



Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento

Jucilene da Silva Lima Nunes¹, Thieres George Freire da Silva^{1(*)}, Luciana Sandra Bastos de Souza¹, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim¹, Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves², José Francisco da Cruz Neto², Renan Matheus Cordeiro Leite¹ e Antônio Gebson Pinheiro²

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Caixa Postal 063, CEP 56900-000 Serra Talhada, PE. E-mails: limajucilene@yahoo.com.br, thieres.silva@ufrpe.br, sanddrabastos@yahoo.com.br, alexandremrfj@gmail.com e renanmatheuscl@gmail.com

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Sede – UFRPE/Sede, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEA. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE.

E-mails: hygorkristoph22@gmail.com, zenetto.agronomia@gmail.com e gebson10@hotmail.com

(*)Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 28 de janeiro de 2019

Aceito em 11 de março de 2020

Termos para indexação:

Nopalea sp.

Opuntia sp.

semiárido

regime hídrico

cobertura do solo

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar a morfogênese do dossel de clones de palma forrageira em diferentes ambientes de crescimento. O experimento foi conduzido entre abril de 2012 e março de 2014, em Serra Talhada, PE. Os clones IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana foram dispostos em blocos casualizados, com parcela subdividida e três repetições, submetidos a três condições de ambiente de crescimento: disponibilidade de água inferior à normal climatológica; superior à normal climatológica; e superior à normal climatológica com a adoção de cobertura morta sobre o solo. Características estruturais foram obtidas mensalmente e usadas no cálculo de taxas morfogênicas. As taxas médias de crescimento da palma forrageira (largura do dossel, $\partial LP/\partial t$; emissão de cladódios, $\partial NCT/\partial t$; e índice de área do cladódio, $\partial IACT/\partial t$) exibiram diferenças apenas entre os clones ($p < 0,05$), não havendo efeito do ambiente de crescimento. A modificação do ambiente de crescimento da palma forrageira, por meio da melhoria do regime hídrico e da adoção de cobertura morta, foi determinante para alterações sazonais da morfogênese dos clones, especialmente com a antecipação das maiores taxas.

© 2020 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

A morfofisiologia está relacionada ao estudo das modificações anatômicas e fisiológicas que ocorrem nas espécies vegetais. A influência dessas modificações sobre o

crescimento e o desenvolvimento das plantas é a base de estudo da morfogênese (Vivas et al., 2019), que pode ser determinada por meio de dados estruturais (i.e., altura e largura do dossel) ou de biomassa. Esse processo é utilizado no entendimento das respostas do crescimento das

espécies sob diferentes condições ambientais (Cunha et al., 2012), na proposição de manejos agrícolas (Cunha et al., 2012; Difante et al., 2011) e na elaboração de estratégias que assegurem a disponibilidade de forragem e a sustentabilidade dos ecossistemas (Sales et al., 2014).

No Semiárido brasileiro, inúmeras estratégias são usadas para minimizar os impactos da escassez hídrica na produção agrícola, dentre as quais podem se destacar: o uso de espécies tolerantes ao déficit, como a palma forrageira (Queiroz et al., 2014), o suprimento hídrico artificial (irrigação) com água salina (Silva et al., 2014a) e o uso de cobertura morta sobre o solo.

O mecanismo fisiológico da palma forrageira, denominado CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*), possibilita diferenciá-la das plantas C3 (e.g., soja, trigo) e C4 (e.g., sorgo, milho). Neste caso, as trocas de CO₂ com o ambiente ocorrem durante a noite, quando o déficit de vapor d'água é mais reduzido (Dubeux Junior et al., 2010; Oliveira et al., 2010). Esse mecanismo é importante em regiões áridas e semiáridas porque as plantas minimizam a transferência de água para o ambiente e, por isso conseguem se adaptar bem nessas regiões.

A adaptação de espécies vegetais depende muito da sua plasticidade fenotípica para resistir a fatores abióticos adversos. As plantas comumente apresentam modificações na dinâmica de crescimento devido às condições de estresse salino, hídrico ou térmico. O estresse hídrico, por exemplo, promove redução da área foliar da planta, fechamento dos estômatos, assim como senescência acelerada. A interação destes fatores intensifica a complexidade de resposta da planta (Tombesi et al., 2018).

O uso de água com baixos teores de salinidade pode favorecer a economia de água de boa qualidade, auxiliando na sustentabilidade deste recurso natural, a obtenção de produção de biomassa sem promover alterações significativas das características bromatológicas e a redução de custos com a alimentação animal (Silva et al., 2014a). Por sua vez, a cobertura morta do solo traz benefícios para planta e ao meio de cultivo, por conseguir reduzir a transferência de água para a atmosfera, manter o solo úmido e aumentar a disponibilidade de nutrientes durante o processo de decomposição (Carvalho et al., 2011; Chen et al., 2018). Além disso, proporciona menor variação na temperatura do solo, menor incidência de plantas espontâneas, maior crescimento e produtividade da cultura (Chen et al., 2018).

Estudos direcionados a morfogênese da palma forrageira, sob condições ambientais de crescimento distintos, ainda são incipientes. É comum encontrar trabalhos na literatura, voltados para a avaliação de características morfogênicas e estruturais de gramíneas, visando avaliar o efeito do manejo nas características estruturais e morfogênicas, de espécies como *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (Santos et al., 2011), capim-tanzânia (Resende Júnior,

2011), capim-tifton 85 (Pereira et al., 2011), capim-braquiária (Martuscello et al., 2006), entre outras.

As características estruturais como altura e largura do dossel, índice da área do cladódio e o número de cladódios total são importantes para a análise da capacidade produtiva da palma forrageira. Silva et al. (2010) verificaram que a altura e largura do dossel expressam a capacidade produtiva de clones de palma forrageira. Neder et al. (2013) citaram que o número de cladódios e a espessura dos mesmos foram as características que mais exibiram efeito direto sobre a produção de matéria verde. Enquanto que, estudo realizado por Pinheiro et al. (2014), com três clones de palma em condições de sequeiro no Semiárido, observou que as características morfológicas que mais influenciaram o rendimento da palma foram o número de cladódios e o índice da área do cladódio. Donato et al. (2014) afirmaram que o índice da área do cladódio é uma importante característica estrutural, logo que determina a interceptação de radiação solar pela planta. Assim, a análise dessas características ao longo do tempo pode ser uma valiosa informação para compreensão da resposta da cultura a diferentes ambientes de cultivo.

Neste estudo, objetivou-se avaliar a morfogênese do dossel de clones de palma forrageira (*Nopalea* sp. e *Opuntia* sp.) em diferentes ambientes de crescimento.

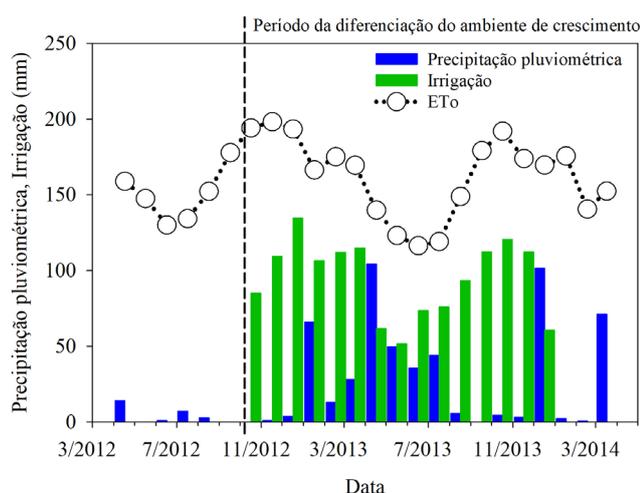
Material e métodos

O estudo foi conduzido em uma área experimental localizada no município de Serra Talhada, PE (7°59'S, 38°15'W e 431 m), na microrregião do Vale do Pajeú. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo BSw^h, ou seja, semiárido, onde podem ser observadas temperatura média do ar de 25,9 °C, umidade relativa de 62,3% e uma ampla variação da precipitação com totais anuais médios em torno de 667,2 mm ano⁻¹, com base nos dados históricos de sete estações pluviométricas pertencentes à Agência Pernambucana de Águas e Clima. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico franco arenoso (Embrapa, 2013).

O período experimental foi de 24 meses, compreendidos entre abril de 2012 e março de 2014. As variáveis meteorológicas foram monitoradas ao longo do ciclo da palma, por meio de uma estação automática situada a 1.700 m da área experimental, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia. O ano de 2012 foi marcado pela ocorrência do fenômeno oceânico-climático Dipolo do Atlântico, sendo observadas reduções nos níveis de precipitação pluvial quando comparados à normal climatológica local (Figura 1).

O plantio da palma forrageira foi realizado em fevereiro de 2010, com espaçamento de 1,6 x 0,2 m, sendo inserido 50% do cladódio no solo. Após o plantio, durante os dois

Figura 1. Precipitação pluvial, irrigação e evapotranspiração de referência mensais acumuladas durante o período de abril de 2012 a março de 2014, em Serra Talhada, PE.



primeiros anos, a cultura foi totalmente conduzida sob sequeiro e colhida em abril de 2012, deixando-se apenas os cladódios basais. Nessa ocasião foi dado início ao período experimental deste trabalho. É importante destacar que nos primeiros sete meses (i.e., abril a novembro de 2012), a cultura foi mantida em condições de sequeiro, passando, a ser irrigada a partir de dezembro 2012 até o momento da colheita, em março de 2014.

Os tratamentos foram representados pela combinação de três clones de palma forrageira: IPA-Sertânia (*Nopalae*), Miúda (*Nopalae*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia*) (subparcelas) e três condições de ambiente de crescimento: DIN - disponibilidade hídrica inferior à normal climatológica, em que os clones receberam o equivalente a 280 mm ano⁻¹; DSN: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica, em que os clones receberam o equivalente a 992 mm ano⁻¹ (280 mm ano⁻¹ mais 712 mm ano⁻¹ via irrigação); e, DSNc: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica, em que, os clones receberam o equivalente a 992 mm ano⁻¹ e adotou-se o uso de cobertura morta sobre o solo. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com três repetições, em arranjo fatorial 3 x 3, com parcela subdividida.

O experimento foi composto por nove tratamentos distribuídos em 27 subparcelas, cada uma com quatro fileiras de 20 plantas, resultando 80 plantas. Cada subparcela possuiu 25,6 m² de área total (4 x 6,4 m) e 10,24 m² (3,2 x 3,2 m) de área útil; a área total do experimento correspondeu à 691,2 m².

As condições de DSN e DSNc foram impostas a partir de eventos de irrigação com base em 35% da evapotranspiração de referência. Esta, por sua vez, foi calculada diariamente pelo método de Penman-Monteith padronizado no boletim 56 da FAO (Allen et al., 1998). As irrigações foram realizadas, três vezes por semana, utilizando um sistema

de gotejamento, espaçados em 0,4 m, ou seja, duas plantas por gotejo, com uma vazão de 1,35 L h⁻¹ e uniformidade de distribuição de 93%.

A água utilizada para a irrigação foi captada do “Açude Saco”, a mesma apresentou condutividade elétrica que oscilou entre 1,1 dS m⁻¹ a 1,6 dS m⁻¹. Por outro lado, a cobertura morta sobre o solo foi feita com o uso de restos de ervas espontâneas presentes em torno da área experimental, equivalente a 18 t ha⁻¹.

As aplicações do regime hídrico e da cobertura morta foram iniciadas em dezembro de 2012. Adicionalmente, ao longo do ciclo foram realizados a limpeza manual, controle de pragas e de ervas daninhas, bem como a realização de adubações, com a formulação comercial 14-0-18 (NPK), em média a cada 1,5 mês.

As características estruturais foram obtidas pelas medidas lineares do comprimento, largura, espessura e perímetro dos cladódios de ramificações representativas de três plantas por repetição de cada tratamento, onde também foi registrada a altura e largura do dossel, número e ordenamento por cladódios, totalizando 13 campanhas biométricas. Todas as medições foram obtidas com o auxílio de fitas métricas e paquímetros. Por meio desses dados foram estimados os valores do número de cladódios por ordem e espaçamento de plantio (1,6 x 0,2 m) e o índice de área do cladódio, usando modelos matemáticos propostos por Silva et al. (2014b) para os três clones. Estes autores propuseram a estimativa do índice de área do cladódio por meio do número de cladódios por ordem de surgimento, e de medidas lineares como comprimento e largura do cladódio, para os clones IPA-Sertânia (*Nopalae*), Miúda (*Nopalae*) e Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia*).

Os dados estruturais medidos ao longo do tempo foram usados para a determinação de características morfológicas (taxa de crescimento e largura da planta, taxa de emissão de cladódios por ordem e taxa de crescimento do índice de área do cladódio por ordem e total), onde inicialmente foram obtidos valores absolutos para cada variável em intervalos médios de 1,5 mês. Os dados foram ajustados a modelos matemáticos, utilizando como variável independente os dias após corte (DAC), a partir do software SigmaPlot, v.10. Os modelos e seus parâmetros foram analisados quanto a sua significância por meio dos testes de Student t e F ao nível de 5% de probabilidade. Em seguida, estes modelos foram derivados, de modo que os resultados representaram as características morfológicas (Silva et al., 2014). A taxa de crescimento foi obtida em escala diária e, em seguida, expressa mensalmente.

Os valores médios mensais das taxas de incremento do crescimento das plantas foram comparados entre os diferentes ambientes de cultivo e clones de palma, por meio de análise de variância e pelo teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de significância.

Resultados e discussão

Até o 7º mês de ciclo, quando não houve diferenciação do ambiente de crescimento, ou seja, o cultivo foi conduzido sob condição de sequeiro (Figura 1), as taxas de crescimento da largura ($\partial LP/\partial t$), do número de cladódio total ($\partial NCT/\partial t$) e do índice de área do cladódio ($\partial IACT/\partial t$) não foram distintas entre os clones, sendo em média iguais a $2,92 \pm 1,31$ cm mês⁻¹, $0,57 \pm 0,38$ unidades e $0,02$ m² m⁻² mês⁻¹, respectivamente. A única diferença, até este momento, foi para a $\partial AP/\partial t$, sendo maior para a Miúda - MIU ($4,38$ cm mês⁻¹) quando comparado aos demais clones (IPA Sertânia - IPA = $1,86$ cm mês⁻¹; Orelha de Elefante Mexicana - OEM = $1,84$ cm mês⁻¹). Segundo Silva et al. (2014), a MIU possui hábito de crescimento mais verticalizado em relação aos demais clones, ao passo que Leite et al. (2014) citam que espécies do gênero *Opuntia* apresentam maior potencial de estabelecimento sob condições de restrição hídrica.

Após a aplicação do regime hídrico e a inserção da cobertura morta (8º mês) não foi averiguado efeito do tipo de ambiente de cultivo e de sua interação com o clone sobre as taxas médias do ciclo das características avaliadas ($p > 0,05$). Houve efeito isolado do fator clone na $\partial LP/\partial t$, $\partial NCT/\partial t$ e $\partial IACT/\partial t$ e nas alterações sazonais da dinâmica do crescimento (Tabela 1). Ainda que sem diferença estatística, percebeu-se que a $\partial AP/\partial t$ foi superior para a MIU. Este clone se destacou também na $\partial LP/\partial t$, embora não tenha se diferenciado da OEM. Igualmente, a MIU apresentou maior $\partial NCT/\partial t$, quando comparado aos demais clones, mas a sua $\partial IACT/\partial t$ não foi majoritária, sendo menor do que a OEM, ainda não tenha ocorrido diferença significativa.

Em termos sazonais, o clone MIU apresentou destaque na persistência da $\partial AP/\partial t$ até o final do ciclo, com maiores magnitudes no ambiente de disponibilidade hídrica superior à normal climatológica e adoção de cobertura morta - DSNC (Figura 2C). Todavia, na transição entre os dois anos de ciclo, constatou-se incremento na $\partial AP/\partial t$ da IPA nos ambientes com disponibilidade hídrica inferior à normal climatológica - DIN e disponibilidade hídrica superior à

normal climatológica - DSN (Figura 2A e 2B), com destaque para esta última condição (Figura 2B). Na condição DSN foram observados os maiores valores absolutos da largura da planta: $79,16$ cm, $60,41$ cm e $52,77$ cm para a MIU, OEM e IPA, nessa ordem.

As maiores magnitudes da $\partial LP/\partial t$ (Figura 3B) foram evidenciadas na transição entre o primeiro e o segundo ano do ciclo nos três clones, enquanto para os dois outros ambientes (DIN e DSNC) (Figura 3A e 3C) isso ocorreu no primeiro ano, com magnitudes de crescimento inferiores à condição DSN. Especialmente na condição DIN, a largura da planta dos três clones foi reduzida em 37,5%, 18,8% e 19,7% para os clones IPA, OEM e MIU respectivamente, quando comparados aos valores do DSN. Nesse último ambiente, a IPA obteve maiores magnitudes quando comparada com a condição DIN para o segundo ano (Figura 3B e 3C), embora na condição DSNC as taxas dessa cultivar tenha persistido até o final do ciclo (Figura 3C). As maiores taxas de $\partial LP/\partial t$ no clone MIU têm sido evidenciadas em outros trabalhos (Pereira et al., 2015).

Os três clones apresentaram variação da $\partial NCT/\partial t$, sendo que na condição DSNC, a MIU apresentou a maior taxa de emissão de cladódios, diferindo dos outros dois clones, que não emitiram cladódios de quarta, quinta e sexta ordem (Figura 4C). Resultados análogos foram obtidos por Sales et al. (2009) e Leite et al. (2014) no semiárido do Estado da Paraíba. No entanto, a IPA apresentou maior taxa de emissão de cladódios de segunda ordem, quando comparada com a MIU, e a OEM se sobressaiu em relação aos cladódios de primeira ordem.

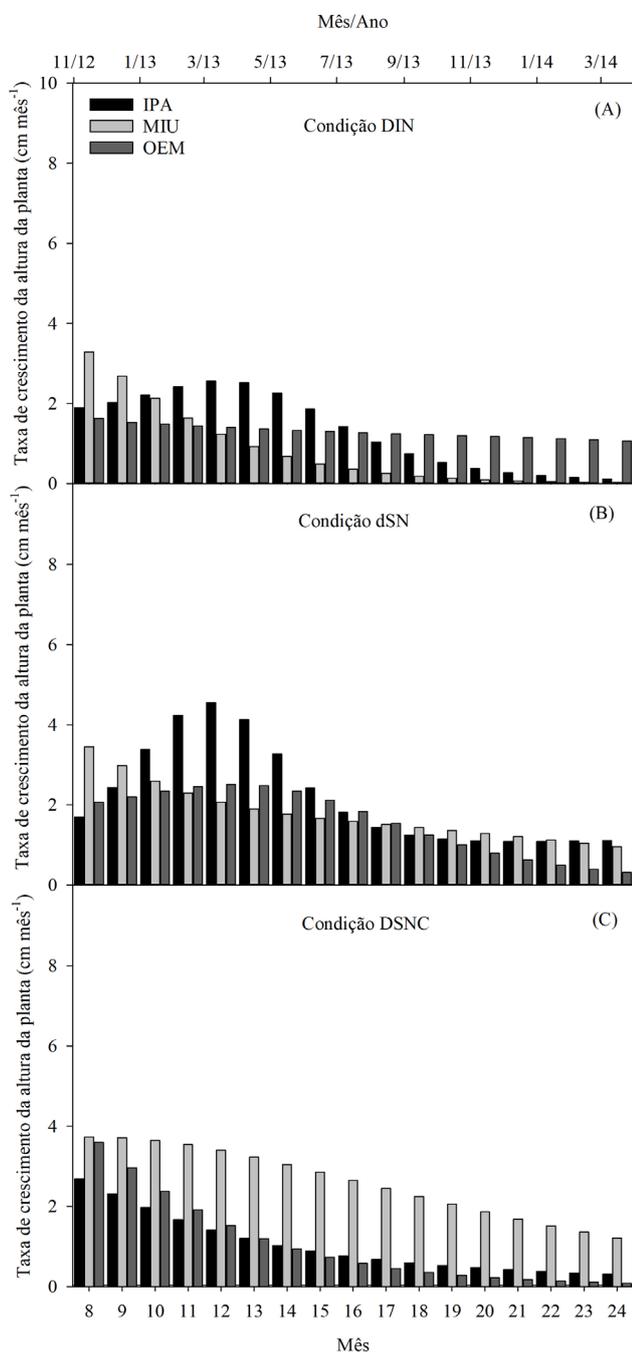
O aumento do regime hídrico favoreceu o incremento das taxas de $\partial NCT/\partial t$ para o clone MIU, além de promover alterações na variação ao longo do tempo, o que pode estar relacionada a melhoria do regime térmico-hídrico do solo. Segundo Segantini et al. (2010) e Miranda et al. (2010), a maior emissão de cladódios secundários se deve ao maior número de cladódios primários; tornando-se o fator responsável pelo aumento da emissão de novos cladódios. Por sua vez, os cladódios primários são originados apenas de

Tabela 1. Taxas médias de crescimento da altura (AP), largura (LP), número de cladódio total (NCT) e índice de área dos cladódios (IAC) de clones de palma forrageira (IPA- IPA Sertânia, MIU - Miúda e OEM - Orelha de Elefante Mexicana) entre o 8º e 24º mês de ciclo sob diferenciação do ambiente de crescimento, em Serra Talhada, PE.

Variáveis	Unidade	IPA	MIU	OEM	p
$\partial AP/\partial t$	cm mês ⁻¹	1,799a	2,396a	1,755a	0,061
$\partial LP/\partial t$	cm mês ⁻¹	1,913b	2,975a	2,308ab	0,021
∂NCT	unidades mês ⁻¹	0,468b	0,995a	0,640ab	0,003
$\partial IACT/\partial t$	m ² m ⁻² mês ⁻¹	0,857b	1,173ab	1,831a	0,033

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

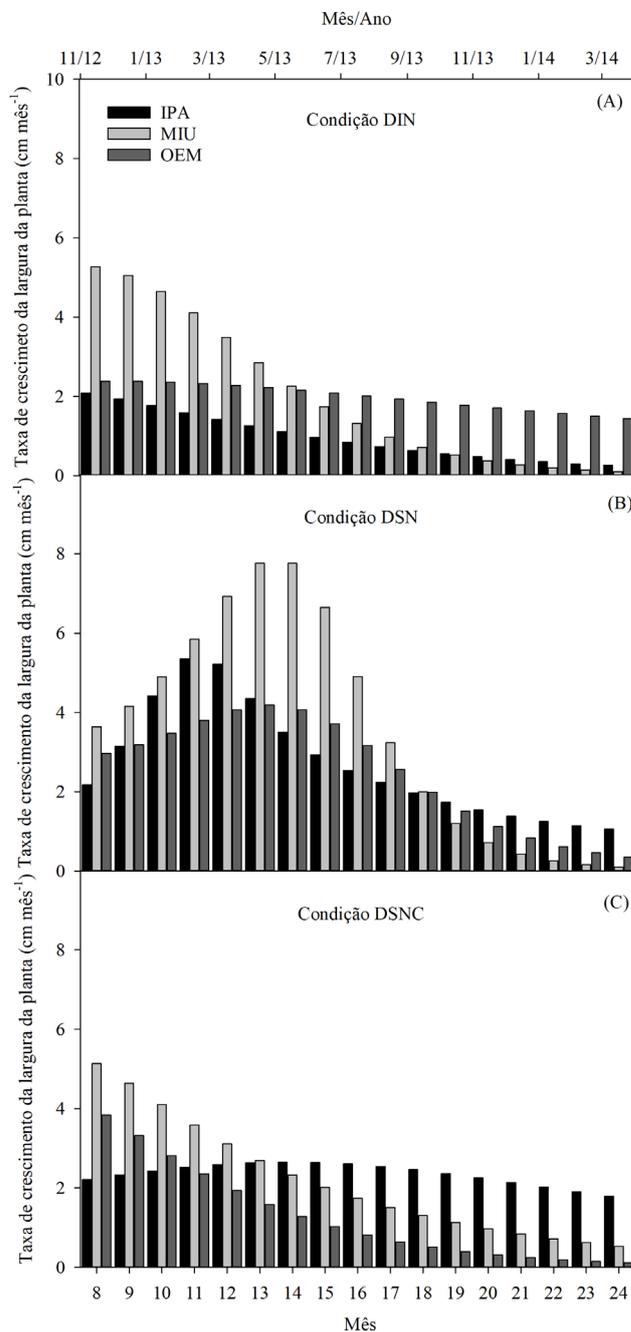
Figura 2. Taxa de crescimento da altura ($\partial AP/\partial t$) de clones de palma forrageira (IPA- IPA Sertânia, MIU - Miúda e OEM - Orelha de Elefante Mexicana) sob três condições de ambiente de crescimento: DIN - disponibilidade hídrica inferior à normal climatológica; DSN: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica; e, DSNC: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica e com o uso de cobertura morta.



um cladódio, o basal. Outra justificativa para a maior emissão de cladódios de segunda ordem se deve a sua posição mais apical da planta, quando comparados aos primários, recebendo maior incidência de radiação solar, possuindo maiores áreas de interceptação e produção de fotoassimilados.

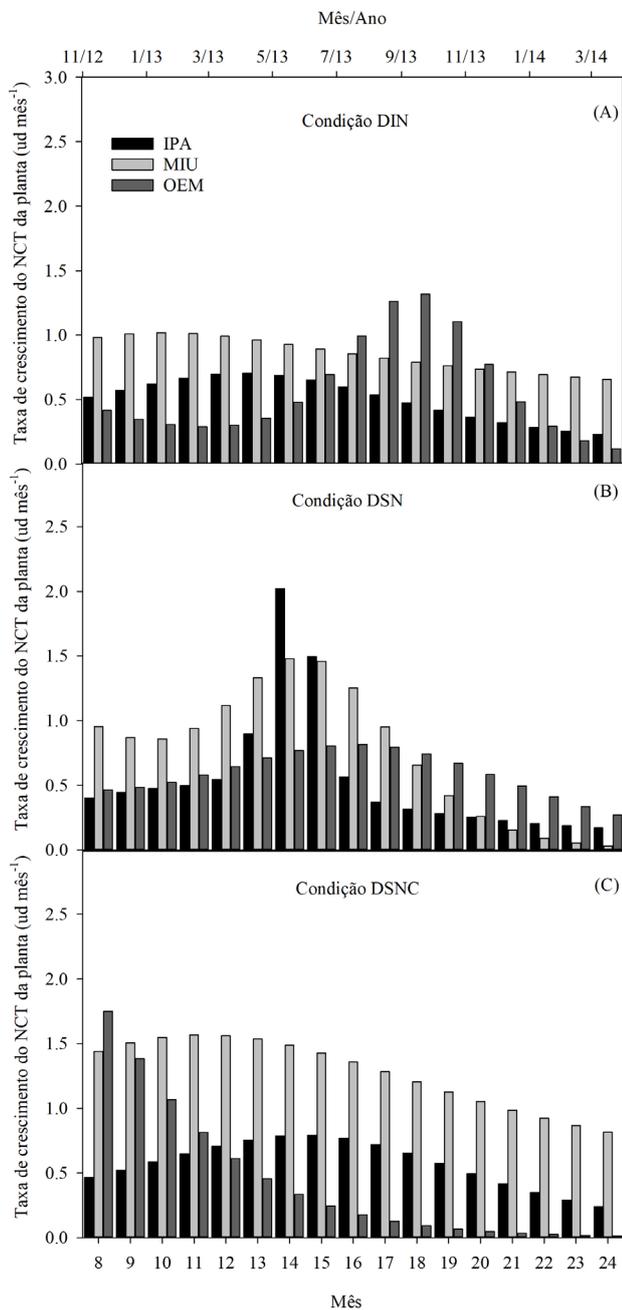
As maiores emissões da $\partial NCT/\partial t$ para a MIU e a IPA foram obtidas no ambiente DSNC (Figura 4C) desde o início da aplicação do regime hídrico associado ao uso de

Figura 3. Taxa de crescimento da largura ($\partial LP/\partial t$) de clones de palma forrageira (IPA- IPA Sertânia, MIU - Miúda e OEM - Orelha de Elefante Mexicana) sob três condições de ambiente de crescimento: DIN - disponibilidade hídrica inferior à normal climatológica; DSN: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica; e, DSNC: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica e com o uso de cobertura morta.



cobertura morta, as quais persistiram até o final do ciclo, semelhante ao verificado na condição DIN, porém esta com menores magnitudes (Figura 4A). Para a IPA, as taxas de $\partial NCT/\partial t$ foram semelhantes nos três ambientes de crescimento (Figura 4A, 4B e 4C), apesar dos maiores valores terem continuado até o final do ciclo nas condições DIN e DSNC (Figura 4A e 4C). A OEM mostrou antecipação das maiores magnitudes de emissão de cladódios no ambiente DSNC (Figura 4C).

Figura 4. Taxa de crescimento do número de cladódios total ($\partial NCT/\partial t$) de clones de palma forrageira (IPA- IPA Sertânia, MIU - Miúda e OEM - Orelha de Elefante Mexicana) sob três condições de ambiente de crescimento: DIN - disponibilidade hídrica inferior à normal climatológica; DSN: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica; e, DSNC: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica e com o uso de cobertura morta.



Apesar de a MIU ter mostrado maior $\partial NCT/\partial t$ (Figura 4A, 4B e 4C), percebeu-se que a sua $\partial IACT/\partial t$ não foi superior aos demais clones, o que está relacionado ao menor tamanho da área dos seus cladódios. Tendência semelhante foi encontrada por Silva et al. (2015) e Cavalcante et al. (2014) para o mesmo clone. Para a IPA, Pinheiro et al. (2014) afirmaram que esse clone não emite grandes quantidades de cladódios, porém seu hábito de crescimento possibilita melhor aproveitamento da radiação solar e

maior desenvolvimento dos cladódios. A OEM apresentou maior $\partial IACT/\partial t$ (Figura 5A, 5B e 5C), o que induz ao maior acúmulo de biomassa em ambiente Semiárido (Pinheiro et al., 2014).

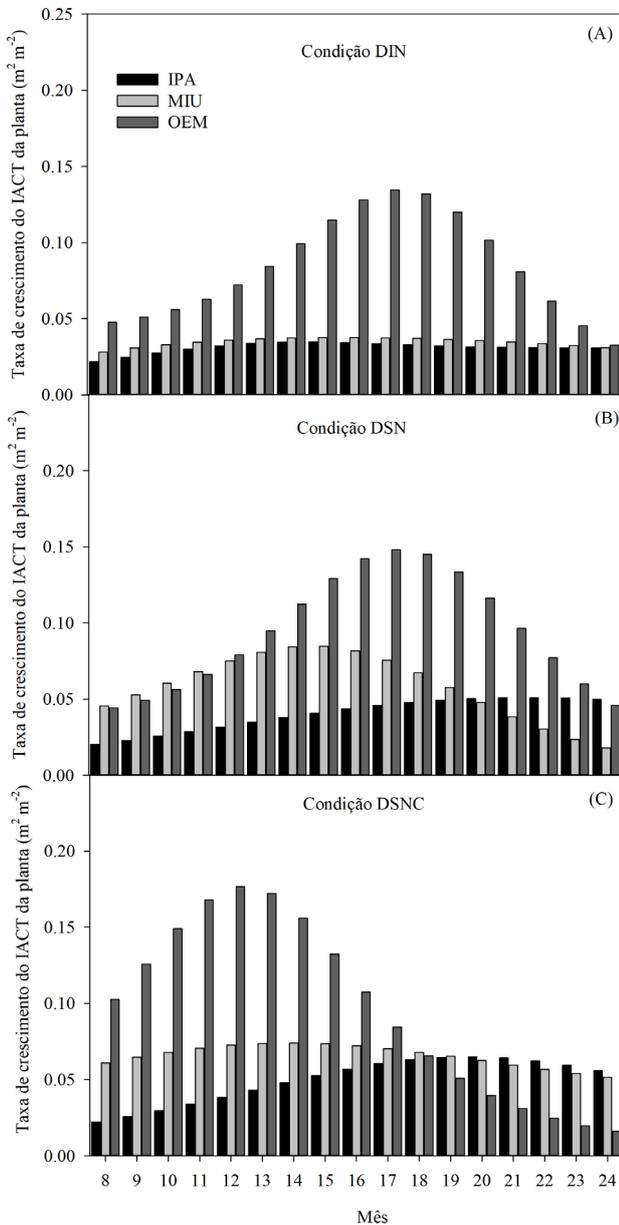
A $\partial IACT/\partial t$ apresentou maiores valores no segundo ano do ciclo produtivo, com destaque para a OEM, todavia na condição de maior regime hídrico e com cobertura morta houve antecipação da taxa de crescimento (Figura 5C). O $\partial IACT/\partial t$ aumentou mais no segundo ano do ciclo, o que está associada a maior emissão de cladódios de segunda e terceira ordem para a OEM e a IPA, e de terceira ordem para a MIU. Além disso, este resultado pode estar relacionado ao regime hídrico dos primeiros sete meses de experimento (i.e., abril a novembro de 2012), logo que a cultura foi mantida em condições de sequeiro, passando a receber os eventos de irrigação apenas a partir de dezembro de 2012. Antes, a disponibilidade de água foi mais baixa em decorrência dos menores eventos de chuva ocorridos no ano de 2012.

A palma forrageira apresenta baixo índice de área do cladódio, quando comparada a espécies leguminosas, o que se deve a características intrínsecas da espécie que dependem do clone analisado e de qualidades da morfologia voltadas para a emissão, tamanho, formato e distribuição dos cladódios (Oliveira et al., 2007; Silva et al., 2010; Pinheiro et al., 2014).

Entre os clones de *Nopalea*, a IPA possuiu tendência mais tardia quando comparada à MIU, nos ambientes DSN e DSNC (Figura 5B e 5C), mas com maiores magnitudes quando comparada à condição DIN. Nesse tipo de ambiente (DIN), percebeu-se que as magnitudes de $\partial IACT/\partial t$ dos clones do gênero *Nopalea* variaram menos, com menores magnitudes e persistiram até o final do ciclo (Figura 5A). Os baixos volumes de chuvas observados podem ter induzido a ocorrência de estresse hídrico neste ambiente especialmente no primeiro ano produtivo. Embora a palma disponha de uma expressiva reserva de água nos seus tecidos, o estresse hídrico prolongado pode alterar o comprimento e a largura das plantas (Aguilar, 1991). E nestes casos, as alterações acarretaram em mudanças na área dos cladódios, já que as menores taxas de emissão de cladódios neste ambiente resultaram em $\partial IACT/\partial t$ reduzidos quando comparados aos demais ambientes.

Os resultados mostraram que, os clones de palma exibiram ajustes na morfogênese do dossel a depender do ambiente, uma vez que houve mudanças na sazonalidade da dinâmica de seu crescimento. Essas alterações estão associadas à plasticidade fenotípica, que é vista como um mecanismo de adaptação das espécies, variando ao longo do tempo.

Figura 5. Taxa de crescimento do índice da área de cladódio total ($\partial IACT/\partial t$) de clones de palma forrageira (IPA- IPA Sertânia, MIU - Miúda e OEM - Orelha de Elefante Mexicana) sob três condições de ambiente de crescimento: DIN - disponibilidade hídrica inferior à normal climatológica; DSN: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica; e, DSNC: disponibilidade hídrica superior à normal climatológica e com o uso de cobertura morta.



Conclusões

As taxas médias de crescimento da palma forrageira ($\partial LP/\partial t$, $\partial NCT/\partial t$ e $\partial IACT/\partial t$) exibem diferenças entre os clones e não para os ambientes de crescimento.

Ambiente de crescimento com melhoria do regime hídrico e com o uso de cobertura morta sobre o solo determinam alterações sazonais da morfogênese dos clones de palma forrageira, especialmente pela antecipação das maiores taxas de crescimento.

Referências

- AGUILAR, B. G. Experiencias en la producción de nopal (*Opuntia* spp.) em el área de Chapingo México. *Sociedad Mexicana de Fitogenética*, v. 10, p. 8-9, 1991.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301 p.
- CARVALHO, J. F.; MONTENEGRO, A. A. A.; SOARES, T. M.; SILVA, E. F. F.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 15, n. 3, p. 256-263, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000300006>
- CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. *Pesquisa Agropecuária e Tropical*, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632014000400010>
- CHEN, J.; HEILING, M.; RESCH, C.; MBAYE, M.; GRUBER, R.; DERCON, G. Does maize and legume crop residue mulch matter in soil organic carbon sequestration? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 265, p. 123-131, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.06.005>
- CUNHA, D. N. F. V.; GOMES, E. S.; MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; SILVA, R. C.; FERREIRA, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 13, n. 4, p. 1156-1165, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402012000400005>
- DIFANTE, G. S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SILVA, S. C.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNES, D. B.; SILVEIRA, M. C. T.; PENNA, K. S. Características morfológicas e estruturais do capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, n. 5, p. 955-963, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000500003>
- DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira "Gigante" sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 1, p. 151-158, 2014. http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i1a3252
- DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; ARAUJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira - Clone IPA-201. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010. http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v5i1a591
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- LEITE, M. L. M. V.; SILVA, D. S.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; RAMOS, J. P. F. Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. *Revista Caatinga*, v. 27, p. 192-200, 2014. <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2830>
- MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS, P. M.; CUNHA, D. N. F. V.; MOREIRA, L. M. Características morfológicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 3, p. 665-671, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982006000300006>
- MIRANDA, E.; SILVA, N. G.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palma forrageira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, n. 11, p. 2389-2397, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001100011>
- NEDER, D. G.; COSTA, F. R.; EDVAN, R. L.; SOUTO FILHO, L. T. Correlations and path analysis of morphological and yield traits of cactus pear accessions. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 13, n. 3, p. 203-207, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-70332013000300009>

- OLIVEIRA, F. T.; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P.; ANDRADE FILHO, F. C.; PEREIRA JÚNIOR, E. B. Palma forrageira: adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. **Revista Verde**, v. 5, n. 4, p. 27-37, 2010.
<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/viewArticle/336>
- OLIVEIRA, R. A.; DAROS, E.; ZAMBON, J. L. C.; WEBER, H.; IDO, O. T.; BESPALHOKFILHO, J. C.; ZUFFELLATORIBAS, K. C.; SILVA, D. K. T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 2, p. 71-76, 2007.
<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/1672>
- PEREIRA, J. R. Solos afetados por sais. In: CAVALCANTI, F. J. de A.; SANTOS, J. C. P.; PEREIRA, J. R. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2ª aproximação, 3ª Ed.** Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, p. 212, 2008.
- PEREIRA, O. G.; ROVETTA, R.; RIBEIRO, K. G.; SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; CECON, P. R. Características morfológicas e estruturais do capim-tifton 85 sob doses de nitrogênio e alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 9, p. 1870- 1878, 2011.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000900005>
- PEREIRA, P. C.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; MORAIS, J. E. F.; SANTOS, D. C. Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184 - 195, 2015.
<http://www.scielo.br/pdf/rcaat/v28n3/1983-2125-rcaat-28-03-00184.pdf>
- PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfológicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 12, p. 939-947, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014001200004>
- RESENDE JÚNIOR, A. J. **Morfogênese, acúmulo de forragem e teores de nutrientes de *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetido a diferentes severidades de desfolhação e fertilidades contrastantes**. 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SALES, A. T.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; LEITE, M. L. M. V.; VIANA, B. L.; LEON, M. J.; SOLIS, A. M. Adaptation potential of cactus pear to soil and climatic conditions of the Semi-Arid in Paraíba State, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 811, p. 395-400, 2009.
https://www.actahort.org/books/811/811_54.htm
- SALES, E. C. J.; REIS, S. T.; ROCHA JÚNIOR, V.; MONÇÃO, F. P.; MATOS, V. M.; PEREIRA, D. A.; AGUIAR, A. C. R.; ANTUNES, A. P. S. Características morfológicas e estruturais da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e alturas de resíduos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2673-2684, 2014.
<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/14561/15279>
- SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BRAZ, T. G. S.; SILVA, S. P.; GOMES, V. M.; SILVA, G. P. Características morfológicas e estruturais de perfilhos de capim-braquiária em locais do pasto com alturas variáveis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 535-542, 2011.
<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v40n3/10.pdf>
- SEGANTINI, D. M.; TORRES, L. M.; BOLIANI, A. C.; LEONEL, S. Fenologia da Figueirada-Índia em Selvíria - MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 630- 636, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000049>
- SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA JÚNIOR, M. J.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 66-72, 2014a.
<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18nsupps66-s72>
- SILVA, N. G. M.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. Relação entre características morfológicas e produtivas de clones de palmaforrageira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2389-2397, 2010.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001100011>
- SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 10-18, 2015.
<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/3630>
- SILVA, T. G. F.; MIRANDA, K. R.; SANTOS, D. C. S.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, M. C.; CRUZ NETO, J. F.; ARAÚJO, J. E. M. Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 633-641, 2014b.
http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i4a4344
- TOMBESI, S.; FRIONI, T.; PONI, S.; PALLIOTTI, A. Effect of water stress “memory” on plant behavior during subsequent drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 150, p. 106-114, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.009>
- VIVAS, M.; ROLO, V.; WINGFIELD, M. J.; SLIPPERS, B. Maternal environment regulates morphological and physiological traits in *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, v. 432, p. 631-636, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.016>

REFERENCIAÇÃO

- NUNES, J. S. L.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; JARDIM, A. M. R. F.; ALVES, H. K. M. N.; CRUZ NETO, J. F.; RENAN MATHEUS LEITE, R. M.; C.; PINHEIRO, A. G. Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.2, p.367-375, dez 2019.



Morphogenesis of forage cactus clones under modification of the growth environment

Jucilene da Silva Lima Nunes¹, Thieres George Freire da Silva^{1(*)}, Luciana Sandra Bastos de Souza¹, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz Jardim¹, Hygor Kristoph Muniz Nunes Alves², José Francisco da Cruz Neto², Renan Matheus Cordeiro Leite¹ and Antônio Gebson Pinheiro²

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Caixa Postal 063, CEP 56900-000 Serra Talhada, PE, Brazil. E-mails: limajucilene@yahoo.com.br, thieres.silva@ufrpe.br, sanddrabastos@yahoo.com.br, alexandremrfj@gmail.com and renanmatheuscl@gmail.com

²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Sede – UFRPE/Sede, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PGEA. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900 Recife, PE, Brazil.

E-mails: hygorkristoph22@gmail.com, zenetto.agronomia@gmail.com and gebson10@hotmail.com

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 28 January 2019

Accepted 11 March 2020

Index terms:

Nopalea sp.

Opuntia sp.

semi-arid

water regime

mulch on the soil

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the forage cactus clones canopy morphogenesis in different growing environments. The experiment was conducted in Serra Talhada, Pernambuco, Brazil, between April 2012 and March 2014. The clones “IPA-Sertânia”, “Miúda” and “Orelha de Elefante Mexicana” were arranged in randomized blocks with subdivided portion and three repetitions, subjected to three growth environment conditions: water availability lower than the normal climatological; higher than the normal climatological; and higher than the normal climatological with the adoption of mulch over the soil. Structural characteristics were obtained monthly and used in the calculation of the morphogenetic rates. The average growth rates of forage cactus (width, $\partial LP/\partial t$, cladode emission, $\partial NCT/\partial t$, and cladode area index, $\partial IACT/\partial t$) exhibited differences only among the clones ($p < 0.05$), there being no effect of the growth environment. The modification of the growth environment of the forage cactus, by means of the improvement of the water regime and the adoption of mulching, was determinant for seasonal changes in the morphogenesis of the clones, especially with the anticipation of the highest rates.

© 2020 SBAgro. All rights reserved.

CITATION

NUNES, J. S. L.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; JARDIM, A. M. R. F.; ALVES, H. K. M. N.; CRUZ NETO, J. F.; RENAN MATHEUS LEITE, R. M.; C.; PINHEIRO, A. G. Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.27, n.2, p.367-375, dez 2019.