, v. 676, p. 782-791, 2019.