

A

## VALIAÇÃO COMPARATIVA DA ECOFISIOLOGIA DO JUAZEIRO (*ZIZIPHUS JOAZEIRO MARTIUS*) EM DUAS ECORREGIÕES DO ESTADO DE SERGIPE EM RESPOSTA À SAZONALIDADE

**LÍVIA MARIA DE JESUS SANTOS**

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação (PPEC), Universidade Federal de Sergipe (UFS), CEP 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil. E-mail: lm\_bio@hotmail.com

**ELIZAMAR CIRÍACO DA SILVA**

Universidade Federal de Sergipe (UFS), Departamento de Biologia, Laboratório de Fisiologia e Eco-fisiologia Vegetal CEP 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil. E-Mail: elizaciriaco@gmail.com

**CARLOS DIAS DA SILVA JUNIOR**

Universidade Federal de Sergipe (UFS), Departamento de Biologia, Laboratório de Botânica Aplicada, CEP 49100-000, São Cristóvão, Sergipe, Brasil. E-mail: cdsjr@bol.com.br

8

**RESUMO:** Este estudo teve o objetivo de avaliar as respostas ecofisiológicas do juazeiro (*Ziziphus joazeiro Martius*) em condições de campo em duas ecorregiões do estado de Sergipe, Brasil, em diferentes períodos sazonais. Para isto, avaliou-se: fotossíntese líquida ( $A$ ), condutância estomática ( $gs$ ), transpiração ( $E$ ) e a fluorescência da clorofila  $a$ . A taxa de fotossíntese ( $A$ ) foi maior na ecorregião Agreste no período chuvoso e menor no Sertão no período de estiagem. A  $gs$  foi maior nos horários que o déficit de pressão de vapor (VPD) foi menor, mantendo a taxa de assimilação do  $CO_2$  e evitando a perda excessiva de água pela transpiração ( $E$ ). Em relação à fluorescência da clorofila  $a$ , verificou-se que os indivíduos apresentaram valores dentro do normal, não indicando condição de estresse, embora no período seco no Sertão tenha havido diminuição na eficiência do fotossistema II, com consequente diminuição no Índice de *performance* e no *pool* de elétrons transportados pelo centro de reação do PSII. Esta espécie apresenta estratégias de sobrevivência, mantendo seu aparato fotossintético funcionando mesmo durante períodos de estiagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Caatinga. estresse hídrico. fluorescência. trocas gasosas.

### COMPARATIVE EVALUATION OF THE JUAZEIRO (*ZIZIPHUS JOAZEIRO MARTIUS*) ECOPHYIOLOGY IN TWO ECO-REGIONS OF THE STATE OF SERGIPE IN RESPONSE TO SEASONALITY

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the ecophysiological responses of juazeiro tree (*Ziziphus joazeiro Martius*) under field conditions in two ecoregions of the Sergipe State, Brazil, during two different seasonal periods. Net Photosynthesis ( $A_N$ ), stomatal conductance ( $gs$ ), transpiration ( $E$ ) and chlorophyll  $a$  fluorescence were evaluated. The rate of  $A_N$  was higher in the *agreste* ecoregion in the rainy season and lowest in the hinterland (*sertão*) in the dry season. The  $gs$  was higher at the times when the vapor pressure deficit (VPD) was lower, keeping the assimilation rate and preventing excessive water loss by transpiration ( $E$ ). Regarding the chlorophyll  $a$  fluorescence, it was found that *Z.joazeiro plants* had normal rates, indicating no stress condition, although, in the dry season, a decrease in the efficiency of photosystem II was observed and, as a consequence, it decreased the performance index and the pool of electrons transported. This species presents survival strategies, maintaining its photosynthetic apparatus functioning even during periods of drought.

**KEYWORDS:** Caatinga. fluorescence. gas exchange. water stress.

## INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil é ocupada predominantemente pelo bioma Caatinga. Este, por sua vez, compreende duas ecorregiões: Agreste e Sertão. A vegetação deste bioma é xerófila, de fisionomia e florística variada (Drumond, 2000). O agreste, ao contrário do Sertão, apresenta um regime de chuvas mais abundante e regular. O solo geralmente é mais profundo, consequentemente apresenta uma vegetação mais densa e temperaturas mais amenas que as encontradas no Sertão. A região do Sertão, ou semiárida, sofre mais intensamente os efeitos das estiagens, já que as precipitações pluviométricas são mais irregulares, além de apresentar o solo mais raso ou com acúmulo de sais pouco solúveis (Andrade Lima, 2007; Prado, 2003). Devido a estas condições, a vegetação da Caatinga tem um grau de adaptação à seca muito grande e apresenta diversas características para minimizarem a perda de água (Araújo *et al.*, 2005; Lepsch, 2002).

O estudo sobre as adaptações das plantas da Caatinga é de grande importância para compreender o funcionamento dos ecossistemas da região semiárida. O conhecimento sobre as adaptações fisiológicas possibilita o entendimento de como as espécies vegetais conseguem se estabelecer e sobreviver nesses ambientes, muitas vezes considerados inóspitos e inviáveis à sobrevivência (Trovão *et al.*, 2007).

Dentre os fatores externos que afetam a fotossíntese, a disponibilidade de água é um dos mais limitantes. À medida que a temperatura e radiação solar se elevam e a umidade atmosférica diminui, a transpiração intensifica-se excedendo, em alguns horários, a absorção de água pelas raízes. Isso provoca um estresse hídrico temporário, ou seja, um balanço hídrico negativo onde a quantidade de água absorvida pela planta é menor que a transpirada (Santos & Carlesso, 1999).

A alta radiação associada a outros fatores adversos, como o déficit hídrico, pode levar a uma diminuição da quantidade de clorofila na planta, pois esta é constantemente sintetizada e destruída na presença de luz, mas com luz de intensidade elevada, a taxa de decomposição é maior (Morais *et al.* 2007). O estresse hídrico, causado pelo déficit de água, acelera a degradação e reduz a taxa de síntese de clorofila, afetando o desenvolvimento estrutural e funcional dos cloroplastos (Mendoza & Lopes, 2007).

Efeitos da redução do desempenho de plantas podem ser observados pela redução da área acima da curva OJIP. Esta área é proporcional à quantidade dos aceptores de elétrons do fotossistema II (Gonçalves, 2010). Outra variável importante para verificar o funcionamento do fotossistema é o Índice de *Performance*, por ser considerada mais sensível do que a resposta da eficiência máxima do fotossistema II. Essa va-

riável fornece informações quantitativas sobre o estado da planta e sua vitalidade, pois relaciona a eficiência de absorção, captura e transferência de energia de excitação pelo fotossistema II, proporcionando uma visão maior do grau de efeito do ambiente estressante (Christen *et al.*, 2007; Gonçalves & Santos Jr., 2005; Srivastava *et al.*, 1999).

O juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Martius), da família Rhamnaceae, é uma espécie que se destaca em meio às condições adversas da Caatinga. Essa planta é considerada de grande potencial na região semiárida, com a vantagem de dificilmente perder suas folhas, servindo como abrigo e alimento para diversos animais, além de seu potencial na restauração de áreas degradadas (Carvalho, 2007; Giulietti *et al.*, 2003; Lacerda *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2010; Tigre, 1977).

Neste estudo buscou-se compreender os mecanismos ecofisiológicos do juazeiro nas ecorregiões Agreste e Sertão do estado de Sergipe, além de avaliar o efeito da sazonalidade e precipitação sobre a fisiologia desta espécie que é de grande importância para a manutenção do ecossistema.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em duas ecorregiões do estado de Sergipe: Alto Sertão do Estado, na unidade de conservação estadual, Monumento Natural Grota do Angico, localizada à latitude 9° 41' Sul e longitude 38° 31 Oeste, estando a uma altura de 188 metros, situada entre os municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo; e na ecorregião Agreste, onde as coletas foram realizadas em uma área de pastagem, no município de Japoatã, a uma latitude 10°20' Sul e longitude 36°48' Oeste, numa altitude de 91 metros (SEMARH, 2012).

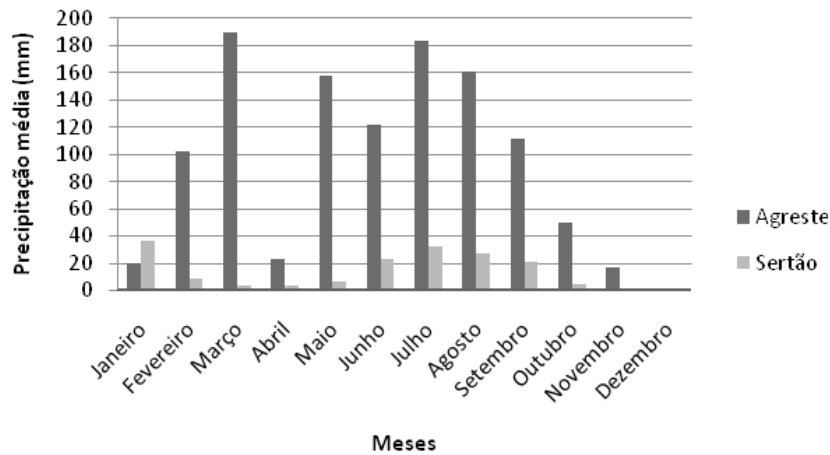
Para o presente estudo foram selecionados 20 indivíduos, dez em cada ecorregião, nos períodos chuvoso (Setembro) e seco (Dezembro) de 2012. De acordo com a SEMARH (2012), o período chuvoso para o estado de Sergipe compreende os meses de maio a julho. No ano de 2012 foi observado um atraso no período de chuvas no Sertão com distribuição entre os meses de junho a setembro.

Os dados de precipitação acumulada durante o ano de 2012 foram disponibilizados pelo Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA)/ Centro Regional do Nordeste (CRN)/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (INPE, 2012). A quantidade de precipitação acumulada da ecorregião Agreste foi coletada na estação Hidrometeorológica de Neópolis, município vizinho a Japoatã, já que no município não há estação de coletas de dados meteorológicos. Os dados da

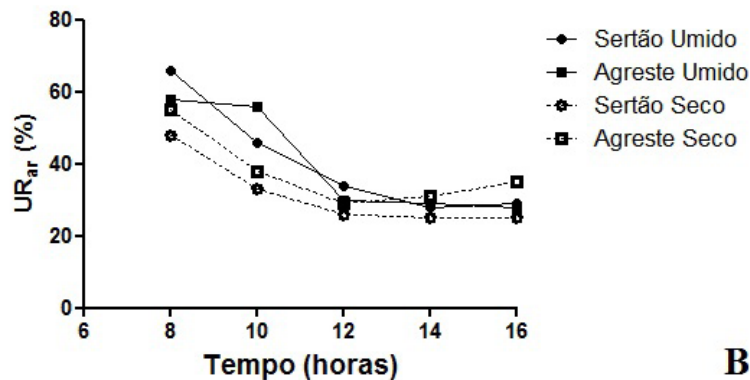
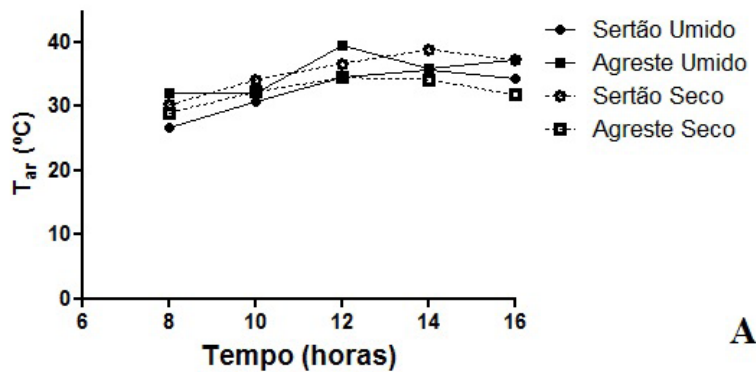
ecorregião Sertão foram coletados na estação Agrometeorológica de Poço Redondo. A precipitação acumulada durante o ano de 2012, foi de 1137,75mm no Agreste, o que é esperado para o local. No Sertão, a precipitação acumulada no mesmo ano, foi de 168,25mm (Figura 1).

A temperatura e umidade relativa do ar foram medidas por um termohidrômetro digital no

local das coletas a cada hora, das 8h às 16 horas. As médias de temperatura formam de 33,9°C no Agreste e de 34,4°C no Sertão (Figura 2A). A umidade relativa do ar, que em média é de 70% e 65% Agreste e Sertão respectivamente, foi de 37,2% no Agreste e de 34% no Sertão durante as avaliações do curso diário das trocas gasosas (Figura 2B).



**Figura 1** – Distribuição da precipitação acumulada durante o ano de 2012 nas estações meteorológicas dos municípios de Neópolis (Agreste) e Poço Redondo (Sertão), Sergipe. Fonte: INPE (2012).



**Figura 2** – A - Variação da temperatura; B – Variação da umidade relativa do ar ( $UR_{ar}$ ) durante o curso diário nos períodos seco e úmido nas ecorregiões Agreste e Sertão no estado de Sergipe.

Foi medida a taxa de transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), fotossíntese líquida ( $A_N$ ), radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e o déficit de pressão de vapor (VPD), além de avaliar a cinética de emissão da fluorescência transiente da clorofila *a*.

As avaliações da transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), fotossíntese ( $A$ ), radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e o déficit de pressão de vapor (VPD) foram feitas *in vivo* em folhas totalmente desenvolvidas e próximas à região apical dos ramos, utilizando um sistema portátil de gás a infravermelho (PP Systems, Hitchin, UK), modelo CIRAS-2.

A avaliação da cinética de emissão da fluorescência transiente ( $O - J - I - P$ ) da clorofila *a* foi medida em folhas totalmente expandidas, utilizando-se um fluorômetro portátil (Handy-PEA, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK). As medidas foram realizadas em folhas previamente adaptadas ao escuro (uso de cliques foliares) durante 40 minutos. Os sinais de fluorescência foram registrados a cada dez  $\mu s$  durante um segundo de iluminação ( $3000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ).

A intensidade de fluorescência aos  $50\mu s$  foi considerada como sendo  $F_0$  (Strasser & Strasser, 1995). Foram tomados os dados de fluorescência mínima ( $F_0$ ), máxima ( $F_m$ ), vari\u00e1vel ( $F_v$ ), a efici\u00eancia fotoqu\u00edmica calculada pela raz\u00e3o entre  $F_v/F_m$ , o \u00cdndice de *Performance* do fotossistema II e a \u00c1rea da curva ( $O - J - I - P$ ), que \u00e9 proporcional \u00e0 quantidade dos aceptores de el\u00e9trons. Esses dados foram gerados automaticamente pelo fluor\u00f4metro (Handy-PEA, Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2X2, cor-

respondendo a dois locais de coleta (Agreste e Sert\u00e3o) X dois per\u00edodos de avalia\u00e7\u00e3o (estac\u00e7\u00e3o \u00famida e seca) com n\u00fameros de repeti\u00e7\u00f5es desiguais, variando de seis a dez repeti\u00e7\u00f5es a depender da \u00e9poca, considerando-se uma repeti\u00e7\u00e3o como um indiv\u00edduo amostrado. Os dados obtidos foram submetidos \u00e0 an\u00e1lise de vari\u00e2ncia e as m\u00e9dias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. O teste de correla\u00e7\u00e3o linear foi utilizado para determinar as rela\u00e7\u00f5es entre condi\u00e7\u00f5es ambientais nas respostas fotossint\u00e9ticas e de condut\u00e2ncia estom\u00e1tica de plantas de *Z. Juazeiro*. Os testes estat\u00edsticos foram realizados utilizando o programa GraphPad Prism 5.

## RESULTADOS E DISCUSS\u00c3O

A alta irradi\u00e2ncia combinada com outros fatores como o d\u00e9ficit h\u00eddrico, pode diminuir drasticamente a capacidade fotossint\u00e9tica da planta contribuindo para que haja fotoinibi\u00e7\u00e3o (Morais *et al.*, 2007). Durante o curso di\u00e1rio, entre as regi\u00f5es e per\u00edodos sazonais, a Radia\u00e7\u00e3o Fotossinteticamente Ativa (PAR) sofreu varia\u00e7\u00e3o. Essa varia\u00e7\u00e3o se deve principalmente a nebulosidade.

O m\u00e1ximo da PAR foi \u00e0s 10h no per\u00edodo seco na ecorregi\u00e3o Agreste ( $1720 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) (Tabela 1). Na ecorregi\u00e3o Sert\u00e3o, no per\u00edodo seco, a PAR foi mais baixa e variou devido \u00e0 presen\u00e7a de nuvens. J\u00e1 no per\u00edodo \u00famido, seu pico foi \u00e0s 12h ( $1467 \mu\text{mol. m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ). Os valores apresentaram diferen\u00e7as significativas quando se compara as m\u00e9dias do Agreste e Sert\u00e3o no per\u00edodo seco \u00e0s 8h, 10h e 16h e entre os per\u00edodos seco e \u00famido na sub-regi\u00e3o Agreste (Tabela 1).

**Tabela 1** – Curso di\u00e1rio da Radia\u00e7\u00e3o Fotossinteticamente Ativa (PAR) nos per\u00edodos seco e \u00famido em duas ecorregi\u00f5es do estado de Sergipe (Agreste e Sert\u00e3o) por ocasi\u00e3o da avalia\u00e7\u00e3o das trocas gasosas em plantas de *Ziziphus joazeiro*. Os valores s\u00e3o m\u00e9dias seguidas dos desvios-padr\u00e3o. Letras iguais min\u00fasculas entre locais e mai\u00fasculas entre per\u00edodos n\u00e3o diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Locais	Hora	Per\u00edodos	
		\u00cdmido	Seco
Agreste	08	874,75 \u00b1 656,22 aB	1719,95 \u00b1 306,43 aA
	10	1321,35 \u00b1 548,19 aA	1720,90 \u00b1 466,24 aA
	12	1290,07 \u00b1 604,64 aA	1357,76 \u00b1 544,49 aA
	14	1222,14 \u00b1 559,74 aA	1328,11 \u00b1 478,18 aA
	16	813,50 \u00b1 455,50 aA	1015,19 \u00b1 443,02 aA
Sert\u00e3o	8	692,25 \u00b1 356,82 aA	557,76 \u00b1 319,95 bA
	10	1328,78 \u00b1 347,96 aA	994,09 \u00b1 464,39 bA
	12	1464,42 \u00b1 176,95 aA	864,77 \u00b1 499,45 aA
	14	1144,78 \u00b1 458,77 aA	1033,03 \u00b1 383,32 aA
	16	646,00 \u00b1 334,35 aA	281,33 \u00b1 205,67 bA

O déficit de pressão de vapor (VPD) é uma variável que é influenciada pela umidade relativa do ar e temperatura (Marenco & Lopes 2009). Devido às altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar nos locais estudados, o VPD manteve-se elevado durante quase todo o dia, sendo mais baixo no início da manhã e final da tarde. Na ecorregião Agreste, no período seco, o VPD foi menor que o encontrado nos demais períodos e locais, devido à presença de nuvens que proporcionaram uma diminuição da temperatura e aumento na umidade relativa do ar.

O VPD mais elevado foi observado no Sertão no período seco devido à temperatura alta e baixa umidade relativa do ar (Figuras 2A e 2B). Os menores valores do VPD foram observados no início da manhã, aumentando gradativamente até 14h e decrescendo no final da tarde (Tabela 2). Os resultados apresentaram diferenças significativas entre as ecorregiões Agreste e Sertão no período seco durante o curso diário e no período úmido das 12h às 16h. No Agreste diferiu entre os períodos de coleta nas primeiras horas da manhã e às 14h, já no Sertão houve diferenças entre os períodos seco e úmido às 10h, 14h e 16h (Tabela 2).

**Tabela 2** – Curso diário do Déficit de Pressão de Vapor nos períodos seco e úmido em duas ecorregiões do estado de Sergipe (Agreste e Sertão) por ocasião da avaliação das trocas gasosas em plantas de *Ziziphus joazeiro*. Os valores são médias seguidas dos desvios-padrão. Letras iguais minúsculas entre locais e maiúsculas entre épocas não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Agreste	08	3,25 ± 0,58 aA	1,80 ± 0,20 bB
	10	4,81 ± 0,44 aA	2,99 ± 0,22 bB
	12	4,20 ± 0,50 bA	3,88 ± 1,23 bA
	14	4,53 ± 0,58 bA	3,70 ± 0,48 bB
	16	3,27 ± 0,43 bA	3,05 ± 0,31 aA
Sertão	8	3,45 ± 0,25 aA	4,24 ± 0,38 aA
	10	4,87 ± 0,38 aB	5,79 ± 0,84 aA
	12	6,74 ± 0,37 aA	6,49 ± 0,89 aA
	14	6,47 ± 1,01 aB	7,96 ± 0,42 aA
	16	5,44 ± 0,66 aA	1,67 ± 1,01 bB

A taxa de fotossíntese líquida (A) foi mais elevada às 8h com taxas de 9,47  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  para o Agreste no período úmido (Tabela 3), sendo que a correlação entre a taxa de fotossíntese e o ho-

rário do dia foi significativa (Tabela 4). Já para o Sertão a correlação foi significativa no período seco.

**Tabela 3** – Curso diário da fotossíntese líquida ( $A_N$ ) em *Ziziphus joazeiro* nos períodos seco e úmido em duas ecorregiões do estado de Sergipe (Agreste e Sertão). Os valores são médias seguidas dos desvios-padrão. Letras iguais minúsculas entre locais e maiúsculas entre períodos não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Agreste	08	9,47 ± 1,45 aA	3,79 ± 2,53 aB
	10	8,53 ± 1,56 aA	4,13 ± 2,53 aB
	12	6,51 ± 1,78 aA	4,32 ± 3,13 aA
	14	5,90 ± 2,34 aA	5,50 ± 3,85 aA
	16	5,92 ± 1,92 aA	5,56 ± 1,40 aA

Tabela 3 - Continuação.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Sertão	8	5,29 ± 4,39 aA	3,62 ± 1,34 aA
	10	3,70 ± 4,09 bA	3,82 ± 3,57 aA
	12	1,61 ± 4,90 bA	2,22 ± 3,23 aA
	14	2,43 ± 3,28 aA	2,01 ± 4,42 aA
	16	3,97 ± 3,48 aA	2,46 ± 3,03 aA

**Tabela 4** – Regressão da taxa de fotossíntese (A) e condutância estomática (gs) *versus* hora do dia nos períodos seco e úmido em duas ecorregiões do estado de Sergipe (Agreste e Sertão), sobre as respostas fisiológicas em *Ziziphus joazeiro* a 5% de probabilidade.

Locais	Variáveis	Períodos			
		Úmido		Seco	
		R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>	P
Agreste	A	0,376	0,000	0,065	0,115
	gs	0,269	0,001	0,000	0,951
Sertão	A	0,019	0,428	0,031	0,303
	gs	0,194	0,008	0,212	0,005

As maiores taxas de fotossíntese foram observadas no Agreste no período úmido, diferindo significativamente do período seco nas primeiras avaliações do dia às 8h e 10h. Quando se comparou os locais, houve diferença entre as ecorregiões Agreste e Sertão no período úmido às 10h e 12h (Tabela 3). A maior taxa de assimilação do CO<sub>2</sub> no Agreste úmido era esperada, em virtude da maior quantidade de água disponível devido ao maior volume de chuvas (Figura 1).

A maior demanda de água melhora o desempenho fotossintético da planta como foi observado em um trabalho desenvolvido com a andiroba, onde as taxas de fotossíntese foram mais elevadas em plantas irrigadas (Gonçalves, 2009). A água ajuda na manutenção da turgidez das células-guarda, o que promove uma maior abertura estomática e consequentemente a entrada de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese.

Os valores de fotossíntese líquida decresceram no Sertão e no Agreste no período úmido até 12h e 14h respectivamente, sendo significativo esse decréscimo na ecorregião Agreste (Tabela 4). Embora não tenha ocorrido diferença significativa para fotossíntese ao longo do dia, houve tendência de redução das referidas taxas. No Sertão no período seco os menores valores da fotossíntese também foram entre 12h e 14h. A tendência de redução nas taxas de fotossíntese ao meio-dia pode ser atribuída à redução da condutância estomática.

O VPD elevado pode diminuir a taxa fotossintética e aumentar a fotorrespiração, certamente pelo efeito do VPD na diminuição da abertura estomática, que minimiza a quantidade de carbono interno (Dias & Marengo, 2007). No Agreste, no período de estiagem, as taxas de fotossíntese líquida aumentaram gradativamente ao longo do dia. Vale ressaltar que os indivíduos estavam com presença de folhas jovens e que o VPD foi baixo durante todo o dia.

Em um trabalho sobre o efeito do déficit de pressão de vapor sobre o crescimento de árvores em florestas tropicais e temperadas na Austrália, observou-se uma maior produção de biomassa em plantas cultivadas sob baixo VPD (Cunningham, 2006). No presente trabalho os valores do VPD foram menores no Agreste e as plantas de juazeiro apresentaram as maiores taxas de assimilação. A correlação das médias dos valores de VPD e fotossíntese mostra que houve uma relação significativa ( $p < 0,05$ ) entre estas variáveis comprovando que as taxas de fotossíntese foram influenciadas pelo déficit de pressão de vapor. A correlação entre *gs* e *A* também mostrou que a condutância estomática influencia significativamente a taxa de fotossíntese (Tabela 5).

As taxas de transpiração não variaram entre os locais e períodos estudados (Tabela 6), mostrando que as plantas estão bem adaptadas e toleram aos períodos secos. A correlação entre o VPD e a taxa de transpiração não foi significativa (Tabela 5).

**Tabela 5** – Correlação linear mostrando os efeitos das condições ambientais sobre as respostas fisiológicas em *Ziziphus joazeiro* a 5% de probabilidade.

Interação	R2	P
VPD X E	0,041	0,193
VPD X A	0,206	0,022
gs X E	0,032	0,224
gs X A	0,382	0,001
VPD = Déficit de pressão de vapor		
E = taxa de transpiração		
gs = condutância estomática		
A = taxa de fotossíntese líquida		

**Tabela 6** – Curso diário da transpiração (E) em *Ziziphus joazeiro* nos períodos seco e úmido em duas ecorregiões do estado de Sergipe (Agreste e Sertão). Os valores são médias seguidas dos desvios-padrão. Letras iguais minúsculas entre locais e maiúsculas entre períodos não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Agreste	08	3,22 ± 0,68 aA	4,03 ± 0,76 aA
	10	4,04 ± 0,79 aA	3,76 ± 0,80 aA
	12	2,73 ± 0,63 aA	3,81 ± 1,38 aA
	14	3,06 ± 0,56 aA	3,66 ± 0,94 aA
	16	2,49 ± 0,67 aA	3,31 ± 0,79 aA
Sertão	8	2,99 ± 0,78 aA	4,19 ± 0,69 aA
	10	3,18 ± 0,97 aA	3,83 ± 1,17 aA
	12	3,41 ± 1,35 aA	3,51 ± 1,92 aA
	14	2,81 ± 1,45 aA	3,12 ± 2,57 aA
	16	3,28 ± 0,75 aA	3,17 ± 0,84 aA

**Tabela 7** – Curso diário da Condutância estomática (gs) em *Ziziphus joazeiro* nos períodos seco e úmido em duas ecorregiões do estado de Sergipe (Agreste e Sertão). Os valores são médias seguidas dos desvios-padrão. Letras iguais minúsculas entre locais e maiúsculas entre períodos não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Agreste	08	183,53 ± 38,37 aA	97,58 ± 22,52 bB
	10	140,64 ± 39,62 aA	78,55 ± 32,51 aB
	12	96,46 ± 28,97 aA	84,36 ± 37,59 aA
	14	103,96 ± 37,45 aA	83,86 ± 33,33 aA
	16	117,85 ± 34,62 aA	96,01 ± 29,92 aA

Tabela 7 - Continuação.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Sertão	8	150,46 ± 52,14 aA	189,58 ± 45,18 aA
	10	95,64 ± 33,58 aA	101,00 ± 58,34 aA
	12	72,53 ± 44,54 aA	74,73 ± 44,34 aA
	14	60,60 ± 41,43 aA	58,13 ± 59,32 aA
	16	90,10 ± 38,36 aA	87,92 ± 42,20 aA

Os valores da condutância estomática (*gs*) foram maiores no início da manhã, decrescendo gradativamente ao longo do dia e aumentando no final da tarde. A regressão entre a condutância estomática e o horário do dia foi significativa para o Agreste no período úmido e para o Sertão nos períodos seco e úmido (Tabela 4). Os valores de (*gs*) diferiram significativamente apenas entre os períodos seco e úmido no Agreste e entre as ecorregiões Agreste e Sertão no período seco às 8h (Tabela 7). Em um trabalho com espécies da caatinga, no início da estação seca, foi constatado que a resistência estomática foi menor às 10h em *Z. Juazeiro*, indicando maior condutância estomática neste horário (Silva *et al.*, 2004).

A eficiência fotoquímica do fotossistema II (*Fv/Fm*) teve pouca variação no curso diário, seus valores oscilaram entre 0,76 e 0,79 no período seco e de 0,78 a 0,80 no período úmido no Agreste. No Sertão essa variação foi entre 0,77 e 0,78 no período úmido e de 0,77 até 0,80 no período seco (Tabela 7). Quando as plantas estiverem em condições não estressantes, os valores da eficiência fotoquímica do fotossistema II (*Fv/Fm*) devem estar entre 0,75 e 0,85 (Maxwell & Johnson, 2000). Os resultados do presente estudo se encontram dentro da referida faixa, indicando que não havia fotoinibição nas plantas.

**Tabela 8** – Curso diário da Eficiência da fotoquímica do Fotossistema (FV/FM) em *Ziziphus joazeiro* nos períodos seco e úmido em duas ecorregiões do estado de Sergipe (Agreste e Sertão). Os valores são médias seguidas dos desvios-padrão. Letras iguais minúsculas entre locais e maiúsculas entre períodos não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Agreste	08	0,78 ± 0,01 aA	0,77 ± 0,04 aA
	10	0,78 ± 0,01 aA	0,76 ± 0,03 aA
	12	0,80 ± 0,01 aA	0,78 ± 0,01 aA
	14	0,79 ± 0,02 aA	0,79 ± 0,01 aA
	16	0,80 ± 0,01 aA	0,79 ± 0,01 aA
Sertão	8	0,78 ± 0,03 aA	0,81 ± 0,02 bA
	10	0,77 ± 0,03 aA	0,79 ± 0,02 aA
	12	0,76 ± 0,02 aA	0,78 ± 0,02 aA
	14	0,78 ± 0,01 aA	0,77 ± 0,01 aA
	16	0,78 ± 0,00 aA	0,78 ± 0,04 aA

Mesmo em períodos de baixa precipitação, o fotossistema II das plantas de *Z. joazeiro* continuou funcionando dentro dos parâmetros considerados normais. Isto evidencia que a deficiência hídrica e as condições climáticas não foram sufi-

cientes para provocar danos ao aparato fotoquímico. Em um trabalho com mudas de palmeiras verificou-se fotoinibição, com valor de 0,7 para a eficiência fotoquímica *Fv/Fm* após imposição de estresse hídrico (Suresh, 2010). As médias dos



valores dos tratamentos comparadas pelo teste estatístico diferiram apenas entre as ecorregiões Agreste e Sertão no período seco às 8h (Tabela 8).

A área, que mede o *Pool* de elétrons transportado pelo centro de reação do fotossistema II, variou apenas entre o Sertão e Agreste no período seco (Tabela 9). A avaliação da área acima da curva *OJIP* em duas espécies na Amazônia mostrou que área foi menor para a espécie *D. odorata*

em relação à espécie *C. guianensis*, com isto, concluiu-se que *C. guianensis* apresentou maior estoque de aceptores de elétrons do fotossistema II (Gonçalves *et al.*, 2010). Logo, pode-se dizer que as condições ambientais encontradas no Sertão no período seco influenciam o fotossistema do *Z. juazeiro*, diminuindo o número de aceptores de elétrons.

**Tabela 9** – Área (*pool* de elétrons transportados pelo ciclo de Calvin) em *Ziziphus joazeiro* durante o curso diário nos períodos seco e úmido em duas ecorregiões do estado de Sergipe (Agreste e Sertão). Valores são médias seguidas dos desvios padrão. Letras iguais minúsculas entre locais e maiúsculas entre períodos não diferiram pelo teste de Tukey 5% de probabilidade.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Agreste	08	50600,29 ± 10401,16 aA	39690,30 ± 9889,60 aA
	10	45234,86 ± 8267,53 aA	34017,90 ± 6334,76 aA
	12	48698,14 ± 12027,58 aA	39636,10 ± 5692,13 aA
	14	48480,71 ± 10801,93 aA	45058,20 ± 7699,87 aA
	16	51123,57 ± 12854,99 aA	47526,70 ± 8498,69 aA
Sertão	8	39690,30 ± 16274,41 aA	37154,78 ± 9785,63 aA
	10	37848,57 ± 7809,65 aA	30555,80 ± 9003,55 aA
	12	37211,14 ± 6665,85 aA	30152,60 ± 10988,72 aA
	14	41079,57 ± 7609,05 aA	33260,89 ± 10060,26 bA
	16	43209,00 ± 7466,06 aA	37270,33 ± 13764,83 aA

Os valores do Índice de *Performance* (PI) não diferiram estatisticamente entre locais e períodos (Tabela 10), isto indica que precipitação e umidade relativa do ar baixas e a temperatura elevada na ecorregião Sertão não resultaram em estresse nas plantas de juazeiros se comparados com os do Agreste.

**Tabela 10** – Índice de *Performance* (PI) em *Ziziphus joazeiro* durante o curso diário nos períodos seco e úmido em duas ecorregiões do estado de Sergipe (Agreste e Sertão). Os valores são médias seguidas dos desvios-padrão. Letras iguais minúsculas entre locais e maiúsculas entre períodos não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Agreste	08	1,74 ± 1,20 aA	1,26 ± 0,77 aA
	10	1,69 ± 0,97 aA	1,06 ± 0,46 aA
	12	2,28 ± 1,18 aA	1,60 ± 0,40 aA
	14	2,24 ± 1,56 aA	1,91 ± 0,67 aA
	16	2,50 ± 1,94 aA	2,02 ± 0,70 aA

Tabela 10 - Continuação.

Locais	Hora	Períodos	
		Úmido	Seco
Sertão	8	1,73 ± 1,49 aA	1,73 ± 1,18 aA
	10	1,37 ± 0,81 aA	1,24 ± 0,81 aA
	12	1,16 ± 0,52 aA	1,23 ± 0,87 aA
	14	1,69 ± 0,33 aA	1,13 ± 0,66 aA
	16	1,76 ± 0,31 aA	1,13 ± 0,73 aA

## CONCLUSÃO

A espécie *Z. joazeiro* apresenta estratégias de sobrevivência eficientes ao déficit hídrico, assimilando mais CO<sub>2</sub> na ecorregião Agreste, onde há melhores condições ambientais. Apesar de a espécie apresentar maior assimilação no Agreste no período úmido, ela está bem adaptada tanto ao Agreste quanto ao Sertão e apresenta um aparato fotossintético eficiente, não apresentando fotoinibição mesmo em períodos secos.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES

## REFERÊNCIAS

- Andrade-Lima, D. de.** 2007. Estudos Fitogeográficos de Pernambuco. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, p.243-274.
- Araújo, F.S., M.J.N. Rodal, M.R.V. Barbosa & F.R. Martins.** 2005. Repartição da flora lenhosa no Domínio da Caatinga. In: Araújo, F. S., M.J.N. Rodal, M.R.V. Barbosa, (Org.). Análise das variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação. Brasília: MMA p.15-36.
- Carvalho, P.E.R.** 2007. Juazeiro: *Ziziphus joazeiro*. *Embrapa*, Colombo, p.1-8.
- Christen, D., S. Schonmann, M. Jermini, R.J. Strasser & G., Défago.** 2007. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by in situ chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. *Env. Exp. Botany*. 60, p. 504 - 514.
- Cunningham, S.C.** 2006. Effects of Vapour Pressure Deficit on Growth of Temperate and Tropical Evergreen Rainforest Trees of Australia. *Acta Oecologica*. 399 - 406.
- Dias, D.P. & R.A. Marengo.** 2007. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42: 305-311.
- Drumond, M. A., L.H.P. Kiill, P.C.F. Lima, M.C. Oliveira, V.R. Oliveira, S.G. Albuquerque, C.E.S. Nascimento & J. Cavalcanti.** 2000. Avaliações e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga: Estratégias para o Uso Sustentável da Biodiversidade da Caatinga.
- Giulietti, A.M., A.L. Bocage Neta, A.A.J.F. Castro, C.F.L. Gamarra-Rojas, E.V.S.B. Sampaio, J.F. Virgínio, L.P. Queiroz, M.A. Figueiredo, M.J.N. Rodal, M.R.V. Barbosa & R.M. Harley.** 2003. Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga. In: Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Ministério do Meio Ambiente. 47-78
- Gonçalves, J.F.C. & Jr.U.M. Santos.** 2005. Utilization of the chlorophyll a fluorescence technique as a tool for selecting tolerant species to environments of high irradiance. *Brazilian Journal Plant Physiology*.17: 307 - 313.

- Gonçalves, J.F.de C., C.E.M. da Silva & D.G. Guimarães.** 2009. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. Pesquisa agropecuária brasileira. 44: 8-14.
- Gonçalves, J.F.de C., C.E. Silva, D.G. Guimarães & R.S. Bernardes.** 2010. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila *a* de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. Acta Amazonica. 40: 89 – 98.
- INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais),** 2012. (<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/pcd.jsp?uf=25>); acessado em 30 de dezembro de 2012.
- Lacerda, A.V., F.M. Barbosa & M.R.V. Barbosa.** 2007. Estudo do comportamento arbustivo-arbóreo de matas ciliares na bacia do rio Taperobá, semiárido paraibano: uma perspectiva para a sustentabilidade dos recursos naturais. Oecologia Brasiliensis. 11: 331 – 340.
- Lepsch, I.F.** 2002. Formação e Conservação dos Solos. Oficina de Textos. 129.
- Marengo, R. A. & N. F. Lopes.** Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2009. 486 p
- Marengo, R. A. & N. F. Lopes.** 2009. Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, p. 486 -488.
- Maxwell, K. & G.N. Johnson.** 2000. Chlorophyll Fluorescence – a practical guide. Journal of Experimental Botany. 51: 659-668.
- Mendoza, R.A.M. & N.F. Lopes.** 2007. Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, Respiração, Relações Hídricas e Nutrição Mineral. 2ª edição. Rev. Ampl. Viçosa: UFV. p.469.
- Morais, R.R. de, J.F. de C. Golçalves, U.M. dos Santos Júnior, O. Dunisch & A.L.W. dos Santos.** 2007. Chloroplastid Pigment Contents and Chlorophyll *a* Fluorescence in Amazonian Tropical Three Species. Revista Árvore. 31: 959-966
- Passos, C.D., E.E.M. Passos & C.H.B.de A. Prado.** 2005. Comportamento Sazonal do Potencial Hídrico e das Trocas Gasosas de Quatro Variedades de Coqueiro-Anão. Revista Brasileira de Fruticultura. 27: 248-254.
- Prado, D. E.** 2003. As Caatingas da América do Sul. In: Leal, I.R.; Tabarelli, M.; Silva, J.M.C.(ed.). Ecologia e conservação da caatinga. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 3-73.
- Raven, P.H., R.F. Evert & S.E. Eichhorn.** 2001. Biologia Vegetal. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 90-108.
- Santos, R.F. & R. Carlesso.** 1999. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 3: 1-6.
- SEMARH - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS.** Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos (SIRHSE). Disponível em: [http://sirhse.semarh.se.gov.br/sirhse/index.php/macroplanejamento/bacias\\_hidrograficas/estadoClima/estado](http://sirhse.semarh.se.gov.br/sirhse/index.php/macroplanejamento/bacias_hidrograficas/estadoClima/estado). Acessado em: 28 de dezembro de 2012.
- Silva Junior, C.D. da, P.A.A., Santos, J.M.S. Lira, & M.C. de Santana.** 2010. Curso Diário das Trocas Gasosas em Plantas de Feijão-caupi Submetidas à Deficiência Hídrica. Revista Caatinga. 23: 7-13.
- Silva, E.C. da, R.J.M.C. Nogueira, A.D. de Azevedo Neto, J.Z. de Brito & E.L. Cabral.** 2004. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. *IHERINGIA*, Série Botânica. 59: 201-205.
- Silva, E.C.; R.J.M.C. Nogueira; A.D.A. Neto, J.Z. Brito & E.L. Cabral.** 2004. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. *IHERINGIA*, Série Botânica. 59: 201-205
- Srivastava, A.; R.J. Strasser, Govindjee.** 1999. Greening of peas: parallel measurements of 77 K emission spectra, OJIP chlorophyll *a* fluorescence transient, period four oscillation of the initial fluorescence level, delayed light emission, and P700. Photosynthetica. 365-392.
- Strasser, B.J. & R.J. Strasser.** 1995. Measuring fast fluorescence transients to address environmental question: The JIP - Test. In: Mathis P. (ed.), Photosynthesis: from light to biosphere. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academy Publisher. 977 – 980.

**Suresh, K., C. Nagamani, K. Ramachandrudu & R.K. Mathur.** 2010. Gas-exchange characteristics, leaf water potential and chlorophyll *a* fluorescence in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings under water stress and recovery. *Photosynthetica*. p. 430-436.

**Tigre, C.B.** 1977. Estudo de silvicultura especializada do nordeste. P.179.

**Trovão, D.M.B.M., P.D. Fernandes, L.A. Andrade & J.D. Neto.** 2007. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.1: 307-311.

Recebido em 15.I.2014

Aceito em 13.IV.2015