

CAPACIDADE FOTOSSINTÉTICA E ONTOGENIA FOLIAR DA  
VIDEIRA 'NIAGARA ROSADA' CULTIVADA SOB COBERTURA  
PLÁSTICA NO NORTE FLUMINENSE

**BRUNA CORRÊA DA SILVA DE DEUS**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ  
MARÇO DE 2014

CAPACIDADE FOTOSSINTÉTICA E ONTOGENIA FOLIAR DA  
VIDEIRA 'NIAGARA ROSADA' CULTIVADA SOB COBERTURA  
PLÁSTICA NO NORTE FLUMINENSE

**BRUNA CORRÊA DA SILVA DE DEUS**

"Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal."

Orientador: Prof. Eliemar Campostrini

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

MARÇO DE 2014

CAPACIDADE FOTOSSINTÉTICA E ONTOGENIA FOLIAR DA  
VIDEIRA 'NIAGARA ROSADA' CULTIVADA SOB COBERTURA  
PLÁSTICA NO NORTE FLUMINENSE

**BRUNA CORRÊA DA SILVA DE DEUS**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 10 de Março de 2014

Comissão Examinadora:

---

Dr<sup>a</sup>. Amanda Oliveira Martins (D.Sc. Genética e Melhoramento de Planta) - UENF

---

Dr. Leandro Hespanhol Viana (D.Sc. Produção Vegetal) - UENF

---

Prof. Anderson Lopes Peçanha (D.Sc. Produção Vegetal) - UFES

---

Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo (D.Sc. Produção Vegetal) -  
UENF  
(Coorientador)

---

Prof. Eliemar Campostrini (D.Sc. Produção Vegetal) – UENF  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus;

Aos meus pais, Joel e Luci, por todo amor e por estarem presentes em todos os momentos da minha vida me incentivando sempre;

À minha irmã Nathalia pela companhia, pela amizade e pelo amor;

Ao meu namorado Adolfo por todo amor, carinho e incentivo;

Aos amigos do Setor de Fisiologia Vegetal pelo apoio e companheirismo;

À Dr<sup>a</sup> Amanda por participar da banca e pelo apoio na realização deste trabalho;

Ao Prof. Anderson Lopes Peçanha pela participação na banca de defesa;

Ao Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo pela coorientação;

Ao meu orientador Prof. Eliemar Campostrini pelos ensinamentos e pela orientação para realização deste trabalho;

Ao Dr. Leandro Hespanhol Viana por fazer parte da banca e por nos receber no sítio onde foi realizado o experimento;

A CAPES pelo apoio financeiro fundamental para a realização da pesquisa;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade de realizar esse objetivo;

E a todos que fizeram parte dessa etapa da minha vida, mas que não foram mencionados aqui.

## SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS	Vi
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura.....	3
2.1. 'Niagara Rosada'.....	3
2.2. Características ambientais necessárias ao cultivo da videira.....	5
2.3. Cultivo protegido.....	6
2.4. Influência do microclima na ecofisiologia de videiras.....	8
2.5. Ontogenia foliar.....	10
3. Objetivos.....	12
3.1. Objetivo geral.....	12
3.2. Objetivos específicos.....	12
4. Material e métodos.....	14
4.1. Material vegetal.....	14
4.2. Condições de cultivo e estabelecimento dos tratamentos.....	14
4.3. Variáveis climatológicas.....	17
4.4. Análises relacionadas à capacidade fotossintética.....	17
4.4.1. Trocas gasosas.....	17

4.4.2. Eficiência de Uso da Água (EUA, A/E) e a eficiência intrínseca no uso da água (EIUA, A/g <sub>s</sub> ).....	18
4.4.3. Rendimento quântico máximo do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ).....	18
4.4.4. Índice fotossintético (PI).....	19
4.4.5. Intensidade de verde - Índice Spad.....	19
4.4.6. Termografia por infravermelho.....	19
4.5. Ontogenia foliar.....	20
4.5.1. Massa foliar específica.....	20
4.6. Análise estatística.....	20
5. Resultados e discussão.....	21
6. Resumo e Conclusões.....	42
Referências bibliográficas.....	44

## LISTA DE SÍMBOLOS

A: taxa fotossintética líquida

ATP: adenosina trifosfato

Ca: concentração de CO<sub>2</sub> no exterior da folha

CC: capacidade de campo

CCP: com cobertura plástica

Ci: concentração de CO<sub>2</sub> no interior do mesófilo

CNC: comprimento da nervura central

CO<sub>2</sub>: gás carbônico

DAP: dias após a poda

DIC: delineamento inteiramente casualizado

DPV: déficit de pressão de vapor

E: taxa transpiratória

EIUA: eficiência intrínseca do uso da água

ETc: evapotranspiração da cultura

Eto: evapotranspiração de referência

EUA: eficiência do uso da água

EUAp: eficiência de uso da água que considera a produtividade

exp: exponencial

F<sub>0</sub>: fluorescência inicial

FAOSTAT: Food and agriculture organization statistical database

F<sub>m</sub>: fluorescência máxima

FSII: fotossistema II  
F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>: rendimento quântico máximo do fotossistema II  
F<sub>v</sub>: fluorescência variável  
gs: condutância estomática  
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e estatística  
IRGA: analisador de gás por infravermelho  
MFE: massa foliar específica  
MG: Minas Gerais  
MPC: medidor portátil de clorofila  
NADP<sup>+</sup>: nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato  
NADPH: nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato desidrogenase  
PEA: Plant Efficiency Analyser  
PEBD: polietileno de baixa densidade  
PI: índice fotossintético (do inglês, "*Photosynthetic index*")  
PMP: ponto de murcha permanente  
Qa: quinona A  
RFA: radiação fotossinteticamente ativa  
RS: Rio Grande do Sul  
Rubisco: Ribulose-1,5-bifosfato carboxilase-oxigenase  
SCP: sem cobertura plástica  
T°: temperatura em graus Celsius  
Trioses-P: trioses fosfato  
UR: umidade relativa  
V: volume de água  
Σ: somatório

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista distante do cultivo de videiras no sítio Tabuinha, 3º distrito do município de São Fidélis. A cobertura total se refere à tela antipássaro. No tratamento com cobertura, está a cobertura de polietileno de baixa densidade abaixo da tela antipássaro.

Figura 2 - Detalhe da cobertura plástica (A) e da tela antipássaro (B) sobre o vinhedo no sítio Tabuinha, 3º distrito do município de São Fidélis.

Figura 3 - Temperatura do ar (°C) (A e B), Umidade relativa do ar (%) (C e D) e Déficit de pressão de vapor do ar (KPa) (E e F) durante o período experimental nos sistemas de cultivo SCP e CCP. As setas pretas indicam os dias das avaliações e as setas largas assim como as linhas horizontais indicam a média dos dados mostrados durante todo o período experimental. (Abril a junho de 2013, São Fidélis, RJ).

Figura 4 - Radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{mmol fótons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) durante o período experimental nos sistemas de cultivo SCP (A) e CCP (B). As setas pretas indicam os dias das avaliações e as setas largas assim como as linhas indicam a média dos dados mostrados durante todo o período experimental. (Abril a junho de 2013, São Fidélis, RJ).

Figura 5 - Intensidade de verde (A) e média da intensidade de verde (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratameto

corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 6 - Relação  $F_v/F_m$  obtida às 08:00 (A) e relação  $F_v/F_m$  obtida às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 7 - Índice fotossintético obtido às 08:00 (A) e índice fotossintético obtido às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 8 - Taxa fotossintética líquida obtida às 08:00 (A) e taxa fotossintética líquida obtida às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 9 - Média da taxa fotossintética líquida ao longo do experimento às 08:00 (A) e média da taxa fotossintética líquida ao longo do experimento às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 10 - Condutância estomática obtida às 08:00 (A) e condutância estomática obtida às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 11 - Média da Condutância estomática obtida às 08:00 (A) e média da condutância estomática obtida às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 12 - Déficit de pressão de vapor do ar (KPa) (A e B) obtido no horário das avaliações durante o período experimental. As setas pretas indicam os dias das avaliações e as setas largas assim como as linhas indicam a média dos dados mostrados durante todo o período experimental.

Figura 13 - Taxa transpiratória obtida às 08:00 (A) e taxa transpiratória obtida às 12:00 (B), média da taxa transpiratória ao longo do experimento às 08:00 (C) e média da taxa transpiratória ao longo do experimento às 12:00 (D) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 14 - Temperatura foliar de videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP avaliada às 12:00 obtida no último dia de avaliação, aos 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 15 - Termografia por infravermelho de videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP obtida no último dia de avaliação do experimento, aos 105 DAP. Cada fotografia representa a média de 12 repetições.

Figura 16 - Relação Ci/Ca obtida às 08:00 (A); relação Ci/Ca obtida às 12:00 (B); média da relação Ci/Ca ao longo do experimento às 08:00 (C); média da relação Ci/Ca ao longo do experimento às 12:00 em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 17 - Eficiência intrínseca no uso da água obtida às 12:00 (A); eficiência no uso da água obtida às 12:00 (B); média da eficiência intrínseca no uso da água ao longo do experimento às 12:00 (C); média da eficiência no uso da água ao longo do experimento às 12:00 em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 18. Relação entre A versus gs e A versus E em videira 'Niagara Rosada' cultivada no norte do estado do Rio de Janeiro. Cada tratamento contém 60

repetições, obtidas 12 em cada dia de avaliação das trocas gasosas às 12:00, ao longo do experimento.

Figura 19 - Comprimento da nervura central (A) e intensidade de verde (B) em folhas de videiras 'Niagara Rosada' crescidas CCP e SCP durante 112 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 20 - Relação  $F_v/F_m$  (A); índice fotossintético (B); média da relação  $F_v/F_m$  ao longo do experimento (C); média do índice fotossintético ao longo do experimento (D) em plantas de videiras 'Niagara Rosada' crescidas CCP e SCP durante 112 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Figura 21 - Massa foliar específica em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP obtida no último dia de avaliação, aos 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

## RESUMO

DE DEUS, Bruna Corrêa da Silva; M.Sc.. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2014. Capacidade fotossintética e ontogenia foliar da videira 'Niagara Rosada' cultivada sob cobertura plástica no Norte Fluminense. Orientador: Prof. D. Sc. Eliemar Campostrini. Coorientador: Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo

O crescente número populacional tem levado a um aumento na produção de alimentos. Assim, novas técnicas têm sido empregadas a fim de aumentar a produtividade e melhorar a qualidade do alimento. A utilização da cobertura plástica vem sendo feita com o objetivo de reduzir os impactos dos fatores climáticos no crescimento, no desenvolvimento e na produtividade das videiras. Entretanto, a região Norte Fluminense carece de estudos associados à eficiência fotossintética e ao crescimento, para que se possa otimizar a implementação desta técnica na região. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi aferir as variáveis climatológicas, avaliar a capacidade fotossintética, a eficiência fotoquímica, a temperatura foliar, a eficiência do uso da água e a ontogenia foliar em videiras 'Niagara Rosada' crescidas sob cobertura plástica e sem cobertura plástica. O experimento foi realizado entre os meses de abril e junho no sítio Tabuinha localizado no 3º distrito do município de São Fidélis. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 2 tratamentos (CCP - com cobertura plástica e SCP - sem cobertura plástica) e 12 repetições. As avaliações relacionadas à capacidade fotossintética tiveram início aos 42 dias após a poda e consistiram nas variáveis climatológicas (temperatura, umidade relativa do ar e

déficit de pressão de vapor), nas trocas gasosas (taxa fotossintética, transpiração e condutância estomática), no rendimento quântico máximo do fotossistema II, na intensidade de verde, na temperatura foliar e na eficiência do uso da água. Enquanto as avaliações relacionadas à ontogenia foliar iniciaram aos 28 dias após a poda e consistiram na obtenção do comprimento da nervura central, da intensidade de verde, do rendimento quântico máximo do fotossistema II, do índice fotossintético e da massa foliar específica. Por meio dos resultados obtidos, foi possível mostrar que a cobertura plástica avaliada no presente estudo, no norte do estado do Rio de Janeiro, em plantas de videira Niagara Rosada, aumentou a temperatura máxima do ar em 2,3°C, reduziu a umidade relativa em 1,5%, incrementou o déficit de pressão de vapor do  $a_{r_{max}}$  em 0,4kPa, e causou redução na intensidade da luz em 47,7%. Estas alterações no sistema de cultivo CCP não causaram comprometimento na eficiência fotoquímica das folhas das plantas, entretanto, causaram uma redução na temperatura foliar ao meio-dia. Esta menor temperatura foliar foi causada por uma maior transpiração das folhas neste horário. O sistema CCP promoveu maior taxa fotossintética pela manhã, que foi associada à maior condutância estomática neste horário de cultivo. Esta maior abertura estomática pela manhã causou uma menor eficiência intrínseca no uso da água. O sistema CCP não alterou a ontogenia foliar. Desta maneira, o sistema de cultivo CCP utilizado no Norte Fluminense como forma de evitar o molhamento foliar, não causou comprometimentos na capacidade fotossintética e na ontogenia foliar da videira 'Niagara Rosada'.

**Termos de indexação:** Capacidade fotossintética, ontogenia, fluorescência da clorofila, termografia, 'Niagara Rosada', Norte Fluminense.

## ABSTRACT

DE DEUS, Bruna Corrêa da Silva; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2014. Photosynthetic capacity and leaf ontogeny of the grapevine 'Niagara Rosada' cultivated in plastic cover at the North part of Rio de Janeiro state. Advisor: Prof. D.Sc. Eliemar Campostrini. Co-advisor: Dr. Fábio Afonso Mazzei Moura de Assis Figueiredo

The growing population number has led to increase in the food production. Thus, new techniques have been employed to increase productivity and improve the quality of the food. The utilization of plastic cover has been taken with the aim to reduce impacts of climatic factors on growing, development and productivity of vines. However, the north part of Rio de Janeiro region has lacks of studies associated to photosynthetic efficiency and to the growing, so can optimizer the implementation of this technique at the region. Thus, the aim of this study was to assess the climatic variables, evaluating the photosynthetic capacity, photochemical efficiency, leaf temperature, water use efficiency and leaf ontogeny in vines 'Niagara Rosada' cultivated under plastic cover and without plastic cover. The experiment was taken between April and June at the croft Tabuinha placed at the 3<sup>o</sup> district of the city São Fidélis. The experimental design was randomized with 2 treatments (WPC - with plastic cover and WoPC - without plastic cover) and 12 repetitions. The evaluations related to photosynthetic capacity started 42 DAP (days after pruning) and consisted of the climatological variables (temperature, relative humidity and vapor pressure deficit), gas exchange (photosynthetic rate, transpiration and stomatal conductance), maximum quantum yield of photosystem

II, green intensity, leaf temperature and water use efficiency. While the evaluations related to leaf ontogeny started 28 days after pruning and consisted to obtain the main vein leaf length, green intensity, maximum quantum yield of photosystem II, photosynthetic index and specific leaf mass. Through results obtained, it was possible to show that the plastic cover in this study, at the North part of Rio de Janeiro state, in plants of 'Niagara Rosada', increased the maximum temperature in 2,3°C, reduced the relative humidity on 1,5%, increased the vapor pressure deficit<sub>máx</sub> on 0,4KPa and caused a reduction in light intensity on 47,7%. These changes at the system didn't cause impairment in the photochemical efficiency of the plants leaves, however, caused a reduction in leaf temperature at noon. This lower leaf temperature was caused by the greater transpiration of the leaves at this time. The CCP system promoted greater photosynthetic rate by the morning, which was associated with higher gas this time of cultivation. This increased stomatal opening by the morning caused lower intrinsic water use efficiency. The CCP system didn't alter leaf ontogeny. Thus, the cultivation system used at the North part of Rio de Janeiro state CCP as a way to avoid leaf wetness caused no impairments in photosynthetic capacity and leaf ontogeny of 'Niagara Rosada'.

**Keywords:** Photosynthetic capacity, ontogeny, chlorophyll fluorescence, thermograph, 'Niagara Rosada', North part of Rio de Janeiro state.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, devido ao crescente número de pessoas, tem-se observado um aumento na produção de alimentos e, conseqüentemente, na área destinada à agricultura. Assim, torna-se necessário o emprego de técnicas agrícolas que visem, além do aumento da produção de alimentos, a aplicação de tecnologias associadas às melhores condições para o crescimento, o desenvolvimento e, certamente a elevação da produtividade e qualidade das culturas de interesse agrônômico.

Nos últimos anos, foi possível verificar que o consumo brasileiro de uva *in natura* teve um crescimento. Este consumo encontrava-se em torno de 0,58 Kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em 2002, e no ano de 2008, chegou a 0,76 Kg.hab<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Silveira et al., 2011). Atualmente, o Brasil se encontra no 12º lugar no *ranking* mundial da lista dos países produtores de uva (FAOSTAT, 2014). Devido a esse aumento, um acréscimo constante na área plantada foi observado, assim como um maior emprego de tecnologias no cultivo da videira, proporcionando aumentos significativos na produtividade (IBGE, 2011).

Uma das técnicas utilizadas para melhorar a produção e qualidade da videira é a utilização da cobertura plástica sobre as plantas, por meio de estruturas feitas de madeira com uma cobertura de um plástico especial. Esta técnica objetiva minimizar os efeitos danosos no dossel da videira causados pelo microclima (Chavarria et al., 2010). Dentre os efeitos danosos do microclima sobre o dossel destaca-se o molhamento da folha, o que pode causar maior

incidência de doenças, e a ação da chuva de granizo, o que causa redução acentuada na área foliar. Estes dois fatores ambientais podem reduzir significativamente a produtividade e qualidade dos frutos da videira.

É possível verificar a aplicação e o estudo desta técnica tanto em uvas destinadas à produção de vinho (Silva et al., 2008; Chavarria et al., 2009) quanto em uvas destinadas ao consumo *in natura* como uva de mesa (Lulu et al., 2005). Os efeitos da utilização da cobertura plástica já foram estudados em algumas regiões como Minas Gerais, onde foram avaliados em videiras sombreadas os efeitos na produtividade e na qualidade do fruto (Peruzzo, 1990); e Rio Grande do Sul, onde foi avaliada a poda de verão em videiras crescidas sob estufa plástica (Conte, 1996), por exemplo.

O Norte/Noroeste do estado do Rio de Janeiro é uma região que vem ganhando destaque no cultivo da videira. Nesta região, é possível encontrar características climáticas favoráveis ao cultivo desta espécie, como água em abundância, temperatura do ar adequada e radiação solar em níveis considerados ótimos. O aumento na área plantada e, conseqüentemente, na produtividade vem permitindo o fornecimento de frutos desta espécie para supermercados da região. Entretanto, nesta região, poucos são os estudos a cerca do efeito da cobertura plástica sobre a capacidade fotossintética, o crescimento e a produtividade da videira. Os pequenos agricultores da região, os quais são os principais responsáveis pela produção, objetivam o incremento da produção de uvas, com qualidade, por meio de novas técnicas de manejo para a cultura.

Assim, o estudo das respostas da videira à utilização da cobertura plástica na região Norte Fluminense é extremamente necessário para avaliar os efeitos desta técnica sobre a assimilação fotossintética do carbono, a eficiência fotoquímica, e o crescimento da videira cultivada nesta região. As avaliações das características fisiológicas relacionadas ao processo fotossintético, como as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila *a*, bem como as avaliações relacionadas ao crescimento, são indicadores importantes do metabolismo da videira.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi verificar se a cobertura plástica utilizada nesta investigação irá afetar a capacidade fotossintética e a ontogenia da videira 'Niagara Rosada' cultivada no Norte Fluminense.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. 'Niagara Rosada'

A videira, arbusto que produz a uva, é pertencente à família Vitaceae em que as flores apresentam corola de pétalas soldadas na parte superior, perfloração valvar, cálice pouco desenvolvido, gineceu bicarpelar e bilocular e fruto tipo baga (Hidalgo, 1993; Alvarenga, et al., 1998). As plantas da espécie são lenhosas ou herbáceas, e morfologicamente são caracterizadas pela ocorrência de gavinhas e inflorescências opostas às folhas (Mullins et al., 1992).

A família Vitaceae engloba os gêneros *Vitis*, *Muscadinia*, *Amelcissus*, *Parthenocissus*, *Landukia*, *Ampelopsis*, *Clematicissus* e *Rhoicissus*, e pertence a um grupo homogêneo da maioria das plantas lenhosas, as quais são caracterizadas por flores pentamerasas e por cariótipos de  $2n=40$ . Uma exceção a esta informação é a *Vitis*, na qual possui  $2n=38$ . Em todos os casos, os cromossomos são pequenos e o gene (genera) pode ser de origem poliploide (Mullins et al., 2004).

O gênero *Vitis* engloba o subgênero *Euvitis* (videiras verdadeiras) (Winkler et al., 1974). No subgênero *Euvitis*, as principais uvas para o consumo são a *Vitis vinifera* e a *Vitis labrusca*, sendo as cultivares Isabel, Concord e Niagara pertencentes à espécie *Vitis labrusca*.

A *Vitis vinifera* teve origem na Ásia, e o cultivo que é feito em regiões de clima temperado, praticamente, se destina à produção de vinho. Já a *Vitis*

*labusca*, teve origem na América e o cultivo é destinado ao consumo *in natura*, como uva de mesa e para a produção de sucos.

A cultivar 'Niagara Rosada' é o resultado de uma mutação somática natural da cultivar Niagara Branca, ocorrida no município de Jundiaí-SP em 1933. De procedência norte-americana, a origem da Niagara Branca remonta ao ano de 1868, de um cruzamento de duas cultivares americanas: Concord e Cassidy. A 'Niagara Rosada' possui as mesmas características da Niagara Branca, exceto a cor, que é mais atraente ao consumidor (Pommer et al., 1997).

O ciclo fenológico da videira tem início a partir da poda, e as condições climáticas predominantes neste período podem influenciar os estádios fenológicos da espécie (Leão e Silva, 2003). Ou seja, as condições climáticas após a poda influenciam o desenvolvimento, a produção e a qualidade da uva, sendo que cada um desses estádios necessita de quantidades diferentes de luz, de água e de temperatura (Mandelli, 2005).

A uva possui muitas formas de uso, por exemplo, como fruta fresca, frutas secas (passas), suco de uva e vinho. Além dessas formas de uso, há também as formas de uso industrial da uva e dos produtos derivados da planta, incluindo o óleo da semente da uva, os pigmentos denominados antocianinas e a produção de etanol. Contudo, mais do que 80% da uva produzida no mundo é usada para a produção de vinho. Suas várias formas de uso se devem ao fato da uva ser rica em carboidratos, vitaminas (tiamina, riboflavina e vitamina C), minerais e polifenóis. (Mullins et al., 2004).

A videira é considerada a frutífera mais cultivada no mundo, e é encontrada em quase todos os continentes, exceto na Antártida, sendo os maiores produtores de uva, a China e os Estados Unidos da América. Já na América do Sul, o Chile apresenta a maior produção de uva, ocupando o 7º lugar no ranking mundial, seguido pela Argentina (8º lugar) e pelo Brasil (12º lugar) (FAOSTAT, 2014).

Em 2012, no Brasil, a área plantada representou cerca de 82.507 ha. Nesse mesmo ano, a produção foi de 1.455.809 t de uva, com produtividade média obtida de 18.055 Kg ha<sup>-1</sup>. Dentre as regiões brasileiras produtoras desta importante frutífera, a região sul foi a que obteve maior produção, 1.011.040 t, sendo o Rio Grande do Sul, o maior estado produtor (841.839 t). A região sudeste

obteve uma produção de 187.471 t, com a maior produção localizada no estado de São Paulo (177.252 t) (IBGE, 2013).

Na região norte do estado do Rio de Janeiro, os estudos relacionados à videira 'Niagara Rosada' vêm sendo realizados com o objetivo de entender melhor a relação entre os efeitos dos fatores ambientais da região como água, temperatura, luz e nutrientes minerais, sobre a videira cultivada sob sistema protegido e na ausência de proteção do dossel (Viana, 2009; Cabral, 2009). Portanto, os efeitos desta técnica sobre a capacidade fotossintética e produtividade é de extrema importância a fim de otimizar a produção de videiras nesta região com expectativas de ganho de produtividade.

## **2.2. Características ambientais necessárias ao cultivo da videira**

A *Vitis Vinifera* L. é uma espécie de clima temperado. As principais áreas de viticultura estão situadas entre as latitudes de 30°N e 50°N e entre 30°S e 40°S. Segundo Sentelhas (1998), é uma planta que, assim como as outras, necessita de radiação solar adequada e a redução do fluxo de fótons fotossintéticos pode causar problemas no florescimento e na maturação (Gil, 2000). Mas, quando as plantas são submetidas a quantidades ideais de radiação solar, este fator do ambiente estimula a brotação e a fertilidade das gemas (Santos, 2006), além de interferir no acúmulo de açúcares no fruto, influenciando assim no sabor das bagas (Mullins et al.,1992; Pommer, 2003). Segundo Sentelhas (1998), a videira necessita de 1200 a 1400 horas de brilho solar, condição esta que no Brasil é encontrada desde o Rio Grande do Sul até Pernambuco.

A temperatura é um outro fator que influencia na taxa fotossintética das plantas. Segundo Sentelhas (1998), a videira apresenta maior rendimento e qualidade dos frutos quando a temperatura encontra-se entre 15 e 30°C. Já, a atividade fotossintética máxima pode ser alcançada entre as temperaturas de 10°C até 40°C, embora a faixa de temperatura média ideal para o processo fotossintético esteja entre 20°C e 30°C. Porém, segundo Kriedemann (1968), a temperatura foliar ótima para fotossíntese de videiras crescendo no campo é bastante ampla e se encontra geralmente entre 25°C e 35°C, sendo esta temperatura também eficiente para a indução do florescimento (Buttrose, 1970).

A disponibilidade hídrica é um outro fator ambiental determinante na qualidade da uva, sendo as necessidades desta planta diferentes para os diferentes estádios de desenvolvimento. É sabido que a irrigação pode afetar a produção e a qualidade da uva de mesa (Myburgh, 2003; Serman et al., 2004) e da uva de vinho (Santos e Kaye, 2009). Todavia, a videira pode se desenvolver em uma ampla faixa de variação de precipitação, como por exemplo em clima seco, com precipitações em torno de 400 a 600 mm anuais, e em outras regiões, como na serra gaúcha, com precipitações de até 1000 mm ao ano (Giovannini, 1999).

### **2.3. Cultivo Protegido**

As características ambientais são de fundamental importância no crescimento, no desenvolvimento e na maturação dos frutos da videira. Na Serra Gaúcha, os estudos realizados por Pedro Júnior et al., (2006) mostraram que a melhor safra para viticultura ocorre nos anos com menor precipitação e maior irradiância, o que favorece a maturação. Assim, tem-se aumentado o uso de coberturas plásticas no cultivo da videira com o objetivo de minimizar os efeitos do clima, principalmente os associados ao molhamento foliar (Chavarria et al., 2010). As alterações no microclima causadas pela cobertura com filme plástico, onde as plantas são cultivadas, estão relacionadas à temperatura, à incidência da radiação solar, à quantidade de água que chega às plantas e à velocidade do vento (Cardoso, 2007; Segovia et al., 1997).

Segundo Detoni et al., (2007), as respostas à minimização dos efeitos do clima incluem a redução dos tratamentos fitossanitários, a obtenção de fruto de melhor qualidade, a economia de insumos, a conservação do solo e a valorização comercial do produto devido à obtenção de colheitas fora de época. Chavarria et al., (2007) observaram que a cobertura plástica diminuiu ou até mesmo extinguiu as doenças nas videiras em decorrência da diminuição do molhamento foliar.

A cobertura plástica atua modificando a temperatura do ar. Na temperatura média, em relação ao cultivo sem cobertura, a variação pode ser de 0,5°C a 2,3°C (Cardoso et al., 2008) inferior ao cultivo sem cobertura, sendo a floração, a germinação do pólen, o crescimento do tubo polínico e a fertilidade do óvulo influenciados pela temperatura (Winkler et al., 1974), uma vez que

temperaturas elevadas podem comprometer estas características reprodutivas. Tal comprometimento poderá ocorrer devido a modificações no equilíbrio hormonal, as quais atuam no processo fisiológico das plantas (Carmo Vasconcelos et al., 2009).

Já a radiação solar, que incide nas plantas, é reduzida pela cobertura plástica (Cardoso, 2007). Essa diminuição na radiação solar incidente é muito importante, pois esta variável climática é responsável por alterações nas relações hídricas e no processo fotossintético da videira (Pezzopane et al., 2004), além de reduzir a demanda evaporativa e, conseqüentemente, a demanda hídrica da cultura (Barradas et al., 2005) e a fotoinibição.

Outro fator importante que é alterado pelo uso da cobertura plástica é a quantidade de água que chega às plantas. Durante a precipitação pluviométrica, a cobertura plástica reduz a incidência de chuva sobre as plantas. Em trabalhos realizados com videiras, em relação a um vinhedo descoberto, Santos et al., (2005) verificaram uma diminuição de 20% a 60% na disponibilidade hídrica ao longo do perfil de 30cm de profundidade do solo na linha protegida.

Os resultados obtidos por Cardoso et al., (2008) mostraram que sob a cobertura plástica, a velocidade do vento pode ser reduzida em até 90% na altura do dossel vegetativo das plantas. Esta informação é importante, pois o vento é responsável por danos mecânicos causados nas plantas e pelo fechamento estomático (Pedro Júnior et al., 1998), além de poder interferir na polinização e no pegamento do fruto, o que pode resultar na diminuição da produtividade (Norton, 1990).

Ainda, de acordo com o tipo de cobertura plástica, pode ser observada uma redução no déficit de pressão de vapor (DPV), devido à diminuição da incidência dos raios solares e da velocidade do vento (Chavarria et al., 2008). Essa diminuição observada pode ser em até 57% ao comparar com vinhedos sem cobertura plástica. A cobertura plástica pode também reduzir a umidade relativa do ar em períodos diurnos (Cardoso, 2007).

Sob cobertura plástica, as variáveis ambientais como temperatura, incidência da radiação solar, quantidade de água que chega às plantas, velocidade do vento e umidade relativa são responsáveis por efeitos diretos e indiretos no processo metabólico das plantas (Jones, 1992). Dentre os efeitos, pode-se relatar a abertura e o fechamento estomático. Este processo determinará

a perda de água pelas plantas, bem como a assimilação fotossintética do carbono, as quais serão responsáveis pela produtividade (Streck, 2003).

Certamente, os efeitos da cobertura plástica sobre o microclima dependem do tipo de cobertura plástica utilizada, bem como a distância desta cobertura em relação ao dossel foliar, e as condições climáticas na região em que essa cobertura plástica é utilizada. Portanto, os estudos locais do efeito destas estruturas sobre a capacidade fotossintética, relações hídricas e crescimento da videira são de extrema importância.

#### **2.4. Influência do microclima na ecofisiologia da videira**

Em condições de campo, as plantas crescem sob influência direta da temperatura, da luminosidade, do DPV, da disponibilidade hídrica, entre outros fatores (Chaves et al., 2002). Tais características variam de acordo com o ambiente. Para tanto, as plantas desenvolvem mecanismos de adaptação às alterações destes fatores ambientais, os quais afetam principalmente o crescimento e desenvolvimento da videira.

Por meio de equipamentos avançados, existe a possibilidade de avaliação de várias características fotossintéticas das plantas, as quais em conjunto, indicarão as respostas das plantas ao ambiente. Como por exemplo, as trocas gasosas poderão ser avaliadas por meio de analisadores de gás a infravermelho (IRGA), a temperatura da folha poderá ser obtida por meio do termógrafo por infravermelho (Bascur et al., 1985) e a emissão da fluorescência da clorofila por meio do fluorímetro (Maxwell e Johnson, 2000).

Sabe-se que a cobertura plástica pode afetar a taxa fotossintética por meio da redução da incidência de luz (Silvestrini et al., 2007). Sem a cobertura plástica, em casos de alta intensidade luminosa, o fechamento estomático poderá ocorrer, primeiramente, por meio do efeito estomático, o qual promove uma menor disponibilidade de CO<sub>2</sub> nos espaços intercelulares, reduzindo a assimilação de CO<sub>2</sub> nos cloroplastos (Faria et al., 1996). Esse fechamento estomático ocorre devido à alta temperatura foliar, o que faz com que a folha transpire em grande intensidade, conseqüentemente perdendo maior quantidade de água (sem que esta molécula seja repostada na mesma intensidade pelo sistema radicular), podendo a variação da condutância estomática ser proporcional à transpiração

(Tang et al., 2002). Já os efeitos não-estomáticos estão relacionados às alterações provocadas pela intensidade luminosa nos processos fotoquímicos (redução no transporte de elétrons, reduzindo assim a formação de ATP e NADPH) (fotoinibição) e bioquímicos (redução na eficiência carboxilativa e/ou na quantidade/atividade da RUBISCO e de outras enzimas do metabolismo fotossintético (Wise et al., 1991; Kanechi et al., 1996; Lu e Zhang, 1999).

Em conjunto com as avaliações de trocas gasosas, a emissão da fluorescência da clorofila também é um bom indicador do aparato fotossintético (fotoquímico) das plantas, pois a molécula de clorofila é crucial para que o processo fotossintético ocorra (Meyer e Genty, 1999). A relação  $F_v/F_m$ , uma variável da fluorescência da clorofila, mede a eficiência quântica dos centros de reação abertos do fotossistema II, indicando a probabilidade com que um elétron absorvido pelos pigmentos fotossintéticos do fotossistema II consiga reduzir a quinona A (Qa) (Krause e Weis, 1991). Em condições ambientais ótimas a relação  $F_v/F_m$  encontra-se entre 0,75 e 0,85 (Bolhàr-Nordenkampf e Öquist, 1993), ou seja, em uma folha saudável, existe a probabilidade de 75 a 85% de que o elétron consiga reduzir a quinona A, localizada no polipeptídeo D1 do fotossistema II.

O índice fotossintético, obtido por meio do fluorímetro, assim como a relação  $F_v/F_m$ , é um bom indicador do funcionamento do processo fotossintético nas plantas. Contudo, se trata de um índice que engloba um maior número de variáveis para ser estimado, como exemplo a densidade dos centros de reação ativos, a eficiência no transporte de elétrons após a Qa ter sido reduzida, e a probabilidade de que um fóton absorvido seja capaz de reduzir a Qa (Strasser et al., 2000). Uma das vantagens do índice fotossintético é o fato deste índice poder indicar o estresse na planta, antes mesmo deste se tornar visível (Christen, et al., 2007). Segundo Strasser et al., (2000), esta variável é mais completa que a variável  $F_v/F_m$ .

Uma outra variável que está relacionada com a atividade do aparato fotossintético é a intensidade de verde. Segundo Torres Netto (2005), a intensidade de verde está diretamente relacionada com os teores de clorofila na folha, o que faz desta variável um bom indicador de estresse nas plantas. Além disso, a estrutura e posição dos cloroplastos podem ser alteradas em casos de estresse reduzindo a intensidade de verde (Dwelle, 1985). Na literatura,

encontram-se estudos em videiras, que já foram realizados sobre a relação do valor do Spad-502 com o teor de clorofila (Rupp e Trankle, 1999; Steele et al., 2008; Amarante et al., 2009).

A temperatura foliar pode ser considerada uma variável indireta do fechamento ou da abertura estomática. Caso os estômatos estejam abertos, a temperatura foliar tende a ser mais baixa do que a temperatura do ar, pois o aumento na condutância estomática, dependendo do déficit de pressão de vapor entre a folha e ar, pode causar elevação na taxa transpiratória das plantas, e esta maior taxa transpiratória promove redução na temperatura da folha. No entanto, caso os estômatos estejam fechados, a tendência é de haver maior temperatura foliar, em decorrência da menor taxa transpiratória (Jones et al., 2002). Assim, indiretamente, a termografia por infravermelho pode ser utilizada para estimar a condutância estomática. Porém, aliado à temperatura da folha, um estudo das condições climáticas deverá ser realizado para se obter um indicador da taxa transpiratória (Idso et al., 1986). Uma vantagem da termografia por infravermelho é o fato da temperatura ser monitorada de forma instantânea por meio de imagens termográficas (Nilsson, 1995), o que não ocorre quando se utilizam porômetros e analisadores de gás a infravermelho (Peçanha, 2010).

## **2.5 Ontogenia foliar**

Outra característica importante a ser avaliada é o crescimento da planta, visto que a redução da taxa fotossintética diminui a taxa de crescimento. Dessa forma, as avaliações de crescimento têm sido realizadas objetivando identificar o efeito da cobertura plástica nas plantas. A obtenção da ontogenia foliar e da massa foliar específica são duas formas de avaliar o crescimento das plantas, nos casos de alta ou baixa intensidade luminosa.

Por meio da ontogenia foliar, é possível observar se a redução da intensidade luminosa, devido ao uso da cobertura plástica, está interferindo na alocação de fotoassimilados pela planta, ou seja, será possível estimar se a planta está investindo no crescimento de folhas novas ou não, bem como verificar se os fatores ambientais dentro do cultivo protegido, estão afetando as relações hídricas. A taxa de crescimento foliar é um bom indicativo da pressão de

turgescência foliar, e esta tem uma influência significativa sobre o crescimento da folha, bem como na produtividade final do vinhedo.

Este crescimento foliar é também influenciado pela radiação fotossinteticamente ativa que chega à folha. Esta informação relacionada à radiação é importante, pois a redução da intensidade luminosa poderá afetar também o processo fotossintético, a fertilidade das gemas (López-Miranda, 2002) e a alocação dos fotoassimilados produzidos (Dwelle, 1985). A cobertura plástica influencia a chegada de radiação no dossel da planta, o que mostra a importância deste sistema de cobertura do metabolismo da videira.

Como exemplo dos efeitos da cobertura plástica sobre o crescimento, a massa foliar específica é utilizada para indicar se este sistema pode reduzir a taxa de crescimento das folhas por meio da relação entre a massa seca foliar e a área da respectiva massa seca foliar avaliada. Em casos de baixa intensidade luminosa, a menor massa foliar específica está associada a uma menor espessura da folha, e a uma maior área deste órgão. Tais características são observadas em folhas de sombra, enquanto em folhas de sol, pode-se verificar maior espessura e menor área foliar (Milaneze-Gutierrez et al., 2003).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Este trabalho teve como objetivo verificar a influência da cobertura plástica nas variáveis climáticas, bem como os efeitos da utilização dessa cobertura sobre as trocas gasosas e ontogenia foliar de videira 'Niagara Rosada' cultivada em campo no Norte do estado do Rio de Janeiro

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Aferir as variáveis climatológicas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e déficit de pressão de vapor do ar) em ambos os sistemas de cultivo;
- Verificar a taxa fotossintética líquida, a condutância estomática e a transpiração nas videiras cultivadas nos dois sistemas de cultivos (com e sem cobertura plástica);
- Avaliar a emissão da fluorescência da clorofila de videiras por meio do rendimento quântico do fotossistema II, do índice fotossintético e da intensidade de verde objetivando verificar os efeitos dos dois sistemas de cultivos sobre a eficiência fotoquímica do fotossistema II na espécie estudada;
- Obter a temperatura foliar das videiras em ambos os sistemas de cultivo;

- Estimar a eficiência de uso da água e a eficiência intrínseca de uso da água das plantas a fim de determinar qual dos sistemas apresenta maior valor destas variáveis;
- Avaliar o efeito do sistema de cultivo sobre a ontogenia das videiras, por meio da avaliação da relação  $F_v/F_m$ , do índice fotossintético, do comprimento da nervura central e da massa foliar específica das videiras em estudo.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material vegetal

O material vegetal utilizado foi a videira 'Niagara Rosada' (*Vitis labrusca* L.), a qual possui vigor médio, boa brotação e resistência a doenças. Este material vegetal é resultado de uma mutação somática natural da cultivar Niagara Branca, possuindo as mesmas características desta, exceto a cor (Pommer et al., 1997). As bagas possuem a cor rosa-avermelhada, sucosa e com muita pruína (cera que cobre a uva). O sabor é doce “foxado” muito apreciado pelo paladar brasileiro (Manica e Pommer, 2006). A 'Niagara Rosada' é de alto interesse econômico, por se tratar de uma espécie produzida para consumo *in natura* como uva de mesa.

### 4.2. Condições de cultivo e estabelecimento dos tratamentos

Os estudos foram realizados no sítio Tabuinha, no 3º distrito do município de São Fidélis, na região Norte Fluminense, RJ (latitude 21°30'58"S e longitude 41°42'49,6"W) (Figura 1). Segundo Köppem, o clima nesta região é tropical úmido, com verão chuvoso, inverno seco e temperatura mínima em torno de 18°C, estando a temperatura média em torno de 24°C, e com amplitude térmica baixa.



Figura 1 - Vista distante do cultivo de videiras no sítio Tabuinha, 3º distrito do município de São Fidélis. A cobertura total se refere à tela antipássaro. No tratamento com cobertura, está a cobertura de polietileno de baixa densidade abaixo da tela antipássaro.

Para a realização do experimento, foram utilizados os sistemas de cultivo com cobertura plástica (CCP) (Figura 2A) e sem cobertura plástica (SCP) (Figura 2B). A cobertura do vinhedo consistiu de filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 160 $\mu$ m de espessura, com o formato do teto em arco e abertura nas laterais, sendo a distância entre a cobertura plástica e o dossel cerca de 50 cm. Já a área SCP foi coberta com uma tela antipássaro. A tela antipássaro permite a passagem de 97% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

Nos dois sistemas, as plantas foram conduzidas em sistema latada em um espaçamento de 2,7m entre linhas e de 2,0m entre plantas. As mudas foram plantadas em 10 de Janeiro de 2010. O porta-enxerto utilizado foi o IAC 766. Os tratos culturais realizados foram os mesmos tratos estabelecidos pelo produtor para o cultivo comercial.

Neste experimento, a poda foi feita no dia 07/03/2013.

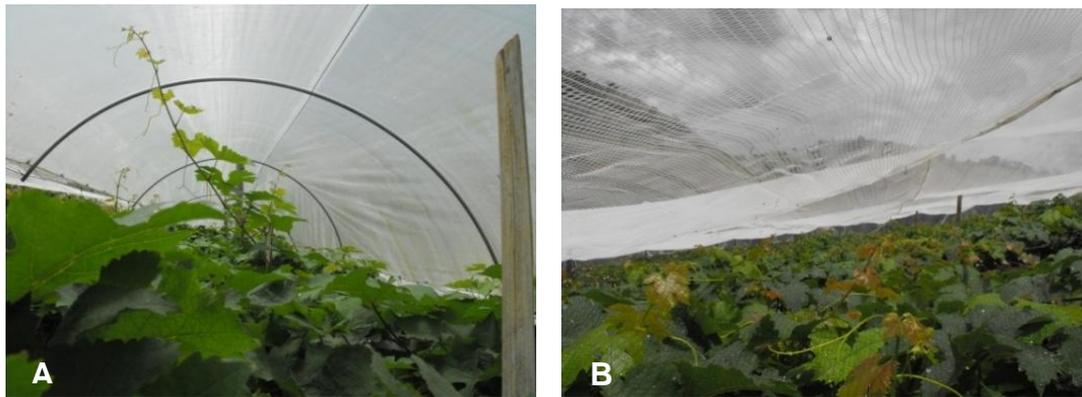


Figura 2 - Detalhe da cobertura plástica (A) e da tela antipássaro (B) sobre o vinhedo no sítio Tabuinha, 3º distrito do município de São Fidélis.

As lâminas de irrigação foram determinadas a partir da evapotranspiração de referência ( $E_{To}$ ) e evapotranspiração da cultura ( $E_{Tc} = E_{To} \times k_c$ ).

Para a irrigação, foi utilizado o sistema de gotejamento por meio de emissores localizados em duas mangueiras, havendo um emissor de apenas uma mangueira em cada lado da planta alternadamente permitindo a irrigação em ambos os lados do sistema radicular da planta. Durante todo o experimento, e em ambos os sistemas, foi monitorada a umidade do solo em uma profundidade de 0 a 40cm, próximo ao caule das plantas, por meio do método gravimétrico como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Umidade média obtida ao longo do experimento com base no volume do solo, entre as camadas de 0 a 40cm, nos dois sistemas de cultivo: com cobertura plástica (CCP) e sem cobertura plástica (SCP). São Fidelis, Rio de Janeiro. (n=54), Março a Junho de 2013.

Tratamento	CC* (%)	PMP** (%)	Umidade (%)
CCP	25	18	28,3 ± 0,5
SCP	25	18	22,6 ± 0,4

\*CC=Capacidade de Campo

\*\*PMP=Ponto de Murcha Permanente

### 4.3. Variáveis climatológicas

Durante o período experimental, foi instalada uma miniestação climatológica modelo WachtDog (Spectrum Technologies, Illinois, USA) localizada cerca de 50m de distância do plantio, e equipada com sensores automáticos de coleta da temperatura do ar, radiação solar e umidade relativa (UR). Sob o sistema denominado CCP, e cerca de 50cm acima do dossel, também foram instalados sensores automáticos de coleta da temperatura do ar, radiação solar, UR, modelo WachtDog 450 (Spectrum Technologies, Illinois, USA).

A partir dos dados de temperatura e umidade relativa, o  $DPV_{ar}$  foi obtido por meio da seguinte equação proposta por Jones (1992):

$$DPV_{ar} = 0,61137 * \exp((17,502 * T^{\circ}) / (240,97 + T^{\circ})) * (1 - (UR\% / 100)),$$

Em que:

DPV: déficit de pressão de vapor;

exp: exponencial;

T°: temperatura em graus Celsius;

UR: umidade relativa em %.

Durante todo o período experimental, os dados provenientes dos sensores automáticos foram coletados a cada 30 minutos e destes foi feita a média diária para cada variável.

### 4.4. Análises relacionadas à capacidade fotossintética

#### 4.4.1. Trocas gasosas

As avaliações de trocas gasosas (taxa fotossintética líquida (A), condutância estomática ( $g_s$ ) e taxa transpiratória (E)) foram realizadas em uma folha oposta ao cacho do primeiro ramo. Uma folha completamente expandida, de um ramo produtivo, com máxima recepção da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) localizada em ambos os sistemas de cultivos (CCP e SCP). Para realizar estas medições, foi utilizado um equipamento portátil para medição de trocas

gasosas por infravermelho (IRGA), modelo LI-6400 (LI-COR, Lincoln, NE, USA). As medições foram realizadas às 8:00 e às 12:00 a cada 14 dias, com o auxílio de luz artificial (LEDs), com fluxo de fótons fotossintéticos ajustado para  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Durante as avaliações, a concentração inicial do  $\text{CO}_2$  na câmara foi mantida em torno de  $380 \pm 30 \mu\text{mol mol}^{-1}$ , a temperatura do ar e a umidade relativa dentro da câmara, e a área da folha utilizada no equipamento foram  $30,1 \pm 0,15 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $31,6 \pm 0,29\%$ , e  $6 \text{ cm}^2$ , respectivamente.

#### **4.4.2. Eficiência de Uso da Água (EUA, A/E) e a eficiência intrínseca no uso da água (EIUA, A/g<sub>s</sub>)**

A EUA e a EIUA foram estimadas nos horários estudados, por meio da equação linear ajustada no gráfico de dispersão entre os valores da taxa fotossintética líquida (A) e da transpiração (E) e da taxa fotossintética líquida (A) e da condutância estomática (g<sub>s</sub>), respectivamente. A inclinação da curva A *versus* E é a EUA e A *versus* g<sub>s</sub> é a EIUA. Estas duas variáveis também foram calculadas por meio da divisão entre a taxa fotossintética líquida instantânea (A) e E e g<sub>s</sub>. Os dados para a obtenção desta relação foram obtidos às 12:00 a cada 14 dias.

#### **4.4.3. Rendimento quântico máximo do fotossistema II (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>)**

As avaliações da fluorescência inicial (F<sub>0</sub>), da fluorescência variável (F<sub>v</sub>), da fluorescência máxima (F<sub>m</sub>) e do rendimento quântico do fotossistema II (FSII) (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>) foram obtidas por meio do fluorímetro Pocket PEA (Plant Efficiency Analyser, Hansatech, Inglaterra). Para realizar tais avaliações, as folhas foram adaptadas ao escuro por 30 minutos com o auxílio de pinças, as quais acompanham o equipamento. Segundo Strasser et al., (2000b), nessas condições os centros de reação estão completamente abertos com perda mínima de calor. Passados os 30 minutos, um pulso forte de luz  $1 \text{ s}^{-1}$  ( $3500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) foi aplicado por três diodos emissores de luz (650 nm). Tal avaliação foi realizada a cada 14 dias, às 4:00 (*pre-down*) e às 12:00.

#### **4.4.4. Índice fotossintético (PI)**

A partir das intensidades de fluorescência armazenadas por meio do Pocket PEA, foi possível obter a relação  $F_v/F_m$  (TR/ABS) (rendimento quântico máximo do FSII) e o PI ( $(F_v/F_0)$  (RC/ABS) (ET/TR-ET)). O PI combina 3 passos da atividade fotossintética dos centros de reações do FSII: a absorção da energia luminosa (RC/ABS); a captura da energia de excitação ( $F_v/F_0$ ) (que representa a contribuição da energia luminosa para a fotoquímica primária. Este componente  $F_v/F_0$  representa a “performance” devido a probabilidade de captura da energia luminosa, i.e. a capacidade de reduzir  $Q_a$ ); e a conversão da energia luminosa para o transporte de elétrons no FSII (ET/TR-ET) (i.e. a contribuição das reações bioquímicas) (Strasser e Strasser, 1995; Strasser and Tsimilli-Michael 2001; Strasser et al., 2000b e 2004).

#### **4.4.5. Intensidade de verde - Índice Spad**

A intensidade de verde foi obtida por meio do Medidor Portátil de Clorofila, modelo SPAD-502 "Soil Plant Analyser Development" (Minolta, Japão). Tais avaliações foram realizadas entre 10:00 e 12:00 a cada 14 dias nas mesmas folhas e nos locais onde foram avaliadas as trocas gasosas e a emissão da fluorescência.

#### **4.4.6. Termografia por infravermelho**

A termografia por infravermelho foi realizada como auxílio de um termógrafo modelo FLIR i50 (FLI Systems AB, Suíça) e analisada no software FLIR QuickReport, versão 1.2. As imagens térmicas foram obtidas nas mesmas folhas em que foram avaliadas as trocas gasosas e a emissão da fluorescência, entretanto, uma área maior foi utilizada. As fotos foram obtidas entre 12:00 e 14:00, a cerca de 30cm de distância da folha. Esta avaliação foi feita aos 105 DAP.

## **4.5. Ontogenia foliar**

Após a poda, foi acompanhado o crescimento de uma folha jovem durante 112DAP. Esta folha se localizava próximo à folha onde foram realizadas as avaliações de trocas gasosas e também era uma folha oposta ao cacho no primeiro ramo. Nela, foram avaliados semanalmente o comprimento da nervura central (CNC), a intensidade de verde e a emissão da fluorescência da clorofila a.

O CNC foi obtido por meio de uma régua, a intensidade de verde foi estimada por meio do SPAD-502 (Minolta, Japão) e os dados de fluorescência da clorofila a foram estimados por meio do Pocket PEA (Plant Efficiency Analyser, Hansatech, Inglaterra). Tais avaliações foram realizadas entre 08:00 e 10:00, a cada sete dias.

### **4.5.1. Massa foliar específica**

Para obtenção da massa foliar específica (MFE), 20 discos frescos foram obtidos de uma folha, próxima à folha onde foram realizadas as medições de trocas gasosas, em cada planta, e então colocados para secar em estufa por 48 horas a 80°C. Após a secagem, estes discos foram pesados em uma balança analítica de precisão. As avaliações foram realizadas aos 105 DAP. A MFE foi calculada por meio da seguinte equação:

$$\text{MFE} = \text{massa seca foliar} / \text{área foliar}$$

## **4.6 Análise estatística**

O experimento foi realizado em DIC com 2 tratamentos e 12 repetições. Os dados obtidos foram analisados por meio do teste de Tukey em 5% de probabilidade com o auxílio do software ASSISTAT 7.6 beta (2011) (Silva, 1996; Silva e Azevedo 2002; Silva e Azevedo, 2006; Silva e Azevedo 2009). Os gráficos foram feitos por meio do Excel 2007.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos dados obtidos com o auxílio dos sensores instalados dentro e fora da cobertura plástica, pode-se observar que o microclima no sistema CCP apresentou temperatura média semelhante ao ambiente SCP (CCP=22,6°C e SCP=22,0°C). Porém, puderam-se observar maiores valores de temperaturas máximas no tratamento CCP (32,1°C) ao comparar com as temperaturas máximas do tratamento SCP (29,8°C), ou seja, um valor de 2,3°C acima desta variável no sistema CCP (Figura 3A e B). Tal variação de temperatura encontrada entre os tratamentos corrobora com os resultados encontrados por Cardoso et al., (2008), onde, ao avaliar a temperatura máxima alcançada pelo microclima em uma cobertura plástica, os autores encontraram uma variação de +3,4°C no cultivo protegido. Contudo, as diferenças no microclima sob uma estrutura protegida dependem do tipo de construção da cobertura plástica. No presente trabalho com a videira Niagara, o maior valor da temperatura máxima provavelmente ocorreu devido à proximidade do sensor com a cobertura plástica (cerca de 50cm da CP), bem como uma menor velocidade do vento dentro do sistema CCP (dados não mostrados). Segundo Buriol et al., (1997), a utilização da cobertura plástica reduz a movimentação do ar próximo à superfície.

A umidade relativa do ar apresentou valores semelhantes em ambos os sistemas de cultivo. O tratamento SCP apresentou uma média de 70%, enquanto o tratamento CCP apresentou uma média de 68,5% de UR (Figura 3C e D). Já o  $DPV_{ar}$  encontrado foi em média 0,8KPa no tratamento SCP e 0,9KPa no

tratamento CCP (Figura 3E e F). A relação entre o  $DPV_{ar}$  e o crescimento das plantas está associado ao fechamento estomático, uma vez que elevados valores desta variável causam diminuição da  $g_s$  (El-Sharkawy et al., 1985; Machado-Filho et al., 2006, Reis e Campostrini, 2008). Tal fato ocorre porque a perda de água das folhas é controlada pelo gradiente de pressão de vapor entre a folha e o ar, e depende, sobretudo do  $DPV_{ar}$ . Sabe-se que em umidades mais altas, a  $A$  é elevada e é frequentemente observado que, na condição de reduzidos valores de  $DPV$  a  $g_s$  é elevada. Mas, as condições de baixas umidades podem causar excessivas perdas de água, e as folhas podem apresentar um considerável fechamento estomático e isso pode afetar significativamente as trocas de  $CO_2$  entre esses órgãos e o ar. Entretanto, a umidade do ar, avaliada por meio do  $DPV$ , na faixa de 1,0 a 0,2 kPa (55 a 90%UR a 20°C) tem pouco efeito sobre os processos fisiológicos e de crescimento em espécies hortícolas (Grange e Hand, 1987). No presente trabalho com videira, e em ambos os sistemas estudados (CCP e SCP), os valores médios gerais de  $DPV_{ar}$  ficaram abaixo de 1kPa.

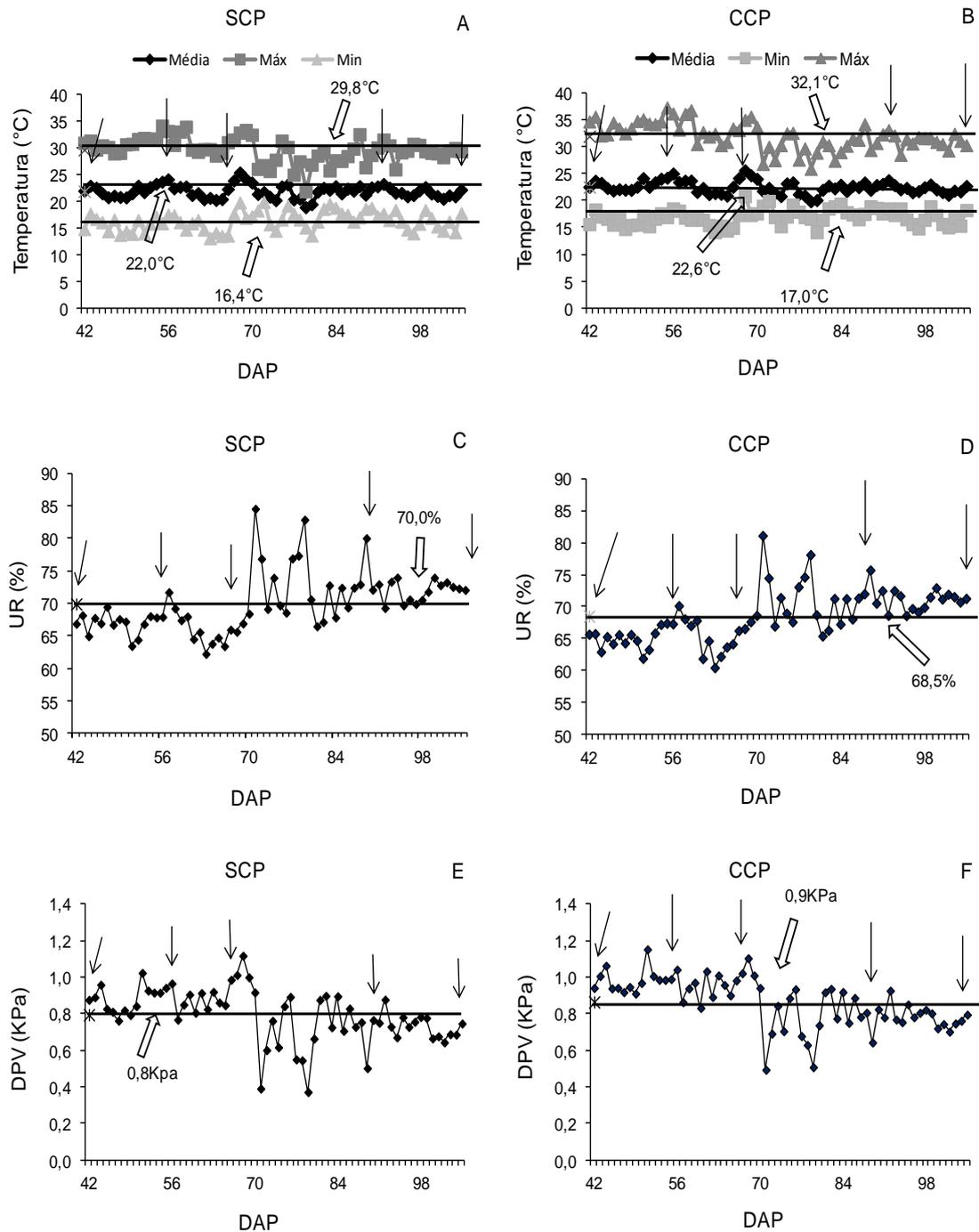


Figura 3 - Temperatura do ar (°C) (A e B), Umidade relativa do ar (%) (C e D) e Déficit de pressão de vapor do ar (KPa) (E e F) durante o período experimental nos sistemas de cultivo SCP e CCP. As setas pretas indicam os dias das avaliações e as setas largas assim como as linhas horizontais indicam a média dos dados mostrados durante todo o período experimental. (Abril a junho de 2013, São Fidélis, RJ).

Por meio dos dados de intensidade luminosa obtidos no período experimental, pode-se ver que a cobertura plástica proporcionou uma

interceptação luminosa máxima de 47,7% (Figura 4A e B). Esta redução é importante, pois em dias de alta intensidade luminosa a cobertura plástica poderá evitar queimadura das folhas, elevação da temperatura destes órgãos, bem como da taxa respiratória (Mullins, 1992), o que pode reduzir a fotoinibição. Segundo Cardoso et al., (2008), no verão, dependendo do tipo de cobertura plástica que se usa (diferentes formas e diferentes espessuras do plástico podem ser utilizadas na cobertura) é possível observar uma redução média de até 37,8% na radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no sistema coberto.

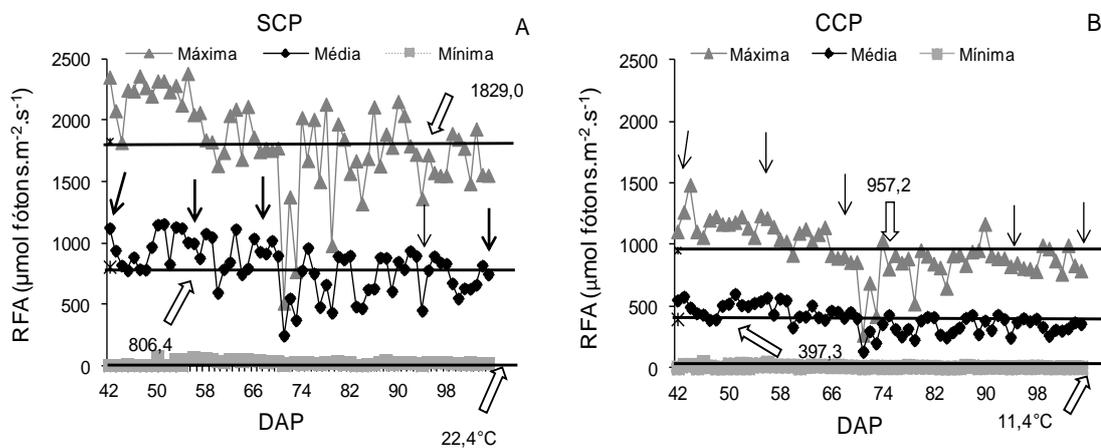


Figura 4 - Radiação fotossinteticamente ativa ( $\text{mmol f\u00f3tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) durante o per\u00edodo experimental nos sistemas de cultivo SCP (A) e CCP (B). As setas pretas indicam os dias das avalia\u00e7\u00f5es e as setas largas assim como as linhas indicam a m\u00e9dia dos dados mostrados durante todo o per\u00edodo experimental. (Abril a junho de 2013, S\u00e3o Fid\u00e9lis, RJ).

Ao observar a figura 5A e B, \u00e9 poss\u00edvel verificar que a intensidade de verde n\u00e3o apresentou diferen\u00e7a entre as videiras cultivadas no sistema SCP ao comparar com as videiras cultivadas no sistema CCP. A m\u00e9dia dos valores obtidos ao longo de todo o per\u00edodo experimental, em ambos os tratamentos, se manteve em torno de 42 (Figura 5B). Tal resultado indica que a cobertura pl\u00e1stica n\u00e3o aumentou ou diminuiu o teor de clorofila nas videiras, j\u00e1 que segundo Torres Netto (2005), a intensidade de verde obtida por meio do medidor port\u00e1til de clorofila (MPC) Spad - 502 tem uma correla\u00e7\u00e3o direta com o teor de clorofila e de nitrog\u00eanio nas folhas (Godoy et al., 2008). O teor destes pigmentos cloroplast\u00eddicos pode variar de acordo com as caracter\u00edsticas ambientais como

temperatura, estresse hídrico, poluição industrial, deficiência mineral (Hendry e Price, 1993) e excesso de RFA, devido à fotodestruição destes pigmentos pelo elevado fluxo de fótons fotossintéticos.

O mesmo pôde ser observado ao término do experimento (Figura 5B). Mesmo tendo todo o crescimento ocorrido sob a cobertura plástica (com 47,7% de interceptação da RFA), as plantas não apresentaram diferença na intensidade de verde, uma vez que esta interceptação não foi em grande intensidade. Ou seja, a redução da incidência luminosa devido ao uso da cobertura plástica não alterou o teor de clorofila. Uma diferença nos valores da intensidade de verde poderia ter ocorrido se houvesse degradação de clorofilas, ou mudança de posição dos cloroplastos, já que em caso de excesso de luz, como forma de evitar o fotodano, os cloroplastos podem migrar para a lateral da célula. Nesta condição, o MPC pôde mostrar um valor mais baixo na absorção do comprimento de onda 650nm. Essa alteração na posição dos cloroplastos seria uma adaptação a um estresse por excesso de energia luminosa, ao qual a planta teria sido submetida. Os resultados mostram que a cobertura plástica não reduziu em grande intensidade a RFA e não causou alterações no teor de clorofilas na espécie estudada.

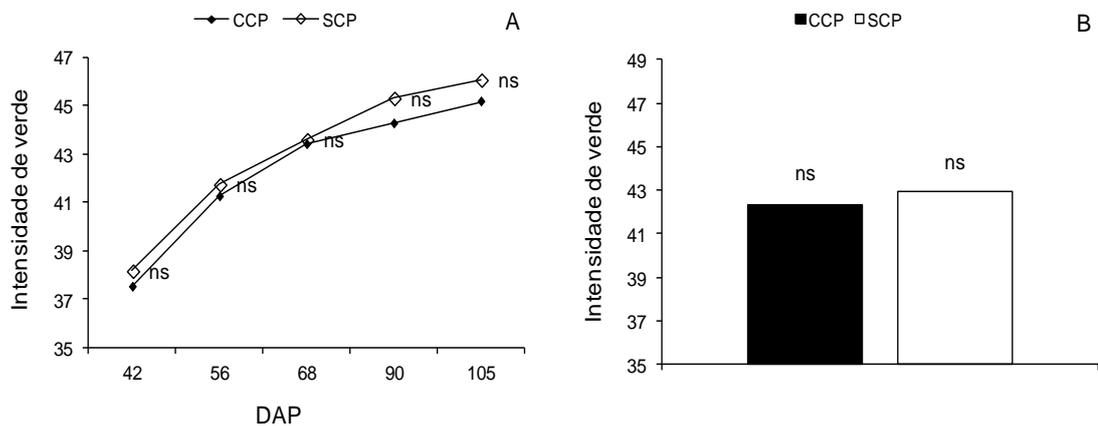


Figura 5 - Intensidade de verde (A) e média da intensidade de verde (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

O rendimento quântico máximo do FSII, representado pela relação  $F_v/F_m$ , não apresentou diferença entre os tratamentos às 04:00 (Figura 6A). Contudo, às

12:00, foi possível verificar que as videiras do tratamento CCP apresentaram maiores valores (0,80) ao comparar com as videiras SCP (0,78) (Figura 6B). Entretanto, tanto às 04:00 quanto às 12:00, ambos os tratamentos apresentaram valores da relação  $F_v/F_m$  entre 0,75 e 0,85 indicando que não houve dano no aparato fotossintético das plantas, como pôde também ser constatado por meio da intensidade de verde (Figura 5). Segundo (Bolhàr-Nordenkampf e Öquist, 1993), em condições ambientais ótimas, a relação  $F_v/F_m$  se mantém entre 0,75 e 0,85. Os valores abaixo de 0,75 indicam a ocorrência de fotoinibição devido à redução da atividade do FSII em decorrência de altas radiações (Bertamini e Nedunchezian, 2004).

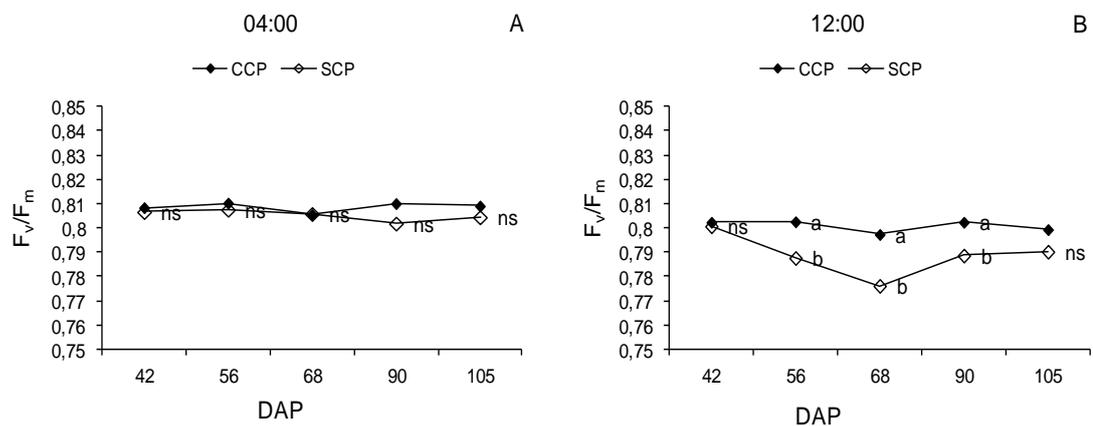


Figura 6 - Relação  $F_v/F_m$  obtida às 08:00 (A) e relação  $F_v/F_m$  obtida às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

O PI, é um índice que, assim como a relação  $F_v/F_m$ , avalia o aparato fotossintético das plantas. Entretanto, para ser estimado, o PI utiliza um maior número de parâmetros (RC/ABS,  $F_v/F_0$  e ET/TR-ET), o que o pode tornar uma variável mais sensível aos fatores ambientais como luz, temperatura, nutrientes minerais etc, do que a relação  $F_v/F_m$ . Esses parâmetros são a densidade dos centros de reação, a eficiência de captura e a eficiência do transporte de elétrons (Strasser et al., 2000b e 2004).

No presente experimento, às 04:00 o PI não apresentou diferença entre os tratamentos (Figura 7A), enquanto que às 12:00 foi possível verificar que este apresentou valores maiores no tratamento CCP (3,5) (Figura 7B), assim como pôde ser observado na relação  $F_v/F_m$ . Tais resultados de PI, podem mostrar uma melhor atividade do aparato fotossintético, no tratamento CCP, ao comparar com o tratamento SCP. Tal fato mostra que, no horário de maior incidência da energia luminosa (>RFA), a cobertura plástica contribuiu para evitar o decréscimo da atividade do FSII.

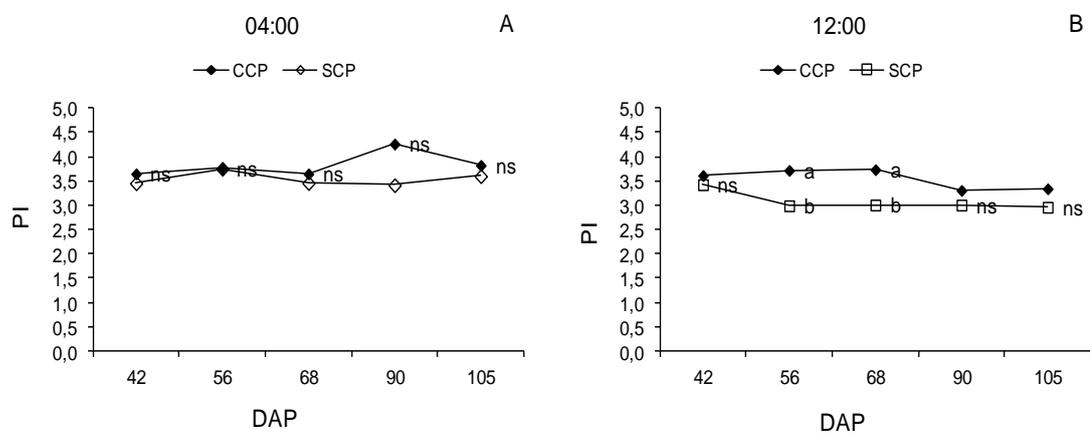


Figura 7 - Índice fotossintético obtido às 08:00 (A) e índice fotosintético obtido às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Ao observar os gráficos referentes às trocas gasosas, pode-se verificar que para a variável A, avaliada às 08:00, houve diferença entre os dois sistemas de cultivo. As videiras cultivadas CCP apresentaram valores mais elevados de A, enquanto as videiras cultivadas SCP mantiveram valores inferiores às plantas cultivadas CCP, durante todo o período experimental (Figuras 8 e 9). Os maiores valores de A foram encontrados aos 68 DAP (Figura 8A). Entretanto, às 12:00, não foi possível verificar diferença entre os sistemas de cultivo (figura 8B e 9B). Tal resultado foi semelhante ao encontrado por Mota et al., (2007), em que ao avaliar, entre 9:00 e 11:00, as videiras cultivadas sob sistema protegido (com lona plástica trançada de polipropileno translúcido com 150 $\mu$ m de espessura) e

videiras cultivadas sem cobertura plástica, os autores verificaram que a A não apresentou diferença entre os sistemas de cultivo.

No presente estudo, apesar da diferença entre os tratamentos na avaliação realizada às 08:00, os valores encontrados permaneceram entre 8 e 16  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , faixa de variação esta que é a comumente encontrada em videiras dependendo da cultivar, da época em que foi realizado o estudo (Schultz et al., 1996; Petrie et al., 2000) e do estresse imposto (Pacheco et al., 2004).

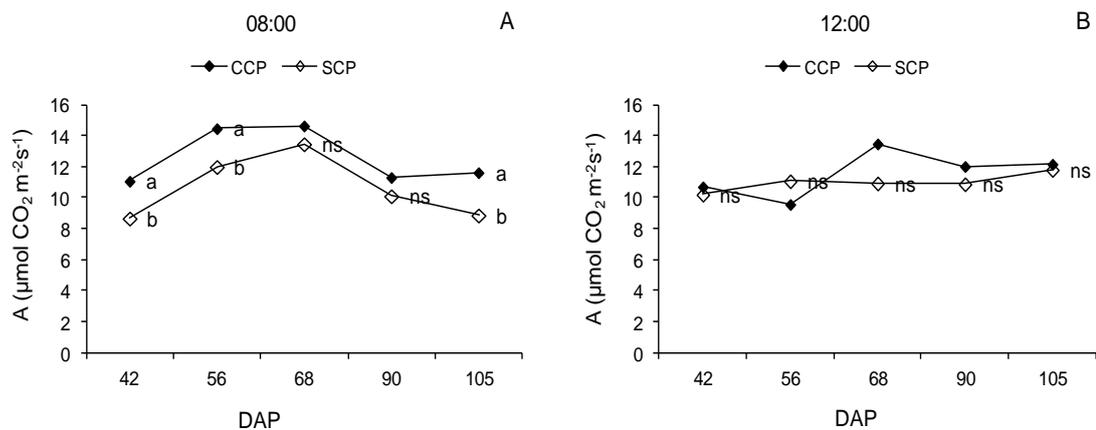


Figura 8 - Taxa fotossintética líquida obtida às 08:00 (A) e taxa fotossintética líquida obtida às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

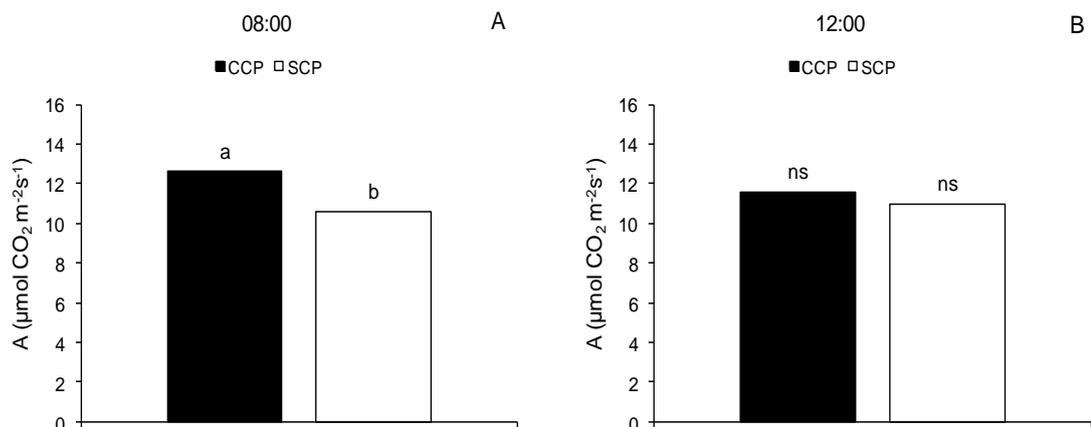


Figura 9 - Média da taxa fotossintética líquida ao longo do experimento às 08:00 (A) e média da taxa fotossintética líquida ao longo do experimento às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

A diferença nos valores de A, entre os dois sistemas, encontrada às 08:00, foi associada ao maior valor de gs nas folhas das plantas cultivadas no sistema CCP (Figuras 10 e 11) do que nas plantas do sistema SCP. No entanto, no horário de 12:00, ambos os tratamentos apresentaram redução nos valores de gs, e nesta condição, no tratamento CCP, a A das folhas das plantas de 'Niagara Rosada' foi mais reduzida, do que no tratamento SCP (Figura 9). Contudo, ainda assim, pôde-se ver que o tratamento CCP apresentou maiores valores de gs ao comparar com o tratamento SCP. Resultado semelhante foi encontrado por Mota et al., (2007) em videiras cultivadas sob cobertura plástica.

Provavelmente, o ligeiro fechamento estomático ocorrido às 12:00, em ambos os sistemas, quando comparado às 8:00, causou maior redução na A nas folhas das plantas do tratamento CCP do que nas folhas das plantas do tratamento SCP. Essa maior sensibilidade dos estômatos no sistema CCP às 12:00 foi associado ao maior valor do DPVar máximo nesta condição (2,5kPa), quando comparado ao mesmo horário do sistema SCP (2,1kPa) (Figura 12). Entretanto, uma vez que a atividade fotoquímica do FSII neste horário, não foi comprometida (Figuras 6 e 7), possíveis comprometimentos bioquímicos associados ao Ciclo de Calvin/Benson, podem justificar a não-resposta de A nas plantas do sistema CCP, mesmo tendo uma abertura estomática maior que as folhas das plantas do tratamento SCP.

Estas informações podem mostrar que o ganho na assimilação fotossintética do carbono nas plantas de 'Niagara Rosada' cultivadas no sistema CCP, em relação ao sistema SCP, ocorre apenas no período da manhã. À tarde, com o aquecimento do ar, o DPVar se eleva, causando assim, maior fechamento estomático das plantas neste sistema. Contudo, um efeito não-estomático associado às reações bioquímicas pode também estar associado.

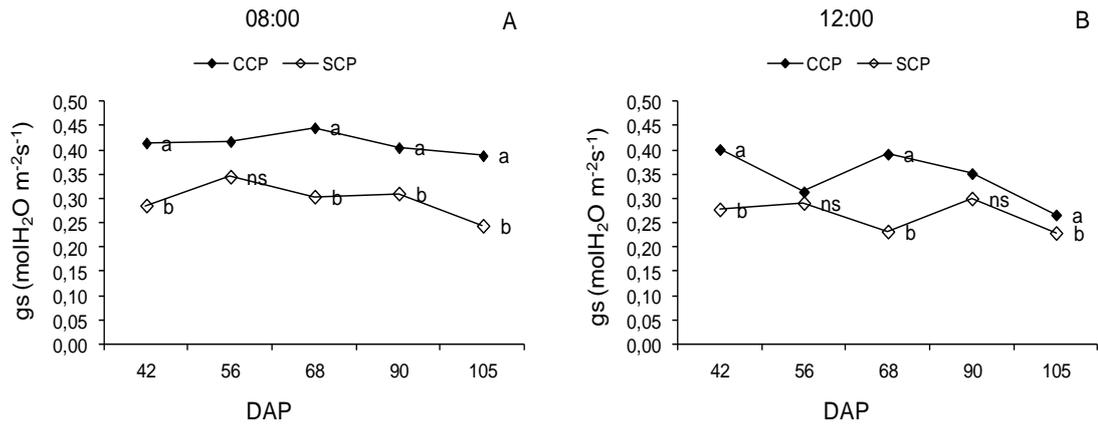


Figura 10 - Condutância estomática obtida às 08:00 (A) e condutância estomática obtida às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

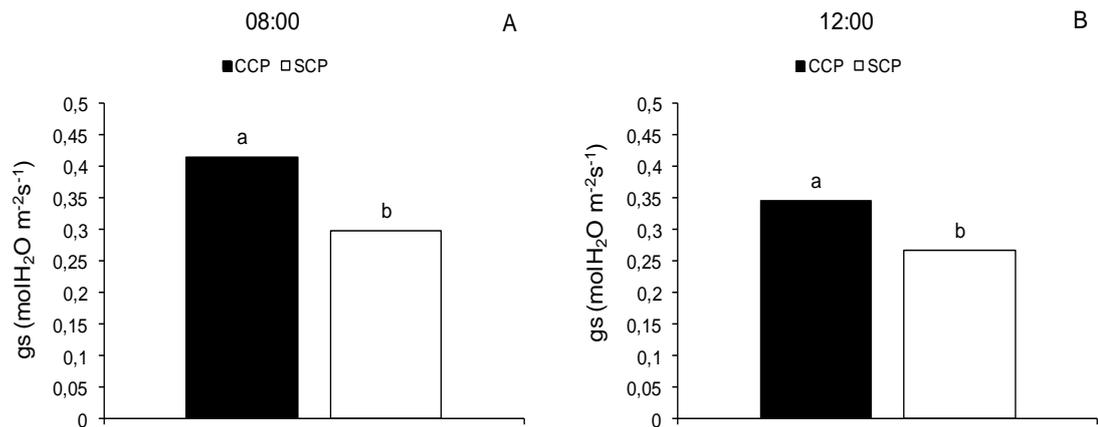


Figura 11 - Média da Condutância estomática obtida às 08:00 (A) e média da condutância estomática obtida às 12:00 (B) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

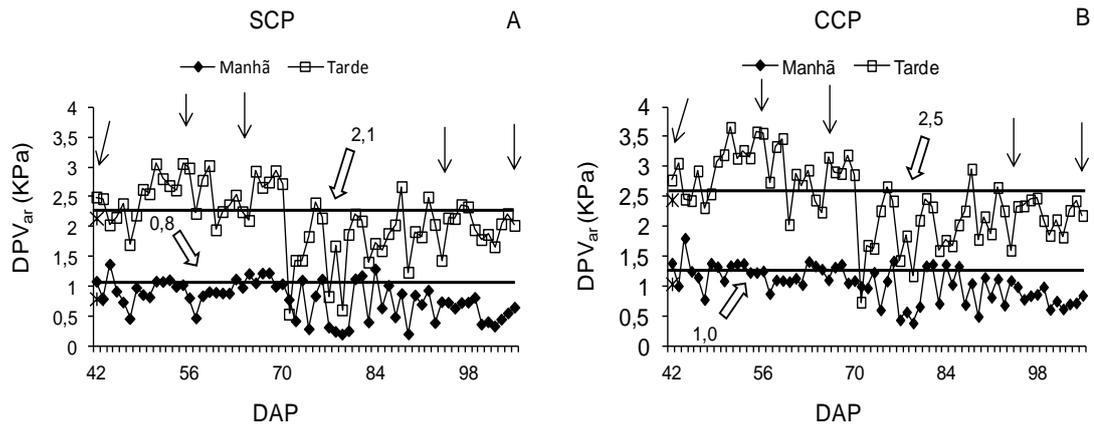


Figura 12 - Déficit de pressão de vapor do ar (KPa) (A e B) obtido no horário das avaliações durante o período experimental. As setas pretas indicam os dias das avaliações e as setas largas assim como as linhas indicam a média dos dados mostrados durante todo o período experimental.

Sabe-se que a abertura e o fechamento estomático podem ser influenciados por vários fatores, dentre eles a luminosidade, a turgescência das células guarda (Alquini et al., 2006), a concentração de  $\text{CO}_2$ , a tensão de água, a temperatura, o  $\text{DPV}_{\text{ar}}$ , o vento, a nutrição mineral, o ritmo circadiano e os hormônios vegetais (Marrenco e Lopes, 2009). No presente estudo, a diferença encontrada entre os tratamentos em decorrência da utilização da cobertura plástica, mostra que esta cobertura foi suficiente para afetar a gs.

Os efeitos dos dois sistemas estudados, CCP e SCP, sobre a E podem ser observados na Figura 13, onde é possível observar que o sistema CCP apresentou valores maiores de E ao comparar com o tratamento SCP tanto às 08:00 quanto às 12:00. Estes maiores valores de E no sistema CCP foi associado aos maiores valores de gs nas folhas das plantas neste sistema (Figuras 10 e 11). Ainda, ao observar a Figura 13, verifica-se que, em ambos os sistemas (CCP e SCP), a E foi maior às 12:00 do que às 8:00. Esta maior E às 12:00 em ambos os sistemas, está associada aos maiores valores do  $\text{DPV}_{\text{ar}}$  neste horário (Figura 12). Ou seja, para o sistema CCP a diferença entre o  $\text{DPV}_{\text{ar}}$  máximo entre 8:00 e 12:00 foi de 1,5kPa (2,5 vezes maior) e para o sistema SCP foi de 1,3kPa (2,6 vezes maior) (Figura 12). Este fato mostra que apesar dos estômatos estarem mais fechados às 12:00, o maior valor do  $\text{DPV}_{\text{ar}}$  promoveu maior saída de água da folha, confirmada pelo maior valor de E nas folhas da videira 'Niagara Rosada'.

De fato, segundo Lambers et al., (1998), quando há maiores valores de  $DPV_{ar}$  há também maiores valores de  $E$ .

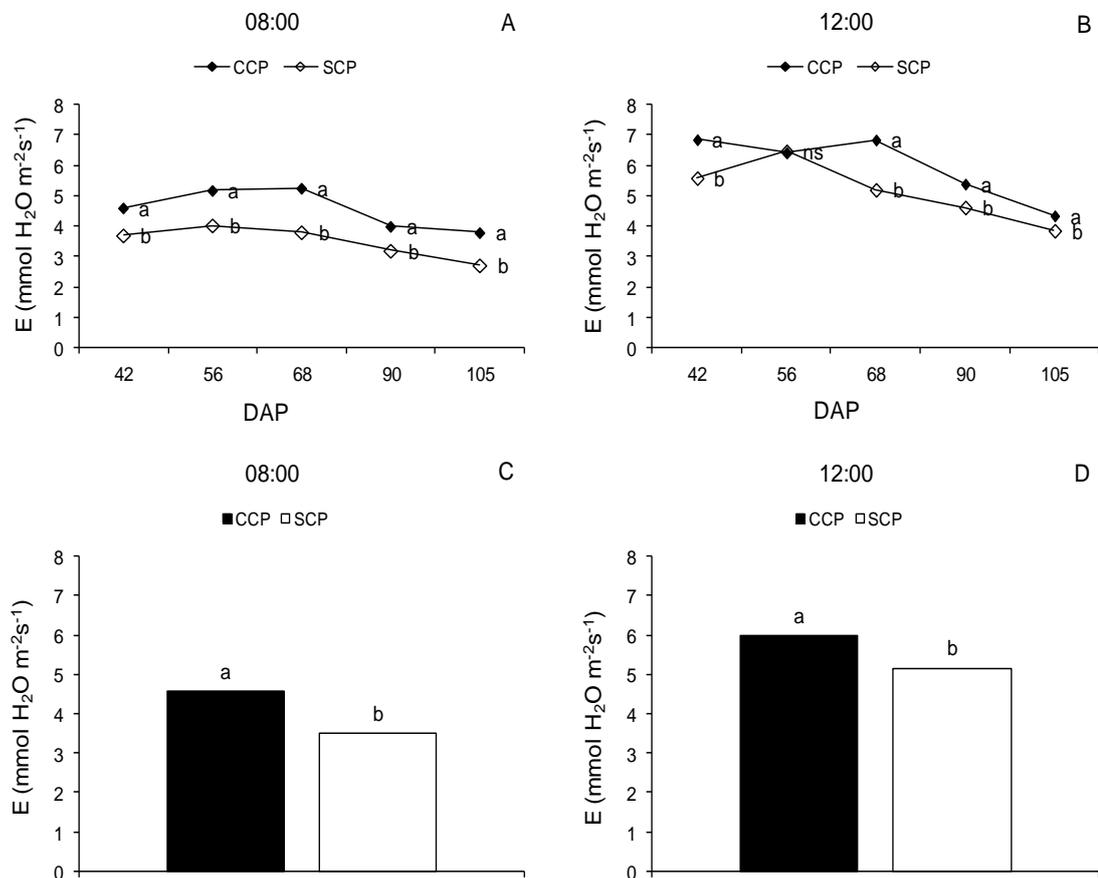


Figura 13 - Taxa transpiratória obtida às 08:00 (A) e taxa transpiratória obtida às 12:00 (B), média da taxa transpiratória ao longo do experimento às 08:00 (C) e média da taxa transpiratória ao longo do experimento às 12:00 (D) em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

As figuras 14 e 15 mostram os valores da temperatura foliar avaliada por meio do termógrafo. A temperatura média das folhas das videiras sob a cobertura plástica foi menor CCP (25°C), do que a temperatura média das folhas das videiras cultivadas sem a cobertura plástica SCP (27°C) sendo observado um aumento de 2°C em relação ao cultivo protegido. Resultado este diferente dos encontrados por Cardoso et al., (2008), onde eles verificaram que a variação da temperatura média entre os dois ambientes pode chegar a 0,5°C. É possível

observar também que a temperatura máxima alcançou valores mais altos nas plantas sem cobertura plástica (29°C), enquanto nas folhas das plantas do sistema CCP a temperatura média foi de 27°C, novamente obtendo uma diferença de 2°C. A temperatura mínima nos dois sistemas não diferiu entre os tratamentos. A diferença encontrada foi de 0,2°C na temperatura mínima.

O resultado encontrado no presente trabalho com a videira 'Niagara Rosada' cultivada no Norte Fluminense confirma que E foi maior nas videiras CCP devido a maior gs encontrada nas folhas das plantas cultivadas neste sistema. Este maior valor na gs causou redução na temperatura das folhas do sistema CCP. A menor temperatura foliar observada nas plantas cultivadas no sistema CCP pode estar associada também a uma menor interceptação da radiação solar pelas folhas, uma vez que a cobertura plástica interceptou a RFA em 47,7% (Figura 4).

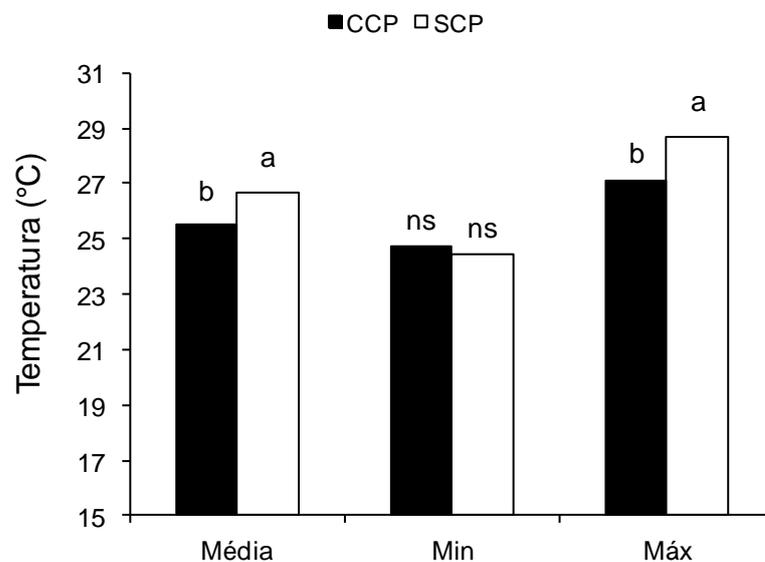


Figura 14 - Temperatura foliar de videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP avaliada às 12:00 obtida no último dia de avaliação, aos 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

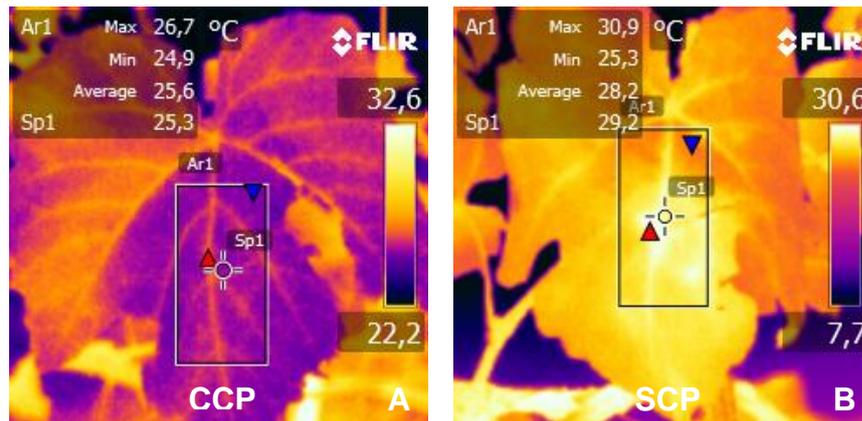


Figura 15 - Termografia por infravermelho de videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP obtida no último dia de avaliação do experimento, aos 105 DAP. Cada fotografia representa a média de 12 repetições.

A relação  $C_i/C_a$  representa a relação entre a concentração de  $CO_2$  no interior do mesofilo ( $C_i$ ) e a concentração de  $CO_2$  no exterior da folha ( $C_a$ ) (Farquhar et al., 1982). Assim, por meio da figura 16A, é possível observar que não houve diferença na relação  $C_i/C_a$  entre os tratamentos às 08:00. Entretanto, às 12:00 pode-se verificar uma diferença entre os sistemas de cultivo (Figura 16B). Estes resultados mostram que às 12:00, o mesofilo das folhas das plantas cultivadas no sistema CCP possuíam uma maior concentração de  $CO_2$  em comparação ao mesofilo das folhas das plantas cultivadas no sistema SCP. Contudo, ao observar a Figura 9, se verifica que os valores de A não aumentaram nas folhas das plantas cultivadas no sistema CCP às 12:00. Este resultado mostra que, como foi relatado anteriormente, um efeito não-estômatico associado à fase bioquímica está atuando para que a assimilação fotossintética do carbono não incremente nas folhas das plantas no sistema CCP no horário de 12:00, uma vez que existe substrato suficiente para A ( $>C_i/C_a$ ), entretanto, a assimilação fotossintética do carbono foi reduzida neste horário no sistema CCP (Figura 9).

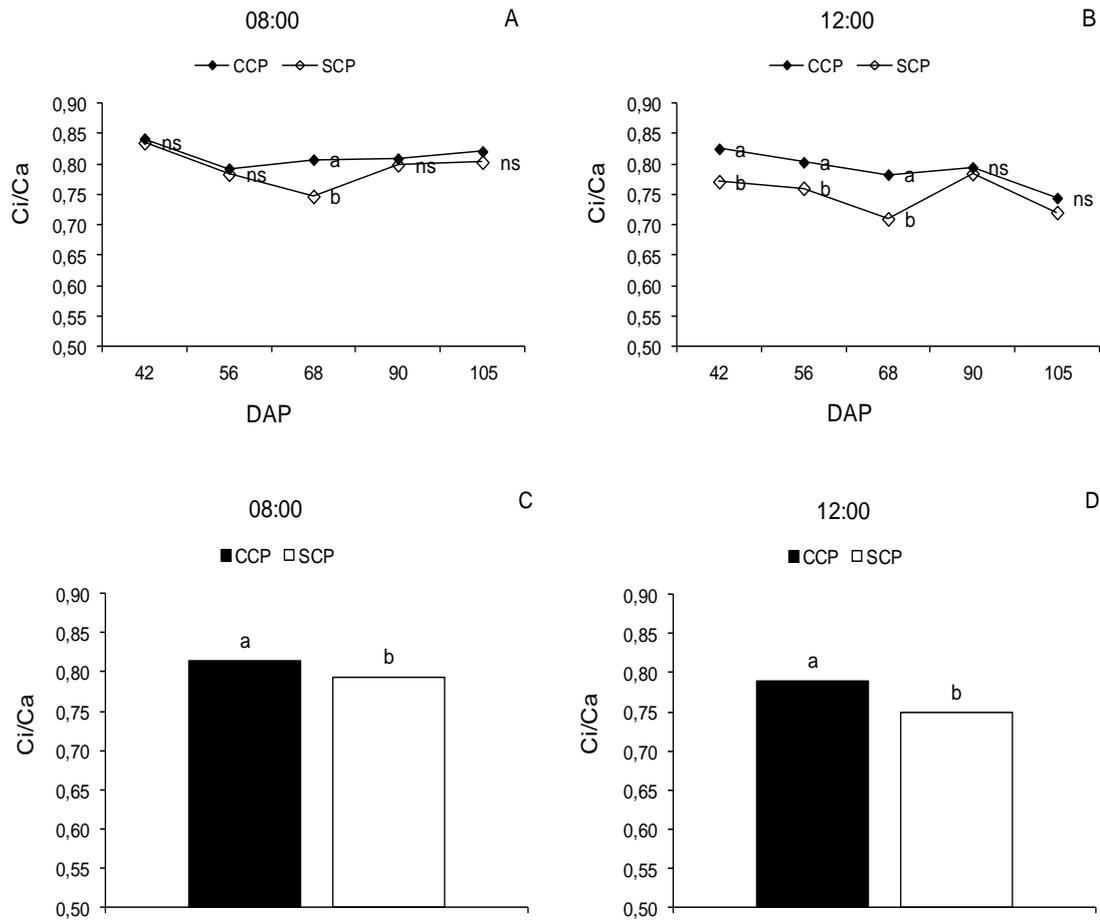


Figura 16 - Relação Ci/Ca obtida às 08:00 (A); relação Ci/Ca obtida às 12:00 (B); média da relação Ci/Ca ao longo do experimento às 08:00 (C); média da relação Ci/Ca ao longo do experimento às 12:00 em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

A EIUA (A/gs) e a EUA (A/E), estimadas por meio das relações entre A, gs e E, obtidas instantaneamente por meio do IRGA, apresentaram diferenças entre os sistemas de cultivo utilizados (Figura 17). O tratamento SCP foi o que apresentou maiores valores da EIUA, praticamente em todo o período estudado, exceto aos 90 DAP. O resultado obtido para esta variável está relacionado aos maiores valores de gs verificados nas plantas cultivadas no sistema CCP, nos horários estudados (Figura 10 e 11).

As pequenas diferenças observadas na EUA foram devido às pequenas diferenças nos valores de E, entre os dois sistemas, nos horários obtidos. Ou seja, ao que tudo indica, nos dois ambientes estudados, a variável gs se mostrou

mais sensível do que a variável E. Nos dois ambientes as variações na RFA (Figura 4) em associação com as variações no DPVar, entre manhã e tarde (Figura 12), promoveram maiores alterações em gs do que em E. No sistema SCP, os estômatos fecharam com mais intensidade, contudo, mantiveram uma significativa assimilação fotossintética do carbono. Como E não somente depende de gs, mas também depende do  $DPV_{\text{folha-ar}}$ , nem sempre as respostas em gs correspondem às mesmas respostas em E [ $E=gs(DPV_{\text{folha-ar}})$ ].

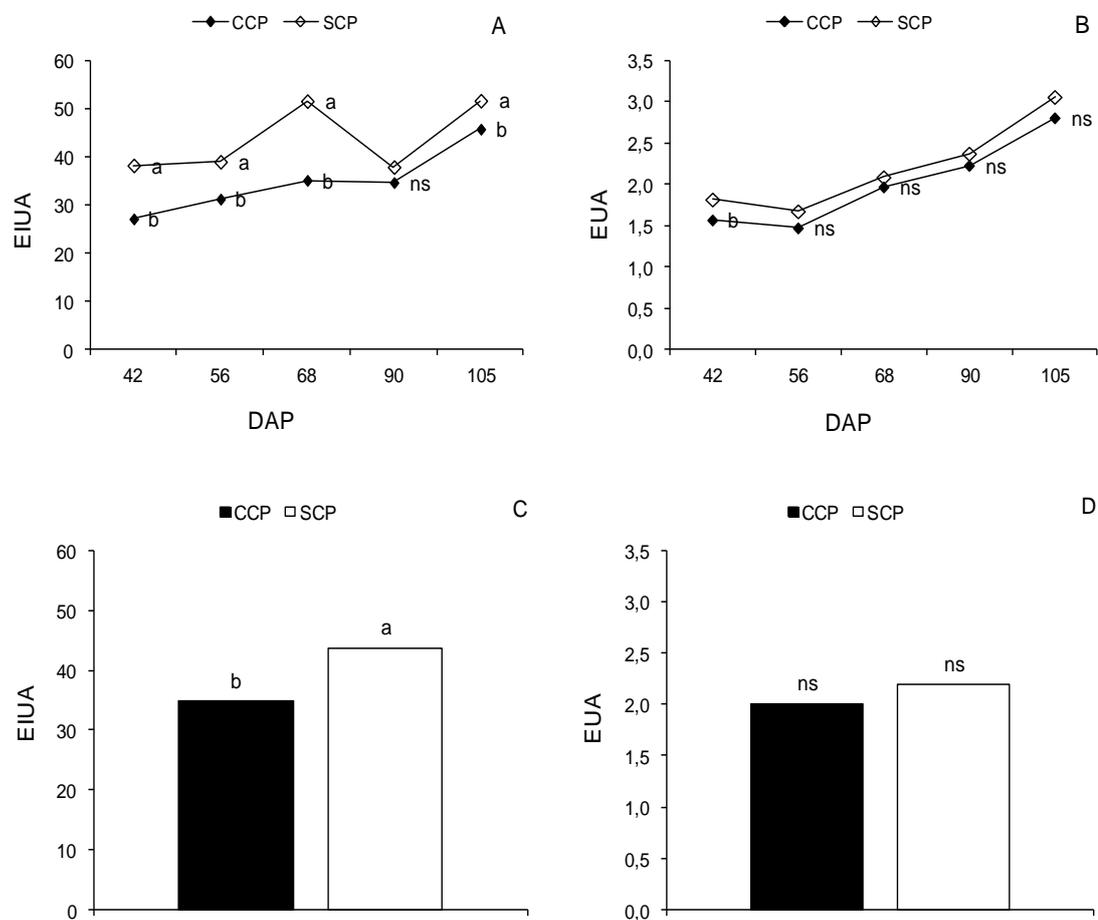


Figura 17 - Eficiência intrínseca no uso da água obtida às 12:00 (A); eficiência no uso da água obtida às 12:00 (B); média da eficiência intrínseca no uso da água ao longo do experimento às 12:00 (C); média da eficiência no uso da água ao longo do experimento às 12:00 em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP durante 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Uma outra forma de avaliar a EIUA e a EUA é por meio da inserção das medidas em um gráfico de dispersão. A inclinação da equação ajustada entre A e gs e A e E, é a EIUA e EUA, respectivamente (Figura 18).

Ao observar a Figura 18 verifica-se que de fato as plantas cultivadas no sistema CCP apresentaram menor EIUA ( $31,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ), em relação ao sistema SCP ( $38,0 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ), ou seja, uma resposta semelhante à metodologia da figura 17. Estes resultados da figura 18 corroboram com os resultados mostrados na figura 17, mostrando que de fato, as plantas de 'Niagara Rosada' cultivadas no sistema CCP estavam com maior gs, o que fez com que as plantas apresentassem uma menor eficiência intrínseca no uso da água. Com relação a EUA, os valores desta variável foram bem próximos quando se compara os dois sistemas de cultivos ( $2,20$  e  $2,39 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ ). Estes resultados corroboram com a figura 17 e mostram que não houve diferenças entre a variável EUA nas plantas cultivadas nos dois sistemas de cultivos.

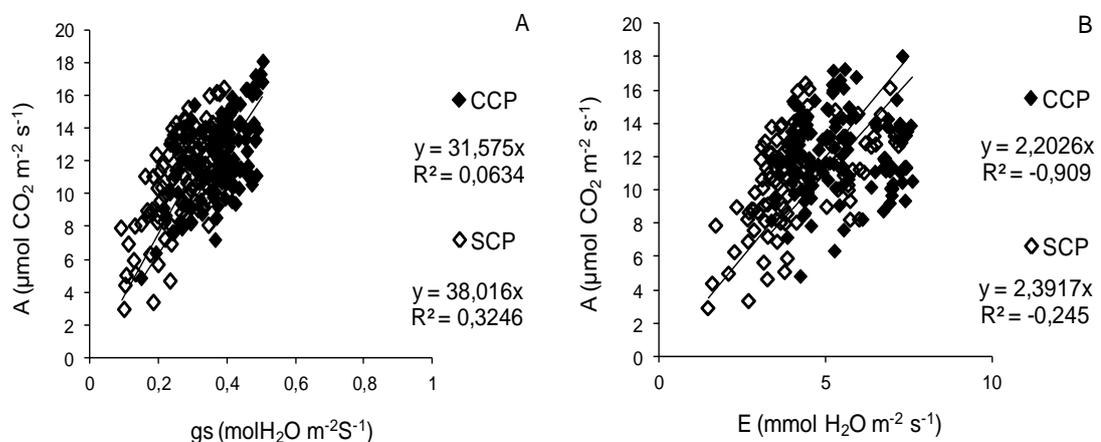


Figura 18. Relação entre A versus gs e A versus E em videira 'Niagara Rosada' cultivada no norte do estado do Rio de Janeiro. Cada tratamento contém 60 repetições, obtidas 12 em cada dia de avaliação das trocas gasosas às 12:00, ao longo do experimento.

O crescimento de uma folha jovem no tempo, a qual compreende a fase de formação da folha, o aumento da área foliar, e a fase de maturidade fotossintética (Catský e Sesták, 1997), foi avaliado com a finalidade de saber se o uso da cobertura plástica afetou a ontogenia foliar.

Na figura 19, pôde-se observar, por meio do CNC, e da intensidade de verde que a utilização da cobertura plástica não afetou estas duas variáveis estudadas, ao longo do tempo de formação da folha da videira 'Niagara Rosada'. Em ambos os sistemas de cultivo, as videiras apresentaram a mesma resposta de CNC, no tempo. Nesta figura, verificou-se, nos cultivos CCP e SCP, que em 14 dias, houve um crescimento de 600% no valor de CNC. Após este período de 14 dias, esta variável se manteve constante. Para a intensidade de verde, o incremento desta variável foi mais lento, com o máximo valor de 50 verificado em 69 dias. Este resultado mostra um incremento de 0,72 de intensidade de verde por dia, enquanto que o incremento em CNC até os 14 dias foi de 1 cm por dia (Figura 19).

Inicialmente, enquanto a folha não estava ainda desenvolvida (28 DAP), com valores de concentração de clorofilas baixos (intensidade de verde=10), pôde-se observar os menores valores de  $F_v/F_m$  e PI (Figura 20). Nesta figura, é possível verificar que à medida que as folhas cresceram, os valores de intensidade de verde aumentaram e as folhas apresentaram maior eficiência fotoquímica, mostrada por meio da relação  $F_v/F_m$  e PI. Contudo, não houve diferença estatística entre os dois sistemas de cultivo.

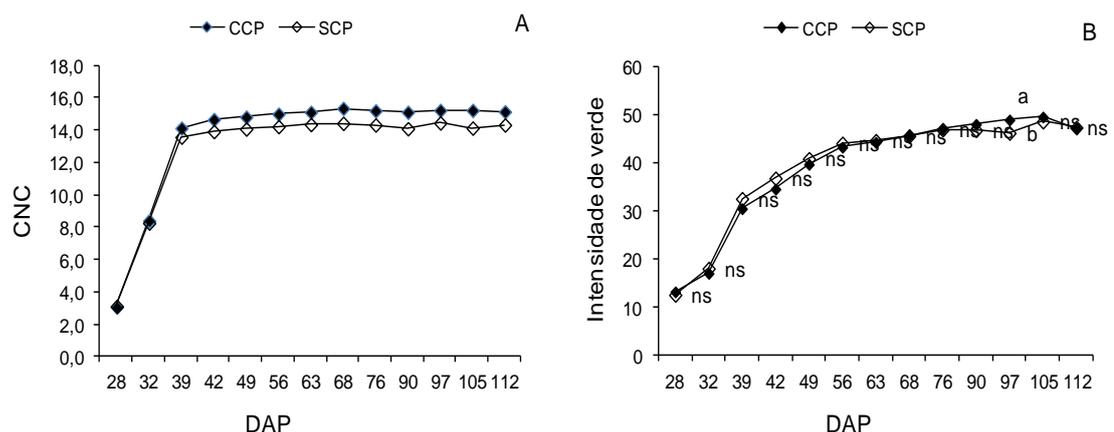


Figura 19 - Comprimento da nervura central (A) e intensidade de verde (B) em folhas de videiras 'Niagara Rosada' crescidas CCP e SCP durante 112 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Por meio da figura 20, pode-se ver que a cobertura plástica não afetou a eficiência fotoquímica das folhas crescidas nos dois sistemas de cultivos, já que em ambos os sistemas de cultivo, a relação  $F_v/F_m$  apresentou valores em torno de 0,75 e 0,85, após 32 DAP. Os valores abaixo de 0,75 (~0,72), encontrados nas folhas em ambos os sistemas, foram quando as folhas eram bem jovens, com comprimentos de CNC abaixo de 4 cm, mostrando que nesta fase a maquinaria fotoquímica não estava com ótima eficiência (>0,75).

Por meio dos valores de PI, foi verificado que não houve diferença entre os sistemas de cultivo (Figura 20). Embora alguns trabalhos tenham mostrado que a variável PI pode ser mais sensível à ação dos fatores do ambiente do que a relação  $F_v/F_m$  (Thach et al., 2007; Zivcak et al., 2008), esta variável PI não se mostrou mais eficiente do que a relação  $F_v/F_m$  em avaliar os efeitos da cobertura plástica sobre o processo fotoquímico das plantas de 'Niagara Rosada'.

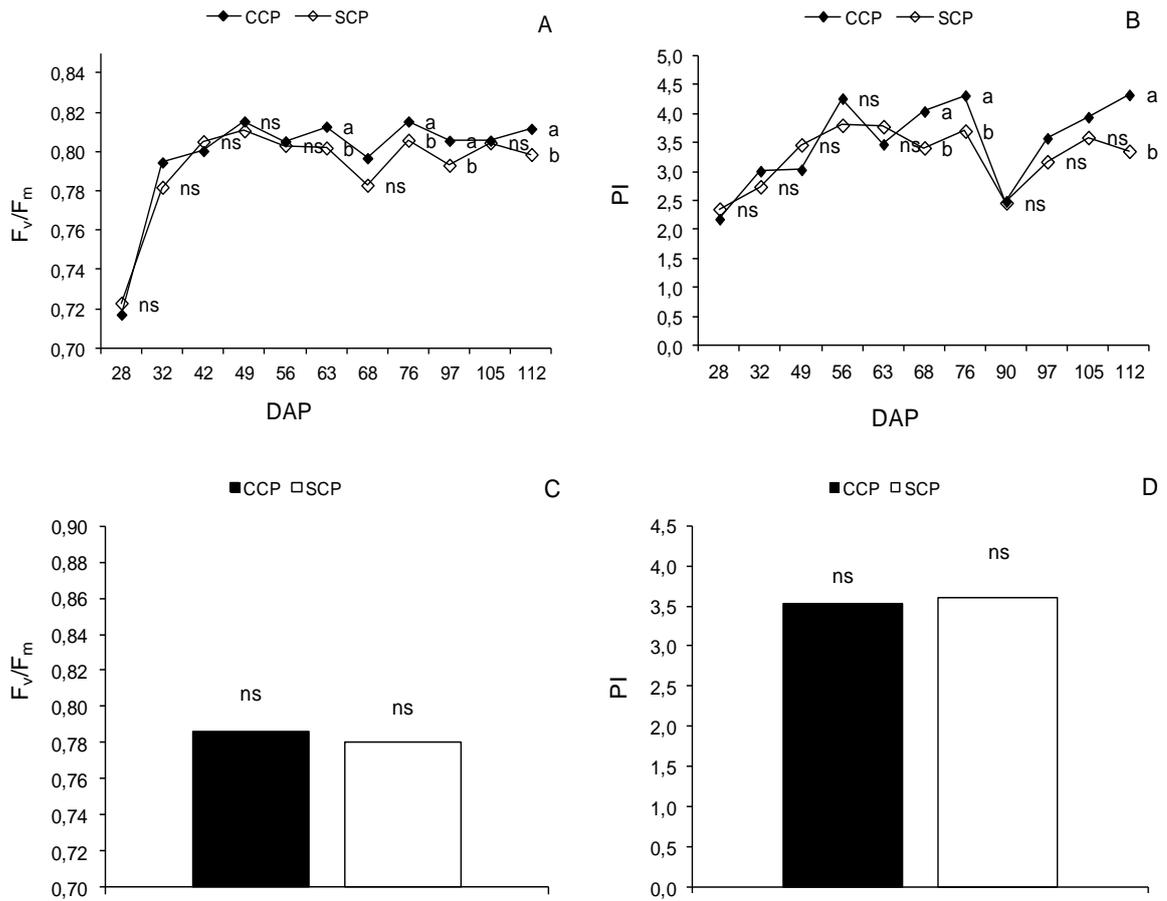


Figura 20 - Relação  $F_v/F_m$  (A); índice fotossintético (B); média da relação  $F_v/F_m$  ao longo do experimento (C); média do índice fotossintético ao longo do experimento (D) em plantas de videiras 'Niagara Rosada' crescidas CCP e SCP durante 112 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Ao avaliar a MFE foi possível observar que não houve diferença entre os tratamentos (Figura 21). Este resultado indica que estatisticamente as plantas SCP apresentaram folhas com espessuras semelhantes às plantas cultivadas no sistema CCP, o que mostra que o sombreamento do plástico utilizado no sistema CCP (interceptação luminosa de 47,7%, Figuras 4A e 4B) não causou alterações na espessura das folhas da espécie 'Niagara Rosada' utilizada neste estudo (Figura 21).

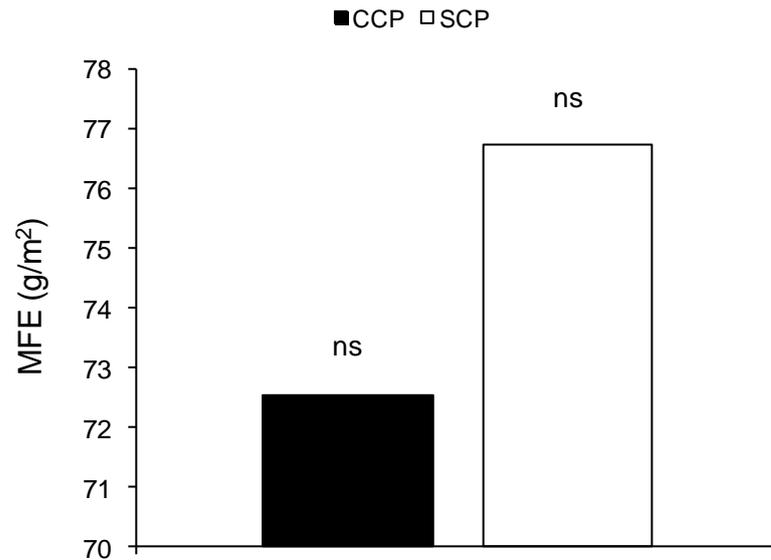


Figura 21 - Massa foliar específica em videiras 'Niagara Rosada' CCP e SCP obtida no último dia de avaliação, aos 105 DAP. Cada tratamento corresponde à média de 12 repetições. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si estatisticamente pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Os resultados mostraram que a cobertura plástica, com o nível de interceptação da luz em 47,7%, associada ao incremento na temperatura do ar de 2,3°C próximo ao dossel da cultura, não causaram alterações na ontogenia foliar relacionada à formação da maquinaria fotoquímica, bem como no crescimento foliar em plantas de videira Niagara.

## 6. RESUMO E CONCLUSÕES

As plantas da videira cv. 'Niagara Rosada', crescidas na região Norte Fluminense, sob cobertura plástica (CCP) e sem cobertura plástica (SCP) foram avaliadas quanto à capacidade fotossintética e à ontogenia foliar. Para tanto, em cada sistema de cultivo (CCP e SCP), foram avaliadas as variáveis climatológicas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e déficit de pressão de vapor do ar), as trocas gasosas (taxa fotossintética, transpiração e condutância estomática), o rendimento quântico máximo do fotossistema II, a intensidade de verde, a temperatura foliar, a eficiência do uso da água, a ontogenia foliar e a massa foliar específica. Por meio dos resultados obtidos, foi possível mostrar que a cobertura plástica estudada no presente estudo, no norte do estado do Rio de Janeiro, em plantas de videira 'Niágara Rosada', aumentou a temperatura máxima do ar em 2,3°C, reduziu a umidade relativa em 1,5%, incrementou o déficit de pressão de vapor do ar<sub>max</sub> em 0,4kPa, e causou redução na intensidade da luz em 47,7%. Estas alterações no sistema de cultivo CCP não causaram comprometimento na eficiência fotoquímica das folhas das plantas, e causaram uma redução na temperatura foliar ao meio dia. Esta menor temperatura foliar foi causada por uma maior transpiração das folhas neste horário. O sistema CCP promoveu maior taxa fotossintética pela manhã, que foi associada à maior condutância estomática neste horário. A maior abertura estomática pela manhã causou uma menor eficiência intrínseca no uso da água. O CCP não alterou a ontogenia foliar. Desta maneira, o CCP utilizado no Norte Fluminense como forma de evitar o

molhamento foliar, não causa comprometimentos na capacidade fotossintética e na ontogenia foliar da videira 'Niagara Rosada'.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G., Pereira, R.S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration- Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage. FAO, p. 56.
- Alquini, Y., Bona, C., Boeger, M.R.T. e Barros, C.F., (2006). Epiderme. In Apezatto-Da-Glória, B. e Carmello-Guerreiro, S.M. (Eds). Anatomia vegetal. Viçosa: Ed. UFV. p. 87-108.
- Alvarenga, Aa., Abrahão, E, Regina, M.A. (1998). Origem e classificação botânica da videira. Informe Agropecuário, São Paulo, v. 19, n.194, p. 5-8.
- Amarante, C.V.T., Zanardi, O.Z., Miqueloto, A., Steffens, C.A., Erhart, J., Almeida, J.A. (2009). Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira 'Cabernet Sauvignon' mediante métodos não destrutivos. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.31, p.680-686.
- Barradas, V.L., Nicolás, E., Torrecillas, A., Alarcón, J.J. (2005). Transpiration and canopy conductance in Young apricot (*Prunus armenica* L.) trees subjected to different PAR levels and water stress. Agricultural Water Management, Amsterdam, v.77, p. 323-333.

- Bascur, G., Oliva, M.A., Laing, D., (1985). Termometria infraroja em selection de genotipos de Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), resistentes a sequia. I Bases fisiológicas; II. Crecimento y productividad. Turrialba, 35, p. 3-33.
- Bertamini, M., Nedunchezian, N. (2004) Photoinhibition and recovery of photosystem 2 in grapevine (*Vitis vinifera L.*) leaves grown under field conditions. *Photosynthetica*, 41 p. 611-617.
- Bolhàr-Nordenkampf HR, Öquist GO (1993) Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: Hall DO, Scurlock JMO, Bolhàr-Nordenkampf HR, Leegood RC, Long SP (eds), Photosynthesis and production in a changing environment. A field and laboratory manual, pp.193-206. Chapman & Hall, London, England.
- Buriol, G.A.; Luft, S.V.L.; Heldwein, A.B.; Streck, N.A.; Schneider, F.M. Efeito da ventilação sobre a temperatura e umidade do ar em túneis baixos de polietileno transparente e o crescimento da alface. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.5, p.17-24, 1997.
- Buttrose, M.S. (1970). Fruitfulness in grapevines: the response of different cultivares to light, temperature and day length. *Vitis*, v.9, p. 121-125.
- Cardoso, L.S. (2007). Alterações microclimáticas em vinhedos de *Vitis vinifera L. cv. Moscato Giallo* pelo uso de cobertura plástica. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 134p.
- Cardoso, L.S., Bergamaschi, H., Comiran, F., Chavarria, G., Marodin, G.A.B., Dalmago, G.A., Dos Santos, H.P., Mandelli, F. (2008). Alterações micrometeorológicas em vinhedos pelo uso de coberturas de plástico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.43, n.4, p.441-447.
- Carmo Vasconcelos, M., Greven, M., Winefield, C.S., Trought, M.C.T., Raw, V. (2009) The flowering Process of *Vitis vinifera*: A review. *Am. J. Enol. Vitic.*, v.60, n.4.
- Catský, J., Sesták, Z. (1997) Photosynthesis during leaf development. *In*: Pessaraki, M. (ed.) Handbook of photosynthesis. New York: Marcel Dekker, p. 633-660.

- Chavarria, G., Santos, H.P., Zanus, M.C., Marodin, G.A.B., Chalaca, M.Z., Zorzan, C. (2010). Maturação de uvas Moscato Giallo sob cultivo protegido. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.32, n.1, p.151-160.
- Chavarria, G., Cardoso, L.S., Bergamaschi, H., Santos, H.P., Mandelli, F., Marodin, G.A.B. (2009) Microclima de vinhedos sob cultivo protegido. *Ciencia Rural*, V.39, n.7, p.2029-2034.
- Chavarria, G. (2008). Ecofisiologia e fitotecnia do cultivo protegido de videiras cv. Moscato Giallo (*Vitis vinifera* L.). Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 136p.
- Chavarria, G. et al., (2007). Efect de la cobertura plastica sur la croissance et sur le métabolisme de la vigne. *Anais do Congreso Clima y Viticultura*, Zaragoza. Gobierno de Aragon. v.1, p.59-64.
- Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodrigues, M. L., Ricardo, C. P. P., Osório, M. L., Carvalho, I., Faria, T., Pinheiro, C. (2002) How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals Botany*, 89, p. 907-916.
- Christen, D., Schönmann, S., Jermini, M., Strasser, R. J., Défago, G. (2007) Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress 112 responses to esca disease by *in situ* chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. *Environ. Exp. Bot.* 60. p. 504–514.
- Conte, A. (1996) Comportamento da videira Cv 'Niagara Rosada' submetida à poda de verão, sob estufa plástica em Bento Gonçalves - RS. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 71p.
- Detoni, A. M., Clemente, C., Fornari, C. (2007) Produtividade e qualidade da uva 'Cabernet Sauvignon' produzida sob cobertura de plástico em cultivo orgânico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.29, n.3, p.530-534.
- Dwelle, R.B. (1985) Photosynthesis and photoassimilate partitioning. In: *Potato physiology*. Orlando: Academic Press, p.35-58.

- El-Sharkawy, M.A., Cock, J.H. and Hernandez, A.D.P. (1985). Stomatal response to air humidity and its relation to stomatal density in a wide range of warm climate species. *Photosynth. Res.* v.7. p.137–149.
- FAOSTAT (2014) FAO data for agriculture: statistics database:  
<<http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture>>
- Faria, T., Garcia-Plazaola, J. I., Abadia, A., Cerasoli, S., Pereira, J. S., Chaves, M.M. (1996). Diurnal changes in photoprotective mechanisms in leaves of cork oak (*Quercus suber*) during summer. *Tree Physiology* 16 (1-2), p. 115-123.
- Farquhar, G.D., O'Leary, M.H. and Berry, J.A. (1982) On the relationship between carbon isotope discrimination and intercellular carbon dioxide concentration in leaves. *Aust. J. Plant Physiol.*, v.9, p.121–137.
- Gil, G. (2000). *Fruticultura: la producción de fruta*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile. 582 p.
- Giovannini, E. (1999). *Produção de uvas para vinho, suco e mesa*. Porto Alegre: Renascença. 364p.
- Godoy, L.J.G., Santos, T.S., Villas Bôas, R.L. e Júnior, J.B.L. (2008) Índice relativo de clorofila e o estado nutricional em Nitrogênio durante o ciclo de cafeeiro fertirrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.32, p.217-226.
- Grange, R.I., Hand, D.W. (1987). A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops. *J. Hort. Sci.* 62(2), p.125-134.
- Hendry, G.A.F., Price, A.H. (1993) Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry, G.A.F., Grime, J.P. (eds). *Methods in comparative plant ecology*. London: Chapman e Hall, p.148 -152.
- Hidalgo, L. (1993). *Tratado de viticultura general*. Madrid: Mundi-Prensa, higher plants. Genetical, physiological and molecular biological analysis. Belhassen E. (ed). Kluwer Acad. Publ., Dordrecht. p. 1-5. 983p

- Idso, S.B., Clawson, K.L., Anderson, M.G. (1986) Foliage temperature: effects of environmental factors with implications for plant water stress assessment and the CO<sub>2</sub>/climate connection. *Water Res. Res.*, washingtoniv.22, n.12, p. 1702-16.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).  
<http://www.sidra.ibge.gov.br/bdapTabela/listabl.asp?c=1613&z=p&o=18>.
- Jones, H. G. (1992). *Plants and microclimate: A quantitative approach to environmental plant physiology*. 2 ed. New York: Cambridge University Press. 428p.
- Jones, H.G., Stoll, M., Santos, T., de Sousa, C., Chaves, M.M., Grant, O.M. (2002). Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. *Journal of Experimental Botany*. 53, p. 224-2260.
- Kanechi, M., Uchida, N., Yasuda, T., Yamaguchi, T. (1996) Non-stomatal inhibition associated with inactivation of Rubisco in dehydrated coffee leaves under unshaded and shaded conditions. *Plant Cell and Physiology* 37: p. 455-460.
- Krause, G.H., Weis, E. (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 42, p. 313-349.
- Kriedemann, P.E. (1968). Photosynthesis in vine leaves as a function of light intensity, temperature and leaf age. *Vitis*, v.7, p.13-220.
- Lambers, H., Chapin, F.S., Pons, T.L. (1998) *Plant Physiological Ecology*. New York, Spring-Verlag, 540p.
- Leão, P. C. De S.; Da Silva, E. E. G., (2003). Caracterização fenológica e requerimentos térmicos de variedades de uvas sem sementes no vale do São Francisco, *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.25, n.3 p. 379-382.
- López-Miranda, S. (2002) Componentes del rendimiento en cv. Verdejo (*Vitis vinifera* L.), sus relaciones y su aplicación al manejo de la poda. Madrid: UPM. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. 274p.
- Lu, C., Zhang, J. (1999). Effects of water stress on photosystem II photochemistry and its thermostability in wheat plants. *Journal of Experimental Botany* 50 336, p. 1199-1206.

- Lulu, J., Castro, J. V., Pedro Junior, M. J. (2005) Efeito do microclima na qualidade da uva de mesa 'Romana' (A 1105) cultivada sob cobertura plástica. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.422-425.
- Machado Filho, J.A., Campostrini, E., Yamanishi, O.K., Fagundes, G.R. (2006) Variação sazonal das trocas gasosas em folhas de mamoeiro cultivado em condições de campo. *Bragantia*, Campinas, v.65, n.2, p.185-196.
- Mandelli, F. (2005). Comportamento meteorológico e sua influência na vindima de 2005 na serra gaúcha. Bento Gonçalves: Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho. (EMBRAPA Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 58). 6p.
- Manica, I., Pommer, C.V. (2006). Uva do plantio a produção, pós-colheita e mercado. Porto Alegre: Ed. Cinco Continentes. 185p.
- Marengo, R. A. e Lopes, N. F. (2009) Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV. 486 p.
- Maxwell, K., Johnson, G. N. (2000). Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *J. Exp. Bot.*, 51, p. 659-668.
- Meyer, S., Genty, B. (1999). Heterogeneous inhibition of photosynthesis over the leaf surface of *Rosa rubiginosa* L. during water stress and abscisic acid treatment: 56 induction of a metabolic component by limitation of CO<sub>2</sub> diffusion. *Planta* 210, p. 126-131.
- Milaneze-Gutierrez, m. A. et al., (2003) Efeitos da intensidade luminosa sobre a morfo-anatomia foliar de *Bouchea fluminensis* (Vell.) mold. (*Verbenaceae*) e sua importância no controle de qualidade da droga vegetal. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, São Paulo, v.1, n.13, p.23-33.
- Mota, C.S., Amarante, C.V.T., Santos, H.P., Albuquerque, J.A. (2007) Disponibilidade hídrica, radiação solar e fotossíntese em videiras 'Cabernet Sauvignon' sob cultivo protegido. Jaboticabal, SP. *Rev. Bras. Frutic.*, v.31, n 2, p. 432-439.
- Mullins, M.G., Bouquet, A., Willians, L.E., (1992). *Biology of horticultural crops: Biology of the grapevine*. Ed. Cambridge University Press, 239 p.

- Myburgh, P. A., (2003). Responses of *vitis vinifera* L. cv. Sultanina to water deficit during various pré and post-harvest phases under semi-arid conditions. South African Journal Enology and Viticulture, v.24, p.25-33.
- Nilsson, H.E. (1995) Remote sensing and image analysis in plant pathology. Canadian Journal of Plant Pathology, v.17, p.154-166.
- Norton, R.L. (1990). Windbreaks: benefits to orchard and vineyard crops. Horticultural Abstracts, East Malling, v.60, n.7, p.568.
- Pacheco, C., Cortazar, V.G., Cordova, C., Morales, U., Pinto, M. (2004) Photosynthetical characterization of different leaf layers of field-grown grapevines cv. Thompson Seedless; [http://www.publish.csiro.au/?act=view\\_file&file\\_id=SA0403653.pdf](http://www.publish.csiro.au/?act=view_file&file_id=SA0403653.pdf)
- Peçanha, A. L. (2010). Metabolismo fotossintético, crescimento e estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em resposta à condutividade elétrica da solução de cultivo. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes – RJ, 131p.
- Pedro Júnior, M.J., Pezzopane, J.R., Hernandez, J.L., Abramides, P.L.G. (2006). Sistemas de condução da videira 'Niagara Rosada': efeitos na transmissão de radiação solar e na produtividade. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Piracicaba, v.14, n.1, p.1-9.
- Pedro Júnior, M.J., Pezzopane, J.R.M., Martins, F.P., Pommer, C.V., Moraes, A.V.C. (1998) Efeito do uso de quebra-ventos na produtividade da videira 'Niagara Rosada'. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, n.1, p.75-79.
- Peruzzo, E. L. (1990) Efeitos do sombreamento e da área foliar na produção e qualidade do fruto de *Vitis labrusca* L., c. v "Niagara Rosada". Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 69p.
- Petrie, P.R., Trought, M.C.T., Howell, G.S. (2000) Influence of leaf aging, leaf area and crop load on photosynthesis, stomatal conductance and senescence of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir). *Vitis*, 39 p. 31- 36.

- Pezzopane, J.E.M., Oliveira, P.C., Reis, E.F., Lima, J.S.S. (2004). Alterações microclimáticas causadas pelo uso de tela plástica, Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.1. p. 9-15.
- Pommer, C.V. (2003). Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, 778 p.
- Pommer, C.V., Passos, I.R.S., Terra, M.M., Pires, E.J.P. (1997) Variedades de videira para o estado de São Paulo. Campinas, IAC. (IAC. Boletim Técnico, 166). 59p.
- Prescot, J.A. (1965) The climatology of the vine (*Vitis vinifera* L.). The cool limit of cultivation. Transactions of the Royal Society of South Australia, Adelaide, v.88, n.89, p.5-23.
- Reis, F.O., Campostrini, E. (2008). Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'formosa' cultivado em condição de campo. Bragantia, Campinas, v.67, n.4, p.815-822.
- Rupp, D., Trankle, L., Fox R. (1999) Non-destructive measurement of chlorophyll in grapes - evaluation of varietal influences and effects of sampling methods. Mitteilungen Klosterneuburg, Rebe und Wein, Obstbau und Fruechteverwertung, v.49, n.3, p.86-92.
- Santos, A.O., Bigas-Adao, F. M. R., Hernandez, J.L., Orlando, T.G.S. (2005) Determinação do fluxo de seiva em videira através da técnica do pulso de calor. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Piracicaba - SP. v. 13, n. 2, p. 262-272.
- Santos, A. O., Kaye, O. (2009). Composição quali-quantitativa da produção de 'Syrah' cultivada sob estresse hídrico transiente. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.272-281.
- Santos, H.P. (2006) Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade do vinhedo e na qualidade dos vinhos. Bento Gonçalves-RS: EMBRAPA-CNPV, (Comunicado Técnico, 71). 9p.: <http://www.cnpv.embrapa.br/publica/comunicado/cot071.pdf>

- Schultz, H.R., Kieffer, W., Gruppe, W. (1996) Photosynthesis duration, carboxylation and stomatal limitation of sun and shade leaves of different ages in field-grown grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Vitis*, 35, p. 169-176.
- Segovia, F.O., Andriolo, J.L., Buriol, A.G.; Schneider, F. M. (1997). Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. *Ciência Rural*, v.27, n.1, p.37-41.
- Sentelhas, P.C., (1998). Aspectos climáticos para a viticultura tropical. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.19, p.9-14.
- Serman, V. F., Liota, M., Parera, C. (2004). Effects of irrigation deficit on table grape cv. Superior seedless production, *Acta Horticulturae*, n.646, p.183-186.
- Silva, F.A.S. (1996) The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: International Conference On Computers In Agriculture, 6, Cancun. Anais. Cancun: American Society of Agricultural Engineers,. p.294-298.
- Silva, F.A.S. e Azevedo, C.A.V. (2009) Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. In: World Congress On Computers In Agriculture, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Silva, F.A.S. e Azevedo, C.A.V. (2006) New Version of The Assistat- Statistical Assistance Software. In: World Congress On Computers In 129 Agriculture, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers,. p.393-396.
- Silva, F.A.S. e Azevedo, C.A.V. (2002) Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.4,n.1, p71-78.
- Silva, M. A., Soares, R. A. B., Landell, M. G. A., Campana, M. P. (2008) Agronomic performance of sugarcane families in response to water stress. *Bragantia*, v. 67, p. 656-661.
- Silveira, J., Galeskas, H., Tapetti, R., Lourencini, I. (2011). Quem é o consumidor de frutas e hortaliças. *Hortifruti Brasil*, CEPEA/ESALQ-USP. p 8-23.

- Silvestrini, M. et al., (2007). Photosynthesis and carbon gain under contrasting light levels in seedlings of a pioneer and a climax tree from a Brazilian Semideciduous Tropical Forest. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v.30, n.3, p.463-474.
- Steele, M. R., Gitelson, A. A., Rundquist D. C. (2008) A comparison of two techniques for nondestructive measurement of chlorophyll content in grapevine leaves. *Agronomy Journal*, Madison, v. 10, n. 3, p. 779-782.
- Strasser B.J., Strasser, R.J. (1995) Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP test. In: *Proceedings of Xth International Photosynthesis Congress*. Dordrecht, n Netherlands, p. 977-980.
- Strasser, R.J. e Tsimilli-Michael, M (2001). Stress in plants, from daily rhythm to global changes, detected and quantified by the JIP-test. *Chimie Nouvelle* 75. p. 3321–3326.
- Strasser, R. J, Srivasta, A, Tsimilli-Michel, M. (2000). The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: Yunus, M; Streck, N. A., 2003. Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.9 n.4, p.317-322.
- Strasser, R.J., Srivastava, A., Tsimilli-Michael, M. (2000). The fluorescent transient as a tool to characterise and screen photosynthetic samples. In: Yunus, M., Pathre, U., Mohanty, P. (Eds.), *Probing Photosynthesis: Mechanisms, Regulation and Adaptation*. Taylor and Francis, London, p. 445–483.
- Strasser, R.J., Srivastava, A., Tsimilli-Michael, M. (2004) Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: Papageorgiou, G., Govindjee (eds.), *Advances in Photosynthesis and Respiration*. vol. 19: *Chlorophyll fluorescence: a Signature of photosynthesis*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, p. 321–362.
- Streck, N. A. (2003) Stomatal response to water vapor pressure deficit: an unsolved issue. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.9, n.4, p.317-322.
- Tang, A. C., Kawamitsu, Y., Kanechi, M. E., Boyer, J. S. (2002). Photosynthetic oxygen evolution at low water potential in leaf discs lacking an epidermis. *Ann. Bot.*, 89, p. 861- 870.

- Thach, L.B., Shapcott, A., Schmidt, S., Critchley, C. (2007) The OJIP fast fluorescence rise characterizes *Graptophyllum* species and their stress responses. *Photosynth Res* 94 p. 423–436.
- Torres Netto, A. (2005). Atributos fisiológicos e relações hídricas em genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) na fase juvenil. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 116p.
- Viana, L. H. (2009). Fenologia e quebra de dormência da videira Niagara rosada cultivada na região Norte Fluminense em diferentes épocas de poda. Tese (Doutorado). Campos dos Goytacazes, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 74p.
- Winkler, A.J., Cook, J.A., Kliewer, W.M., Lider, L.A. (1974). *General viticulture*. 2<sup>a</sup>. Berkley: University of California, 710p.
- Wise, R.R., Sparrow, D.H., Ortiz-Lopez, A., Ort, D.R. (1991) Biochemical regulation during the midday decline of photosynthesis in field-grown sunflower. *Plant Science* 74. p. 45-52.
- Živčák, M., Brestič, M., Olšovská, K., Slamka, P. (2008) Performance index as a sensitive indicator of water stress in *Triticum aestivum* L. *Plant Soil Environment*., v.54. p. 133–139.