

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR NORTE - RS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA -
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**EFEITO DA COR DO PERFIL NA TEMPERATURA E
CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DA SOLUÇÃO
NUTRITIVA EM CULTIVO HIDROPÔNICO DE RÚCULA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO



Vilson José Gabriel

Frederico Westphalen, RS, Brasil.

2013

**EFEITO DA COR DO PERFIL NA TEMPERATURA E
CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DA SOLUÇÃO
NUTRITIVA EM CULTIVO HIDROPÔNICO DE RÚCULA**

Vilson José Gabriel

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientadora: Prof^a Dr^a Denise Schmidt

Frederico Westphalen, RS, Brasil.

2013

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Educação Superior Norte - RS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia -
Agricultura e Ambiente**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**EFEITO DA COR DO PERFIL NA TEMPERATURA E
CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM
CULTIVO HIDROPÔNICO DE RÚCULA**

elaborado por
Vilson José Gabriel

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:

Denise Schmidt, Dr^a
(Presidente/Orientadora)

Velci Queiroz de Souza, Dr. (UFSM)

Durval Dourado Neto, Dr. (ESALQ/USP)

Frederico Westphalen, 13 de Agosto de 2013.

*A minha esposa Vaneza,
pela paciência, compreensão e incentivo,
que me fez persistir na busca dos ideais.*

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e força que representa em minha vida estando presente durante os desafios da caminhada.

A Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente (PPGAAA), pela oportunidade de cursar o Mestrado no ensino público, gratuito e de qualidade, aperfeiçoando meus conhecimentos.

A professora Dra. Denise Schmidt pelo total e irrestrito apoio na orientação e condução deste trabalho. Aos professores Dr. Braulio Otomar Caron e Dr. Velci Queiroz de Souza pelo auxílio neste trabalho. Aos demais professores do PPGAAA, pela contribuição na minha formação pessoal e profissional.

A Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI/FW, pelo empréstimo de equipamento que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos colegas da Primeira Turma de Mestrado do PPGAAA, pela amizade e companheirismo. Em especial ao colega Renes Rossi Pinheiro pela fundamental colaboração na montagem e condução dos experimentos.

Aos colegas e grandes parceiros do Grupo de Pesquisa que prontamente se dispuseram a colaborar na execução da pesquisa.

Aos novos amigos que fiz durante o curso pelo auxílio nos encaminhamentos necessários.

Ao Instituto Assistência e Educação São Canísio (IAESC) – Colégio Agrícola de Itapiranga/SC por incentivar à busca de melhor formação dos seus colaboradores.

Aos familiares que em todos os momentos me apoiaram a todos serei eternamente grato.

Agradeço em especial à minha esposa Vaneza Maria Werlang Gabriel, por seu amor, confiança, compreensão, paciência e incentivo, que me fez persistir em tantos momentos difíceis ao longo desta caminhada.

E todos que contribuíram de forma direta ou indireta na concretização desta importante etapa de minha vida.

MUITO OBRIGADO!

“O mais importante na vida não é o triunfo, mas a luta para o alcançar.”

(Pierre de Coubertain)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura e Ambiente
Universidade Federal de Santa Maria

EFEITO DA COR DO PERFIL NA TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM CULTIVO HIDROPÔNICO DE RÚCULA

AUTOR: VILSON JOSÉ GABRIEL
ORIENTADORA: DENISE SCHMIDT

Frederico Westphalen, RS 13 de Agosto de 2013.

O trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes cores de perfis de cultivo sobre a temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no cultivo de rúcula ao longo de duas estações de cultivo em sistema hidropônico NFT. O experimento foi realizado no período de abril a agosto de 2012, em ambiente protegido contando com três bancadas de produção cada qual composta por oito perfis para a condução das plantas avaliadas sendo, quatro de cor preta e quatro pintados com tinta plástica branca. As duas cores de perfil foram dispostas alternadamente e, para efeito de bordadura foi instalado um perfil em cada borda da bancada. Durante a condução do experimento, foi registrada a temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva nos perfis três vezes por dia, sendo às 9:00h, 15:00h e 21:00h. Em cada leitura registrava-se a temperatura e concentração de oxigênio no início e final de dois perfis de cada cor. Para a análise de crescimento, as avaliações foram realizadas a cada quatro dias em duas estações de cultivo, outono e inverno, e as variáveis avaliadas foram: massa de folha seca, massa de caule seco e massa de raiz seca; altura de planta; comprimento de raiz; número de folhas e índice de área foliar. Os resultados obtidos foram analisados separadamente e demonstram que as diferentes cores de perfil e estações do ano modificaram a temperatura e concentração de oxigênio da solução nutritiva. A cor preta do perfil aumentou temperatura da solução nutritiva circulante. Mudanças na temperatura influenciaram na concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva. As diferentes cores de perfil e estações do ano interferiram no crescimento da rúcula. As plantas cultivadas no perfil branco apresentaram maior massa de folha seca, massa de caule seco e massa de raiz seca, bem como maior comprimento de raiz e maior índice de área foliar.

Palavras-chave: *Eruca sativa*. Oxigenação. Hidroponia. Regime térmico. Época de cultivo.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Post-Graduate Program in Agronomy: Agriculture and Environment
Federal University of Santa Maria

THE EFFECT OF COLOR PROFILE IN TEMPERATURE AND CONCENTRATION OF
OXYGEN IN GROWING HYDROPONIC NUTRIENT SOLUTION OF ROCKET

AUTHOR: VILSON JOSÉ GRABRIEL
GUIDANCE: DENISE SCHMIDT
Frederico Westphalen, RS - August 13, 2013.

This study has as main purpose to evaluate the influence of different color profiles on the cultivation related to temperature and dissolved oxygen concentration in the nutrient solution in the growing of rocket over two growing seasons in hydroponic system NFT. The experiment was conducted in the period of April to August 2012, in protected ambient counting with three production benches each comprised of eight profiles for the conduct of the plants evaluated, having four black and four white painted with plastic paint. The two colors of profile were arranged alternately and, to surround effect, a profile was installed on each edge of the bench. During the experiment, the temperature was recorded and the concentration of dissolved oxygen in the nutrient solution in the profiles three times per day, at 9:00, 15:00 and 21:00. In each reading recorded the temperature and concentration of oxygen at the beginning and end of two profiles of each color. For growth analysis, assessments were performed every four days in two growing seasons, autumn and winter, and the variables were evaluated: leaf dry matter, stem dry mass and root dry mass; plant height; root length; number of leaves and leaf area index. The results were analyzed separately and show that the different colors and profile stations modify the temperature and oxygen concentration of the nutrient solution. The black color profile increased the temperature of the circulating nutrient solution. Changes in temperature affected the concentration of dissolved oxygen in the nutrient solution. The different colors and seasons interfered with the growth of rocket. Plants grown in white profile showed higher leaf dry matter, stem dry mass and root dry mass, as well as increased root length and increased leaf area index.

Keywords: *Eruca sativ.* Oxygenation. Hydroponics. Thermal regime. Cultivation environment.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO I

- Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as variáveis temperatura média (Tm), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) e concentração de oxigênio dissolvido (Oxi), da solução nutritiva. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012. 24
- Tabela 2 - Média da temperatura mínima da solução nutritiva em duas cores de perfil ao longo das estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012..... 25
- Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis temperatura da solução no início do perfil (TI), temperatura da solução no final do perfil (TF), concentração de oxigênio dissolvido no início do perfil (OI), concentração de oxigênio dissolvido no final do perfil (OF). Frederico Westphalen, UFSM, 2012 28
- Tabela 4 - Média diária de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil em duas cores de perfil em três horários diferentes durante as estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 29
- Tabela 5 - Média diária de temperatura da solução nutritiva no início do perfil (preto e branco) nas estações de outono e inverno em três horários diferentes. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 29
- Tabela 6 - Média de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil em duas cores de perfil em três horários diferentes ao longo de duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 30
- Tabela 7 - Média de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no final do perfil em duas cores de perfil em três horários diferentes ao longo de duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 31

ARTIGO II

- Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as variáveis, massa de folha seca (MFS), massa de caule seco (MCS), massa de raiz seca (MRS), Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 49

Tabela 2 - Média de 11 avaliações de massa de folha seca de quatro cultivares de rúcula, cultivadas em duas cores de perfil em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012	54
Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (Altura), comprimento de raiz (CRaiz), número de folhas (NF) e área foliar (AF), Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012	55
Tabela 4 - Média de 11 avaliações da altura de planta de quatro cultivares de rúcula, cultivadas em duas cores de perfil durante as estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012	56
Tabela 5 - Valores médios de 11 avaliações do índice de área foliar de quatro cultivares de rúcula, cultivadas em duas cores de perfil nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012	57
Tabela 6 - Média de 11 avaliações do comprimento de raiz de quatro cultivares de rúcula, cultivadas em duas estações de cultivo e duas cores de perfil. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012	58
Tabela 7 - Massa de folha fresca (MFF), massa de caule fresco (MCF) e massa de raiz fresca (MRF) aos 40 dias após o transplante de quatro variedades de rúcula, cultivadas em duas cores de perfil nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012	63

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO I

- Figura 1 - Variação da temperatura média, máxima e mínima do ar no interior da estufa na estação de outono (A) e na estação de inverno (B), durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.....23
- Figura 2 - Média diária de temperatura média (A), temperatura máxima (B) e temperatura mínima (C) da solução nutritiva durante o cultivo de rúcula em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012..... 26
- Figura 3 - Média diária de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva durante o cultivo de rúcula em duas cores de perfil e duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 26
- Figura 4 - Média diária de temperatura máxima da solução nutritiva durante o cultivo de rúcula em duas cores de perfil. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012..... 27
- Figura 5 - Média diária de temperatura da solução nutritiva no início do perfil (A) e no final do perfil (B). Concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil (C) e no final do perfil (D), durante o cultivo de rúcula em duas estações. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012..... 32
- Figura 6 - Média diária de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil (A) e no final do perfil (B) durante o cultivo de rúcula em duas cores de perfil em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012..... 33
- Figura 7 - Média diária de temperatura da solução nutritiva no final do perfil às 9:00h (A), 15:00h (B) e 21:00h (C), durante o cultivo de rúcula em duas cores de perfil em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 34
- Figura 8 - Média diária de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil (A) e no final do perfil (B), durante o cultivo de rúcula em três horários de avaliação, em duas cores de perfil e em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 35
- Figura 9 - Média diária de temperatura da solução nutritiva no início do perfil em diferentes horários de avaliação (A) e no final do perfil em diferentes horários de avaliação e diferentes cores de perfil (B), durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 35

Figura 10 - Correlação entre temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no perfil branco na estação de outono (A), perfil preto na estação de outono (B), perfil branco na estação de inverno (C) e no perfil preto na estação de inverno (D), durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.36

ARTIGO II

- Figura 1 - Características morfológicas da folha de quatro cultivares de rúcula, ‘Cultivada’ (A), ‘Folha Larga’ (B), ‘Rococó’ (C) e ‘Runway’ (D). Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.....44
- Figura 2 - Variação da temperatura média, máxima e mínima do ar no interior da estufa na estação de outono (A) e na estação de inverno (B). Variação da radiação solar global incidente nas estações de outono e inverno (C), durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012..... 47
- Figura 3 - Variação da temperatura do ar no interior do perfil de cultivo na estação de outono (A) e na estação de inverno (B) em diferentes horários de avaliação durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012..... 48
- Figura 4 - Acúmulo de massa de folha seca de quatro cultivares de rúcula, cultivadas nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 50
- Figura 5 - Acúmulo de massa de caule seco durante o crescimento de quatro cultivares de rúcula na estação de outono (A) e inverno (B). Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012..... 51
- Figura 6 - Acúmulo de massa de folha seca, durante o crescimento da rúcula cultivada nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 51
- Figura 7 - Acúmulo de massa de raiz seca, durante o crescimento da rúcula cultivada nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 52
- Figura 8 - Acúmulo de massa de folha seca (A), massa de caule seco (B) e massa de raiz seca (C) da cultura da rúcula em duas cores de perfil durante seu crescimento nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012 53
- Figura 9 - Acúmulo de massa de raiz seca de quatro cultivares de rúcula cultivadas em perfil preto e branco durante as estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012..... 55

Figura 10 - Número de folhas de quatro cultivares de rúcula cultivadas em duas cores de perfil na estação de outono (A) e inverno (B). Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.	58
Figura 11 - Índice de área foliar de quatro cultivares de rúcula cultivadas em duas cores de perfil na estação de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012....	59
Figura 12 - Altura de planta de rúcula cultivada em duas cores de perfil nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.....	60
Figura 13 - Índice de área foliar de rúcula cultivada nas estações de outono e inverno (A) e duas cores de perfil (B) durante seu ciclo de crescimento. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.....	61
Figura 14 - Comprimento de raiz de rúcula cultivada nas estações de outono e inverno (A) e no perfil branco e preto (B). Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 ARTIGO I	17
VARIAÇÃO DA TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM CULTIVO HIDROPÔNICO DE RÚCULA, EM FUNÇÃO DA COR DO PERFIL E ESTAÇÃO DO ANO.....	17
2.1 Resumo	17
2.2 Abstract.....	17
2.3 Introdução.....	18
2.4 Material e Métodos.....	21
2.5 Resultados e Discussão.....	23
2.6 Conclusão	38
2.7 Referências Bibliográficas.....	38
3 ARTIGO II.....	41
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE RÚCULA EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM DIFERENTES CORES DE PERFIL E ESTAÇÕES DO ANO.....	41
3.1 Resumo	41
3.2 Abstract.....	41
3.3 Introdução.....	42
3.4 Material e Métodos.....	43
3.5 Resultados e Discussão.....	46
3.6 Conclusão	63
3.7 Referências Bibliográficas.....	64
Anexo I	66

4 DISCUSSÃO	67
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

1 INTRODUÇÃO

O uso da hidroponia como técnica comercial é recente, tendo seu advento com os trabalhos de Cooper (1975). Desde então, essa técnica teve grande desenvolvimento e difusão, aliada ao desenvolvimento do cultivo protegido e à necessidade de abastecimento contínuo das grandes cidades com produtos hortícolas. Apesar do rápido progresso, a hidroponia comercial não deixa de ser uma técnica recente, com muitos pontos a serem melhorados e resolvidos, sendo capaz de prover uma produção intensiva de alimentos em áreas com sérias limitações (MARTINEZ *et al.*, 1997).

Apesar de existir uma carência em pesquisas direcionadas ao cultivo hidropônico da rúcula, seu cultivo vem se destacando nos últimos anos devido ao aumento da demanda do mercado consumidor (REGHIN *et al.*, 2005). Além disso, seu ciclo curto, riqueza nutricional, alta produção por área e ampla aceitabilidade pelo mercado consumidor e devido às suas diferenciadas características organolépticas seu cultivo vem se intensificando (REGHIN *et al.*, 2004; AMORIM *et al.*, 2007).

Dos diversos sistemas hidropônicos existentes, no Brasil prevalece a técnica de produção do fluxo laminar de nutrientes (FAQUIM; FURLANI, 1999). Segundo Fontes (2005), existe uma carência de conhecimento sobre as interações genótipo – técnicas culturais – ambiente protegido na produção hidropônica de hortaliças, necessitando de novas pesquisas para melhorar esta tecnologia de produção.

Conforme Sutton *et al.* (2006), em regiões de clima temperado, como no sul do Canadá, os cultivos hidropônicos normalmente são realizados em estufas com sistemas sofisticados para controlar as condições do microclima (temperatura, umidade, gás carbônico e luz) e composição da solução nutritiva (pH e oxigênio dissolvido). Por outro lado, em climas quentes ou tropicais, como os do Brasil, os cultivos hidropônicos são realizados sem controle total do clima, e sim, com uma proteção parcial contra condições climáticas adversas, e com solução nutritiva padronizada. Dessa forma, o controle parcial do ambiente é realizado basicamente com o manejo das cortinas e o uso de telas de sombreamento. Estas técnicas, nem sempre possibilitam manter as condições climáticas ideais para as culturas, e conseqüentemente influenciam na expressão de seu potencial produtivo.

Para o sucesso no cultivo de hortaliças em hidroponia, além de uma solução nutritiva adequada à cultura, torna-se imprescindível o adequado manejo desta solução, por influenciar diretamente na produção e na qualidade das culturas hidropônicas. Dentre os fatores a serem manejados têm-se a temperatura e concentração de oxigênio (FURLANI *et al.*, 1999).

Conforme Mattos *et al.* (2001), um aspecto importante a ser considerado é o balanço de energia radiante na bancada, que pode ser diferente em função do material de cobertura, condicionando a temperatura do ar da canaleta de circulação da solução, que faz parte do ambiente de desenvolvimento do sistema radicular. O regime térmico no ambiente das raízes pode afetar a absorção da água e dos nutrientes, bem como o crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas.

A concentração de oxigênio dissolvido na solução pode rapidamente declinar, contudo, especialmente quando a temperatura da solução nutritiva é alta. Com o aumento da temperatura, a demanda das raízes por oxigênio aumenta, isso se torna mais significativo quando as culturas produzem densas massas de raízes (SUTTON *et al.*, 2006).

Conforme Bonachela *et al.*(2010), pouco se sabe sobre a dinâmica do conteúdo de oxigênio em substratos em cultivos comerciais de hortaliças, especialmente em áreas onde o cultivo é realizado em estufas plásticas de baixo custo sem controle de temperatura, associado a regiões com longos períodos de cultivo com alta temperatura do ar, tais como a bacia do Mediterrâneo e alguns países do centro/sul-americano. A maioria dos estudos realizados foi a nível de laboratório de pesquisa e não em sistemas hidropônicos comerciais.

Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes cores de perfis de cultivo sobre a temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva e estes sobre o crescimento da cultura da rúcula, durante as estações de outono e inverno.

2 ARTIGO I

VARIAÇÃO DA TEMPERATURA E CONCENTRAÇÃO DE OXIGÊNIO DISSOLVIDO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM CULTIVO HIDROPÔNICO DE RÚCULA, EM FUNÇÃO DA COR DO PERFIL E ESTAÇÃO DO ANO

2.1 Resumo

O adequado manejo da solução influencia diretamente na produção e na qualidade das culturas hidropônicas. Dentre os fatores a serem manejados têm-se a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da cor do perfil de cultivo e de diferentes estações do ano na temperatura e concentração de oxigênio dissolvido da solução nutritiva em cultivo de rúcula em sistema hidropônico NFT. O experimento foi realizado no período de 03/04/12 a 26/08/12, em ambiente protegido contando com três bancadas de produção cada qual composta por oito perfis para a condução das plantas avaliadas sendo, quatro de cor preta e quatro pintados com tinta plástica branca. As duas cores de perfil foram dispostas alternadamente e, para efeito de bordadura foi instalado um perfil em cada borda da bancada. O registro da temperatura e oxigenação da solução nutritiva nos perfis foi realizado três vezes por dia, sendo às 9:00h, 15:00h e 21:00h. Em cada leitura registrava-se a temperatura e concentração de oxigênio no início e final de dois perfis de cada cor. As diferentes cores de perfil e estações do ano modificaram a temperatura e concentração de oxigênio da solução nutritiva. A cor preta do perfil aumentou a temperatura da solução nutritiva circulante. Mudanças na temperatura influenciaram a concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva.

Palavras-chave: *Eruca sativa*, hidroponia, época de cultivo, oxigenação, condução térmica.

2.2 Abstract

The adequate management of the solution directly influences in the production and in the quality of hydroponic crops. Among the factors to be managed are the temperature and concentration of dissolved oxygen in the nutrient solution. Facing the exposes, the objective of this study was to evaluate the influence of color profile cultivation and different seasons in temperature and dissolved oxygen concentration in the nutrient solution for growing rocket in

NFT hydroponic system. The experiment was conducted from 03/04/12 to 26/08/12 in greenhouse counting with three production benches each comprised of eight profiles for the conduct of the plants being evaluated, for this act, four black and four painted with white plastic paint. The two colors of profiles were arranged alternately and, to surround effect, a profile was installed on each edge of the bench. The record of temperature and oxygenation of the nutrient solution in the profiles was performed three times per day, at 9:00, 15:00 and 21:00. In each reading recorded the temperature and concentration of oxygen at the beginning and end of two profiles each color. The different color profile and seasons changed the temperature and oxygen concentration of the nutrient solution. The black color profile increases the temperature of the circulating nutrient solution. Changes in temperature influenced the concentration of dissolved oxygen in the nutrient solution.

Keywords: *Eruca sativa*, hydroponics, growing season, oxygenation, thermal conduction.

2.3 Introdução

O uso da hidroponia como técnica comercial é recente, tendo seu advento com os trabalhos de Cooper (1975). Essa técnica teve grande desenvolvimento e difusão, aliada ao desenvolvimento do cultivo protegido, crescimento dos grandes centros urbanos e à necessidade de abastecimento contínuo destas demandas com produtos hortícolas. Apesar do rápido progresso, a hidroponia comercial não deixa de ser uma técnica recente, com muitos pontos a serem melhorados e resolvidos, sendo capaz de prover uma produção intensiva de alimentos em áreas com sérias limitações (MARTINEZ *et al.*, 1997).

Os sistemas hidropônicos de produção de plantas vêm sendo empregados no Brasil para diversas culturas. As hortaliças folhosas como a alface e a rúcula são as mais cultivadas (SANTOS, 2010).

Conforme Teixeira (1996), ainda que a utilização de cultivos hidropônicos no Brasil seja criticada em razão da grande extensão de área cultivável no país, esse tipo de cultivo é uma opção para pequenas áreas e também onde o cultivo convencional não é possível. É considerado o mais eficiente no uso da água e, assim, dado a necessidade crescente da preservação ambiental e da economia de água.

Em comparação ao cultivo tradicional, o cultivo protegido de hortaliças favorece a obtenção de maiores rendimentos qualitativos e quantitativos, permite a padronização de técnicas culturais e a redução do custo de produção e de impactos ambientais (NICOLA *et al.*,

2005). Além disso, permite ao produtor interferir nas condições ambientais controlando vento, chuva e radiação solar. Esse controle associado à hidroponia, que é uma técnica que possibilita o fornecimento de nutrientes em níveis adequados ao crescimento de culturas, minimiza perdas de produção e propicia melhor qualidade às hortaliças tanto folhosas quanto frutíferas (FURLANI *et al.*, 1999).

Para o sucesso no cultivo de hortaliças em hidroponia, além de uma solução nutritiva adequada à cultura, torna-se imprescindível o adequado manejo desta solução, por influenciar diretamente na produção e na qualidade das culturas hidropônicas. Dentre os fatores a serem manejados têm-se a concentração de oxigênio, a condutividade elétrica (CE), o pH, a temperatura, assim como o tempo e a vazão da solução disponibilizada às raízes das plantas durante todo o seu ciclo (FURLANI *et al.*, 1999).

Valores próximos de 12 mg. L⁻¹ de O₂; 6,0 de pH e 27°C de temperatura da solução são valores de referência utilizados por produtores nas diversas regiões do Brasil. Por outro lado, existe uma ampla variação quanto à CE, ao tempo e à vazão de irrigação a ser estabelecida na hidroponia. Para alface, que corresponde à cultura referência neste sistema, valores de CE podem variar de 0,9 a 2,5 mS. cm⁻¹ (FURLANI *et al.*, 1999; SCHMIDT *et al.*, 2001; RODRIGUES, 2002). Já a vazão de solução por perfil para diversas hortaliças folhosas varia de 1,2 a 2,0 L min⁻¹ (HELBEL *et al.*, 2007).

Alberoni (1998) destaca que a temperatura da solução não deve ultrapassar os 30°C, sendo que o ideal para a planta é a faixa de 18°C a 24°C em períodos quentes (verão) e 10°C a 16°C em períodos frios (inverno). Temperaturas muito acima ou abaixo desses limites causam danos à planta, bem como uma diminuição na absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, redução na produção e da qualidade final do produto.

Conforme Sutton *et al.* (2006), em regiões de clima temperado, como no sul do Canadá, os cultivos hidropônicos normalmente são realizados em estufas com sistemas sofisticados para controlar as condições do microclima (temperatura, umidade, gás carbônico e luz) e composição da solução nutritiva (pH e oxigênio dissolvido). Por outro lado, em climas quentes ou tropicais, como os do Brasil, os cultivos hidropônicos são realizados sem controle total do clima, e sim, com uma proteção parcial contra condições climáticas adversas, e com solução nutritiva padronizada. Dessa forma, o controle parcial do ambiente é realizado basicamente com o manejo das cortinas e o uso de telas de sombreamento. Estas técnicas, nem sempre possibilitam manter as condições climáticas ideais para as culturas, e conseqüentemente influenciam na expressão de seu potencial produtivo.

Os fatores que influenciam a temperatura no interior de uma estufa são o tipo de material utilizado na cobertura externa da estufa, temperatura do ambiente externo, luminosidade e vento. Em trabalho realizado comparando o efeito de diferentes materiais de cobertura da bancada na temperatura do ar na canaleta de circulação da solução nutritiva, verificaram diferenças significativas entre a variação da temperatura do ar no canal de cultivo em função dos diferentes materiais de cobertura (MATTOS *et al.*, 2001).

A concentração de oxigênio dissolvido na solução pode rapidamente declinar, contudo, especialmente quando a temperatura da solução nutritiva é alta. Na ausência de fatores biológicos, o nível de oxigênio dissolvido na água diminui, por exemplo, de cerca de 9 para 7 mg. L⁻¹ com o aumento da temperatura de 20 para 35°C a 101,3 kPa e 100% de umidade relativa. Com o aumento da temperatura, a demanda das raízes por oxigênio aumenta, isso se torna mais significativo quando as culturas produzem densas massas de raízes (SUTTON *et al.*, 2006).

Inúmeros relatórios demonstram que a deficiência de oxigênio na rizosfera pode induzir um menor crescimento da raiz e a absorção de íons e água. A disponibilidade de oxigênio para as raízes geralmente depende da taxa de difusão do oxigênio nos meios de cultivo, o que é muito mais baixa em formas dissolvidas que no ar (BONACHELA *et al.*, 2005). Essa deficiência de oxigênio no sistema radicular pode resultar na redução da atividade radicular e do desenvolvimento da planta, afetando seu rendimento. Além disso, a hipoxia pode resultar em maior susceptibilidade a doenças (HOLTMAN *et al.*, 2005).

O resultado mais comum da restrição do fornecimento de oxigênio para a rizosfera é a hipoxia, que ocorre quando a respiração da raiz é perturbada pela deficiência de oxigênio, e não quando há ausência total de oxigênio (DREW, 1997).

Conforme Bonachela *et al.* (2010), pouco se sabe sobre a dinâmica do conteúdo de oxigênio em substratos em cultivos comerciais de hortaliças, especialmente em áreas onde o cultivo é realizado em estufas plásticas de baixo custo sem controle de temperatura, associado a regiões com longos períodos de cultivo com alta temperatura do ar, tais como a bacia do Mediterrâneo e alguns países do centro/sul-americano. A maioria dos estudos realizados foi a nível de laboratório de pesquisa e não em sistemas hidropônicos comerciais.

Conforme Holtman *et al.*, (2005), a deficiência de pesquisas referente aos níveis de oxigenação em ambientes radiculares justifica-se devido a pouca disponibilidade de equipamentos funcionais e precisos, sendo que em sistemas de produção em meio líquido as dificuldades são menores do que em cultivos com substratos. Além disso, o custo dos equipamentos também é elevado.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da cor do perfil de cultivo na temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva em cultivo de rúcula, realizado nas estações de outono e inverno.

2.4 Material e Métodos

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria/Campus de Frederico Westphalen – RS, durante o período de 03/04/12 a 26/08/12. As coordenadas geográficas do local são 27° 23' 48" de latitude sul, 53° 25' 45" de longitude oeste, altitude de 490 m. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cfa, subtemperado subúmido, sendo a temperatura média anual de 18,8°C e temperatura média do mês mais frio de 13,3°C (MORENO, 1961).

O experimento foi arranjado em esquema fatorial 2x2, referente a duas épocas de cultivo (outono e inverno) e duas cores de perfil de cultivo (preto e branco). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com duas repetições.

Para a condução do experimento utilizou-se estufa agrícola tipo arco, com dimensão de 10 m de largura por 20 m de comprimento, pé direito com altura de 3,5 m e 5,0 m de altura no centro. A cobertura da estufa foi feita com polietileno de 150 µ. O fechamento lateral foi feito com cortinas móveis, com o mesmo material da cobertura.

A produção das mudas de rúcula foi realizada em espuma fenólica com células de 2,5x2,5x2 cm. A semeadura para a estação de outono foi realizada no dia 03/04/12 e para a estação de inverno no dia 27/06/12. A densidade de semeadura foi de sete sementes por célula. Quando as mudas iniciaram a emissão da primeira folha definitiva realizou-se o desbaste mantendo cinco plantas por célula. Após a semeadura as placas de espuma fenólica foram acomodadas em um ambiente chamado de maternidade, constituído por uma placa de PVC plana isolada com filme plástico que possuía uma declividade de aproximadamente 4%. Na fase de produção de mudas a solução nutritiva foi diluída a 50% da concentração e fornecida em turnos de irrigação de 15 minutos a cada intervalo de 60 minutos no período diurno (6:00 – 21:00h), verificando-se a umidade da espuma fenólica e ajustado o intervalo das irrigações conforme necessidade. No período noturno eram feitas duas irrigações com turno de 15 minutos, às 24:00 e 03:00h.

No interior da estufa foram instaladas três bancadas de produção cada qual composta por 10 perfis. Destes, oito para a condução das plantas avaliadas sendo, quatro de cor preta e quatro pintados com tinta plástica branca e dois para efeito de bordadura. As duas cores de

perfil foram dispostos alternadamente. As bancadas foram sustentadas com cavaletes de metal, de aproximadamente um metro de altura os quais foram ajustados para proporcionar uma declividade de 4% nos perfis de produção. Os perfis de cultivo utilizados foram de polipropileno, apresentando calor específico de $1,93 \text{ kJ. kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ (URGS, 2013). Os perfis possuíam formato plano na parte superior e forma de parábola na parte inferior, comprimento de 6 m, 0,09 m de largura e 0,05 m de profundidade. O espaçamento adotado foi de 0,17 m entre perfis e de 0,25 m entre plantas. Assim, com este espaçamento obteve-se uma densidade de 23,53 furos. m^2 sendo que em cada furo foi acomodado um conjunto de cinco plantas, dessa forma, a densidade de plantio foi de 117,65 plantas. m^2 . As mudas foram transplantadas para as bancadas de produção final quando identificada a emissão da segunda folha definitiva. O transplante ocorreu no dia 17/04/12 para a estação de outono e dia 17/07/12 para a estação de inverno, 14 e 20 dias após a semeadura, respectivamente.

Para o armazenamento da solução nutritiva contou-se com dois reservatórios de fibra de vidro com capacidade para 500 L, um para atender o tratamento de perfil preto e outro para o perfil branco. Ambos os reservatórios foram pintados com tinta plástica branca. Cada reservatório possuía com um sistema de bombeamento da solução independente e o acionamento das motobombas (potência de $\frac{1}{3}\text{cv}$) foi realizado automaticamente através de um temporizador. A irrigação era realizada em turnos de 15 minutos a cada intervalo de 15 minutos no período diurno (06:00 – 21:00h). No período noturno eram feitas duas irrigações com turno de 15 minutos, às 24:00 e 03:00h. A vazão de solução em cada perfil foi ajustada para 1,5 L por minuto através de registros instalados em cada bancada de produção. Cada reservatório acomodava 400 L, correspondendo a um volume de solução nutritiva de 1,11 L por conjunto de plantas.

Para o registro da temperatura do ar no interior da casa de vegetação foi instalado no centro da casa de vegetação a uma altura de 1,4 m um termo-higrômetro (modelo S1615 – PCD). O registro da temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva nos perfis foi realizado três vezes por dia, sendo às 9:00h, 15:00h e 21:00h. Em cada leitura registrava-se a temperatura e oxigenação no início e final de dois perfis de cada cor. Na leitura das 21:00h foi registrada também a temperatura mínima e máxima do dia. Para o registro da temperatura foram instalados termômetros digitais máxima/mínima e para a oxigenação foi utilizado o oxímetro (modelo YSI 550A). Os dados foram coletados nos perfis cultivados com a variedade cultivada ‘Rococó’. Para o cálculo da temperatura do ar média diária e da temperatura média diária da solução nutritiva foi utilizada a fórmula do INMET. Para o cálculo da concentração média diária de oxigênio dissolvido na solução nutritiva foi

determinado através da soma dos valores da leitura das 9:00h mais a das 15:00h mais duas vezes a leitura das 21:00h dividido por quatro.

Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de média (Tukey) ou submetidos ao ajuste de modelos de regressão.

2.5 Resultados e Discussão

A influência dos elementos meteorológicos sobre o cultivo em ambiente protegido é muito significativo. Como mostram os dados nas figuras abaixo que são apresentados em períodos de quatro em quatro dias, que ao longo do experimento houve variação na temperatura do ar no interior da estufa. Verificou-se que a temperatura do ar média registrada na estação de outono de $18,08^{\circ}\text{C}$ e no inverno foi $18,22^{\circ}\text{C}$. Para a temperatura média mínima foram registrados os valores de $11,59^{\circ}\text{C}$ para a estação de outono e $13,72^{\circ}\text{C}$ para a estação de inverno, resultando numa diferença de $2,13^{\circ}\text{C}$ entre estações. A temperatura média máxima registrada na estação de outono foi de $27,70^{\circ}\text{C}$ e no inverno foi de $24,28^{\circ}\text{C}$, resultando numa diferença de $3,42^{\circ}\text{C}$ entre estações. Os resultados mostram uma amplitude térmica de $16,11^{\circ}\text{C}$ na estação de outono e $10,56^{\circ}\text{C}$ na estação de inverno. Na estação de outono a temperatura média no início do ciclo é mais elevada e declina gradativamente até próximo aos 16 dias após o transplante quando apresenta um período de elevação e após tende a se estabilizar até o final do ciclo. Na estação de inverno, a temperatura média apresenta elevação gradativa até próximo dos 35 dias após o transplante, quando tende a estabilizar e após declina gradativamente até o final do ciclo (Figura 1).

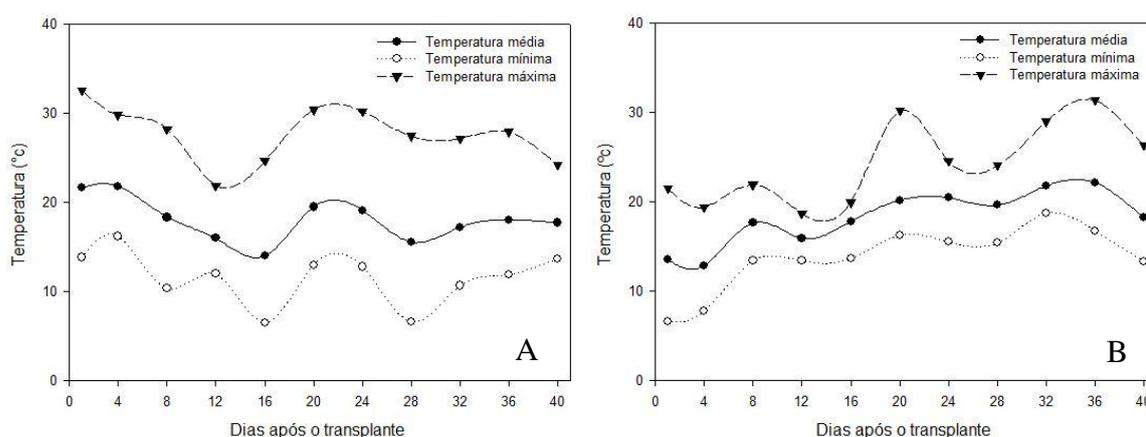


Figura 1. Variação da temperatura média, máxima e mínima do ar no interior da estufa na estação de outono (A) e na estação de inverno (B), durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Na Tabela 1, encontram-se os valores do quadrado médio, referente ao desempenho estatístico das diferentes estações do ano, cor do perfil e época de coleta das plantas, bem como suas interações. Para a variável temperatura média da solução nutritiva (Tm) a análise de variância revelou interação entre os fatores estação x época. A variável temperatura máxima (Tmax) apresenta efeitos significativos com os fatores, estação x época e perfil x época. Para a variável temperatura mínima (Tmin), houve interação com estação x perfil e estação x época. Para a variável concentração de oxigênio dissolvido (Oxi), a análise de variância revelou interação entre os fatores estação x época, perfil x época e estação x perfil x época.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis temperatura média (Tm), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) e concentração de oxigênio dissolvido (Oxi), da solução nutritiva. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Fator Variação	Quadrado Médio			
	Tm	Tmax	Tmin	Oxi
Estação	1,99*	2,171*	39,804*	0,901*
Perfil	0,869*	13,268*	0,098*	0,284*
Estação*Perfil	1,01	0,78	0,078*	0,002
Epoca	15,664*	34,551*	19,99*	3,553*
Estação*Epoca	27,425*	18,041*	41,04*	0,709*
Perfil*Epoca	0,2	0,982*	0,019	0,028*
Estação*Perfil*Epoca	0,157	0,19	0,026	0,031*
Repetição	0,317	2,401	0,371	0,009
CV(%)	2,149	1,653	1,118	1,28

* Significativo a 5% pelo teste F.

Na avaliação da temperatura mínima da solução nutritiva nas duas cores de perfil durante as duas estações de cultivo, observa-se que em ambas as cores de perfil a estação de outono apresentou temperaturas inferiores às de inverno (Tabela 2). Este resultado apresenta-se desta forma, em função da temperatura mínima do ar ser mais elevadas na estação de inverno do que no outono. Em relação às diferentes cores de perfil na mesma estação, somente na estação de inverno o perfil branco apresentou temperatura mínima inferior que no perfil preto. Este resultado justifica-se em função da cor branca refletir mais a radiação e aquecer menos o perfil e por consequência difunde menos calor para a solução nutritiva circulante. As temperaturas obtidas neste experimento estão de acordo com as recomendações de Alberoni (1998), que recomenda que a temperatura da solução não deve ultrapassar os 30°C, sendo que o ideal para a planta é a faixa de 18°C a 24°C em períodos quentes (verão) e 10°C a 16°C em períodos frios (inverno).

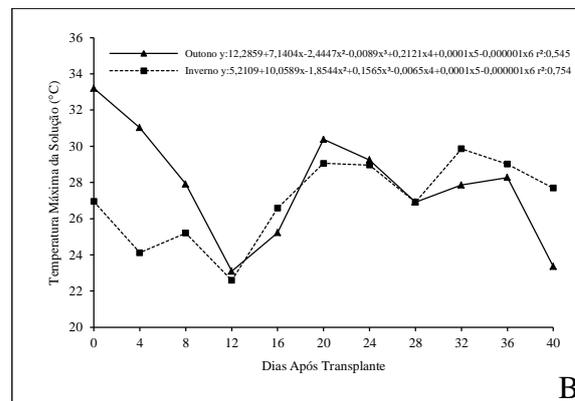
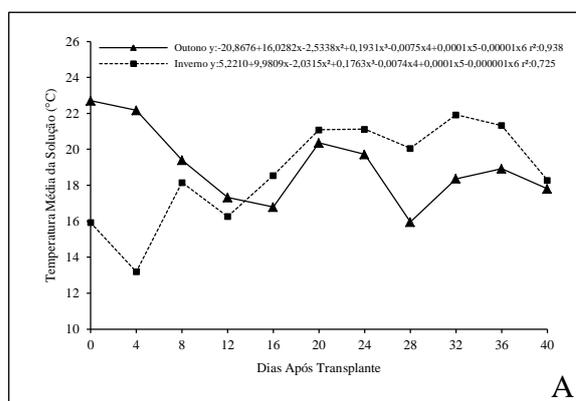
Tabela 2. Média da temperatura mínima da solução nutritiva em duas cores de perfil ao longo das estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Estação	Temperatura mínima da solução nutritiva (°C)	
	Perfil Branco	Perfil Preto
Inverno	12,9aB*	13,1aA
Outono	11,6bA	11,6bA
CV(%)	1,12	

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as estações no mesmo perfil. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem o perfil na mesma estação, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na avaliação da temperatura média, máxima, mínima da solução nutritiva nos perfis de cultivo foi observado desempenho muito semelhante ao observado para a temperatura do ar no interior da estufa (Figura 2). A temperatura média da solução na estação de inverno foi de 19,0°C e no outono 18,7°C. A média da temperatura máxima foi de 27,0°C no inverno e de 27,3°C no outono. A temperatura média mínima foi de 13,0°C no inverno e 11,6°C no outono. Os resultados apresentam uma maior amplitude térmica na estação de outono, nesta estação a temperatura do ar no interior da estufa também apresentou maior amplitude térmica.

Em relação à temperatura média da solução nutritiva, observa-se que no início do ciclo ela é significativamente superior na estação de outono, esta diferença foi reduzindo até próximo aos 12 dias após o transplante, quando as temperaturas médias se igualaram, a partir deste período a estação de inverno manteve-se superior até o final do ciclo. Este desempenho caracteriza-se pela redução natural da temperatura ao longo da estação de outono e o aumento da temperatura ao longo da estação de inverno.



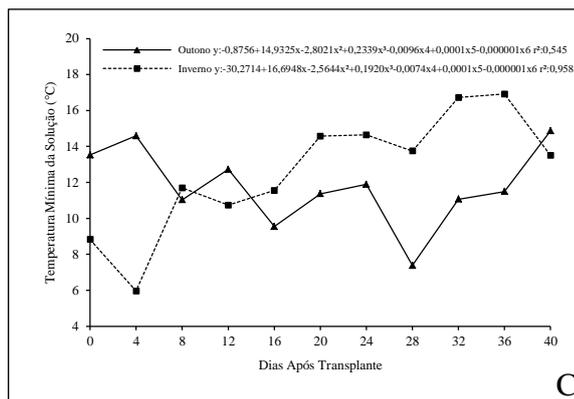


Figura 2. Média diária de temperatura média (A), temperatura máxima (B) e temperatura mínima (C) da solução nutritiva durante o cultivo de rúcula em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Para a variável concentração média de oxigênio dissolvido na solução nutritiva, a diferença também foi pequena entre as estações, sendo de $6,46 \text{ mg. L}^{-1}$ na estação de inverno e de $6,68 \text{ mg. L}^{-1}$ na estação de outono (Figura 3). Sutton *et al.* (2006), recomenda aos produtores hidropônicos manter a concentração de oxigênio na zona radicular das culturas no mínimo em 5 mg. L^{-1} . Marfa;Guri (1999); Bonachela *et al.* (2005) e Holtman *et al.* (2005) descrevem que embora existam diferenças entre cultivares, variedades, fases da cultura, etc., a deficiência de oxigênio ou condições de hipoxia no ambiente radicular ocorrem geralmente quando a concentração de oxigênio na solução é de cerca de menos de $3,0 \text{ mg. L}^{-1}$.

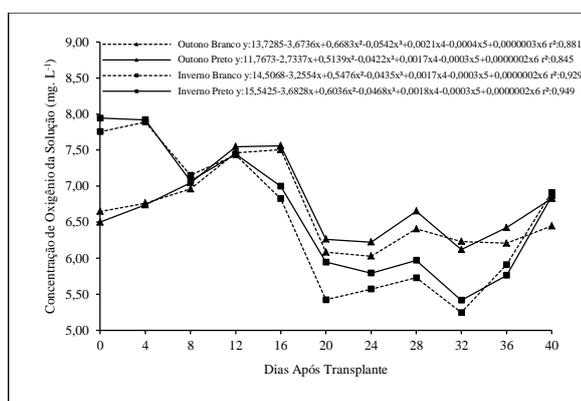


Figura 3. Média diária de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva durante o cultivo de rúcula em duas cores de perfil e duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Em relação à concentração de oxigênio na solução nutritiva, observa-se resultado inverso ao observado para a temperatura média da solução. Como já destacava Sutton *et al.* (2006), o aumento da temperatura da solução nutritiva reduz a concentração de oxigênio em função da maior demanda por O_2 pelo sistema radicular das plantas. A Figura 3 mostra que no início do ciclo, a estação de inverno apresentou concentração de O_2 superior à estação de

outono até entre os 8 e 12 dias após o transplante quando os valores se aproximaram e após este momento a estação de inverno manteve gradativa inferioridade até próximo dos 32 dias após o transplante quando esta diferença começou a declinar até o final do ciclo onde houve semelhança entre tratamentos, exceto o perfil branco no outono, que apresentou concentração inferior aos demais.

Ao analisar a temperatura máxima da solução nutritiva nas duas cores de perfil (Figura 4), observa-se significativa superioridade do perfil preto no início do ciclo, onde o perfil branco apresentou uma temperatura de 28,5°C e o preto 31,6°C. Esta diferença foi reduzindo gradativamente ao longo do ciclo até próximo aos 28 dias após o transplante quando houve semelhança entre os perfis até o final do ciclo. Esta diferença certamente se deve em função da maior absorção de calor do perfil preto que em consequência transmite maior energia para a solução nutritiva circulante, aumentando sua temperatura. Já o perfil branco possui maior refletância, resultando em maior quantidade de radiação difusa, e por consequência transmite menos energia para a solução nutritiva no interior do perfil.

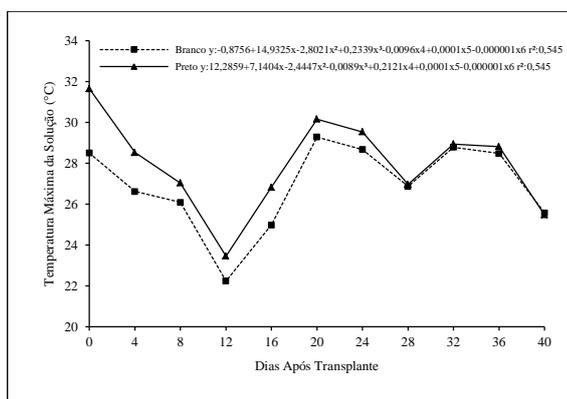


Figura 4. Média diária de temperatura máxima da solução nutritiva durante o cultivo de rúcula em duas cores de perfil. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Para a variável temperatura da solução nutritiva no início do perfil (TI), a análise de variância revelou interação entre os fatores estação x época, estação x hora e época x hora (Tabela 3). A variável temperatura no final do perfil (TF) apresenta efeitos significativos com os fatores, estação x época, estação x hora, perfil x hora, época x hora, estação x época x hora e perfil x época x hora. Para a variável concentração de oxigênio dissolvido da solução no início do perfil (OI), houve interação com estação x perfil, estação x época, perfil x época, estação x perfil x época, estação x hora, perfil x hora, época x hora e estação x época x hora. Para a variável concentração de oxigênio dissolvido da solução no final do perfil (OF), a

análise de variância revelou interação entre os fatores estação x perfil, estação x época, perfil x época, estação x perfil x época, estação x hora , época x hora e estação x época x hora.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis, temperatura da solução no início do perfil (TI), temperatura da solução no final do perfil (TF), concentração de oxigênio dissolvido no início do perfil (OI), concentração de oxigênio dissolvido no final do perfil (OF). Frederico Westphalen, UFSM, 2012.

Fator Variação	Quadrado Médio			
	TI	TF	OI	OF
Estação	14,43*	1,323*	0,823*	2,868*
Perfil	3,151	2,163*	1,330*	0,365*
Estação*Perfil	3,396	0,065	0,317*	0,138*
Epoca	56,519*	63,131*	7,724*	15,228*
Estação*Epoca	74,517*	74,816*	1,845*	2,081*
Perfil*Epoca	4,287	0,048	0,093*	0,123*
Estação*Perfil*Epoca	4,549	0,047	0,065*	0,145*
Hora	1168,93*	1310,881*	44,956*	56,843*
Estação*Hora	12,761*	10,764*	0,833*	0,627*
Perfil*Hora	3,58	1,088*	0,0461*	0,0003
Estação*Perfil*Hora	3,256	0,151*	0,001	0,008
Epoca*Hora	8,666*	7,468*	0,38*	0,481*
Estação*Epoca*Hora	5,84	3,970*	0,275*	0,269*
Perfil*Epoca*Hora	3,642	0,141*	0,022	0,036
Estação*Perfil*Epoca*Hora	3,55	0,059	0,014	0,015
Repetição	4,095	0,014	0,0007	0,168
CV(%)	9,47	0,99	1,75	2,82

* Significativo a 5% pelo teste F.

Avaliando a concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início dos perfis em três horários do dia, a média diária das duas estações evidencia a interferência da temperatura na redução da concentração do oxigênio diluído na solução. Como a solução é circulante, com o aumento da temperatura do ambiente, a temperatura dos perfis de cultivo se eleva e parte do calor é difundida para a solução. As menores concentrações foram apresentadas às 15:00h, seguidas pelas 21:00h e com os maiores valores às 9:00h. Estes resultados foram semelhantes para ambos os perfis. Em relação às cores de perfil, em ambos os horários o perfil preto apresentou concentração de oxigênio superior ao branco (Tabela 4).

Tabela 4. Média diária de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil em duas cores de perfil em três horários diferentes durante as estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Hora	Oxigenação da solução nutritiva no início do perfil (mg. L ⁻¹)	
	Perfil Branco	Perfil Preto
9:00	7,352aB*	7,502Aa
15:00	5,891cB	5,992cA
21:00	6,760bB	6,956bA
CV(%)	1,75	

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as horas no mesmo perfil. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem o perfil na mesma hora, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na avaliação da temperatura da solução nutritiva no início dos perfis, as médias de cada estação demonstram resultados inversos aos da oxigenação em relação aos horários. Onde na estação de inverno, as maiores médias foram obtidas às 15:00h, seguido das 21:00h e as menores médias às 9:00h. Já na estação de outono a média das 15:00h foi superior às demais, que não diferiram entre si. Entre estações, somente no horário das 15:00h, médias superiores foram observadas para a estação de outono (Tabela 5). Conforme Sutton *et al.* (2006), a concentração de oxigênio dissolvido na solução pode rapidamente declinar, contudo, especialmente quando a temperatura da solução nutritiva é alta.

Tabela 5. Média diária de temperatura da solução nutritiva no início do perfil (preto e branco) nas estações de outono e inverno em três horários diferentes. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Hora	Temperatura da solução nutritiva no início do perfil (°C)	
	Estação Inverno	Estação Outono
9:00	17,3cA*	17,9bA
15:00	24,2aB	25,3aA
21:00	18,9bA	18,5bA
CV(%)	9,47	

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as horas na mesma estação. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem a estação na mesma hora, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na avaliação da concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início e no final do perfil observam-se o mesmo desempenho nas duas estações e em ambas as cores de perfis para as duas variáveis avaliadas. As maiores concentrações de oxigênio dissolvido foram registradas às 9:00h, seguido das 21:00h e as menores concentrações às 15:00h. Este desempenho tem relação inversa com a temperatura, como já destacado acima (Tabela 6 e 7).

Tabela 6. Média de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil em duas cores de perfil em três horários diferentes ao longo de duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Oxigenação da solução nutritiva no início do perfil (mg. L ⁻¹)				
Hora	Inverno		Outono	
	Perfil Branco	Perfil Preto	Perfil Branco	Perfil Preto
9:00	7,298aBβ*	7,382aAβ	7,407aBα	7,622aAα
15:00	5,987cAα	6,005cAα	5,795cBβ	5,978cAα
21:00	6,652bBβ	6,778bAβ	6,868bBα	7,135bAα
CV(%)	1,75			

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as horas no mesmo perfil na mesma estação. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem a hora em perfil diferente na mesma estação. Letras gregas iguais na linha não diferem a hora no mesmo perfil em estação diferente, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na avaliação das duas cores de perfil para a variável concentração de oxigênio no início do perfil, o perfil preto manteve-se superior em todos os horários avaliados em ambas as estações, exceto às 15:00h na estação de inverno, onde não houve diferença significativa. Na comparação da mesma cor de perfil em estações diferentes, a estação de outono apresentou-se superior para ambas às cores de perfil em dois horários, às 9:00h e 21:00h. Para as 15:00h não houve diferença significativa para o perfil preto, e para o perfil branco a estação de inverno foi superior (Tabela 6).

Para a variável concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no final do perfil, não houve diferença significativa entre as cores de perfil na estação de outono (Tabela 7). Na estação de inverno o perfil preto mostrou-se superior às 9:00h e 21:00h e às 15:00h não houve diferença significativa. Na comparação da mesma cor de perfil em estações diferentes, a estação de outono apresentou valores superiores para as duas cores às 9:00h e 21:00h, já para as 15:00h não houve diferença significativa para ambas às cores de perfil.

Tabela 7. Média de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no final do perfil em duas cores de perfil em três horários diferentes ao longo de duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Oxigenação da solução nutritiva no final do perfil (mg. L ⁻¹)				
Hora	Inverno		Outono	
	Perfil Branco	Perfil Preto	Perfil Branco	Perfil Preto
9:00	6,836aBβ*	6,967aAβ	7,113aAα	7,131aAα
15:00	5,303cAα	5,404cAα	5,368cAα	5,42cAα
21:00	6,268bBβ	6,415bAβ	6,727bAα	6,746bAα
CV(%)	2,82			

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as horas no mesmo perfil na mesma estação. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem a hora em perfil diferente na mesma estação. Letras gregas iguais na linha não diferem a hora no mesmo perfil em estação diferente, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Avaliando a temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início e final dos dois perfis de cultivo nas duas estações, observa-se pouca diferença entre as estações quando avaliadas as médias de cada variável (Figura 5). Para a variável temperatura no início do perfil foi registrada a média de 20,1°C no inverno e 20,6°C no outono, e para o final do perfil 20,2°C e 20,4°C, respectivamente. Para a variável oxigenação no início e final de perfil as respectivas médias obtidas foram de 6,68mg. L⁻¹ e 6,2 mg. L⁻¹ para o inverno e 6,8 mg. L⁻¹ e 6,42 mg. L⁻¹ para o outono. Analisando a Figura 5, evidencia-se novamente a relação entre a temperatura e a concentração de oxigênio na solução nutritiva. Tanto no início quanto no final do perfil, a concentração de oxigênio diminui quando a temperatura aumenta e quando a temperatura reduz a concentração de oxigênio se eleva. Conforme Marfa *et al.* (2005), em condições de cultivo sem solo, o oxigênio dissolvido é rapidamente esgotado como resultado da respiração da raiz. Com a elevação da temperatura na zona radicular a taxa de respiração aumenta e a demanda por oxigênio também se eleva, resultando em menor concentração na solução nutritiva. Estes mesmos autores, avaliando a evolução diária do conteúdo de oxigênio dissolvido, na rizosfera de diferentes culturas em cultivo hidropônico observaram que os níveis de oxigênio dissolvido, podem cair para valores próximos a 3,5 mg. L⁻¹ ao meio dia ou um pouco mais tarde.

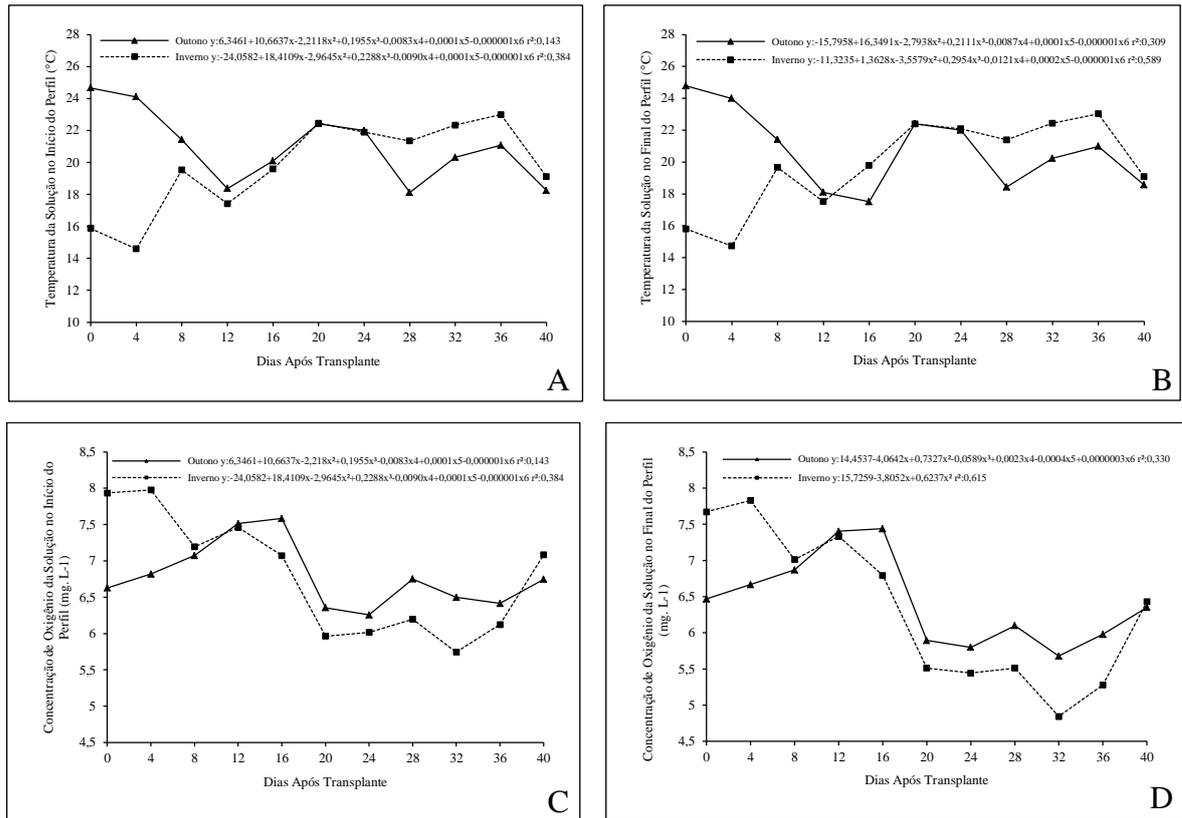


Figura 5. Média diária de temperatura da solução nutritiva no início do perfil (A) e no final do perfil (B). Concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil (C) e no final do perfil (D), durante o cultivo de rúcula em duas estações. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Em relação à concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início e no final do perfil ao longo das duas estações de cultivo e nas duas cores de perfil, observa-se que para ambas às variáveis existe uma semelhança no início do cultivo. Na estação de outono, a concentração de oxigênio no início do perfil apresenta uma gradativa superioridade do perfil preto em relação ao perfil branco (Figura 6). Esta mesma tendência não foi observada no final do perfil, que teve oscilações entre as cores de perfil. Na estação de inverno, para ambas as variáveis, observam-se leve tendência de superioridade do perfil branco tanto no início e final do ciclo de cultivo. Porém, próximo dos 12 e 36 dias após o transplante é visível uma semelhança entre os perfis e, entre este período o perfil preto têm se apresentado levemente superior.

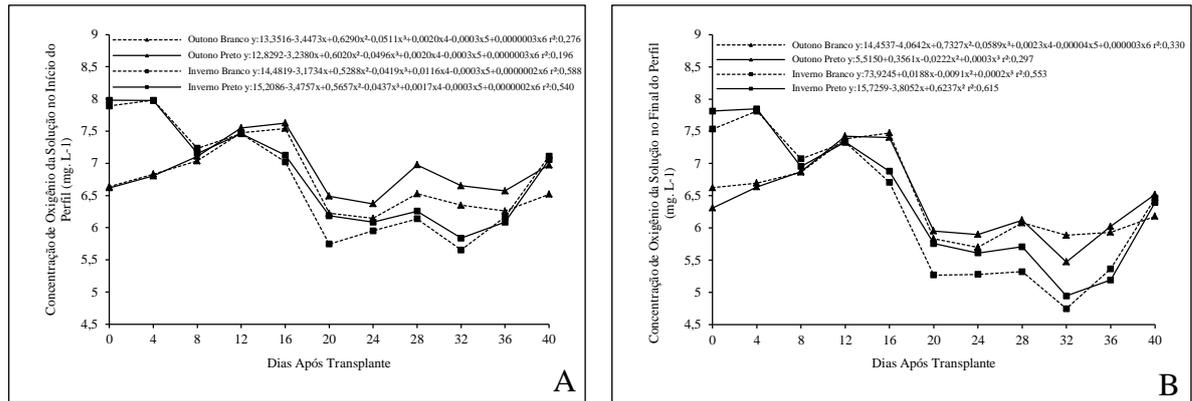


Figura 6. Média diária de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil (A) e no final do perfil (B) durante o cultivo de rúcula em duas cores de perfil em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Em relação à temperatura da solução nutritiva no final do perfil em horários diferentes, inicialmente a estação de outono se apresenta superior ao inverno em ambos os horários. Esta superioridade vai declinando até próximo aos 12 dias após o transplante quando tanto para as 9:00h como para as 21:00h é o ponto de inversão. A partir deste momento a estação de inverno apresenta temperaturas mais elevadas e se mantém superior até o final do ciclo quando voltaram a ser semelhantes. Houve uma aproximação das estações na temperatura das 9:00h entre 20 e 24 dias após o transplante (Figura 7A e 7B). A superioridade inicial da estação de outono também se apresentou para as 15:00h. Entre 12 e 32 dias após o transplante as temperaturas foram muito semelhantes entre as estações, após este período a estação de inverno mostrou-se superior (Figura 7C). Esta semelhança entre estações durante boa parte do ciclo, tem relação com a temperatura máxima diária da solução nutritiva, que também durante este período manteve-se muito semelhante entre estações, e certamente dos três horários de avaliação, às 15:00h é momento mais próxima do registro da temperatura máxima. Entre as cores de perfil observa-se uma leve tendência de superioridade do perfil preto em ambas as estações, sendo mais expressiva para a temperatura das 15:00h. Entre os horários avaliados, às 15:00h a intensidade da radiação solar é mais intensa e isso faz com que maior quantidade de energia atinja os perfis, e como a cor preta absorve mais calor, mais energia em forma de calor é transmitida para a solução nutritiva circulante, aumentando a sua temperatura.

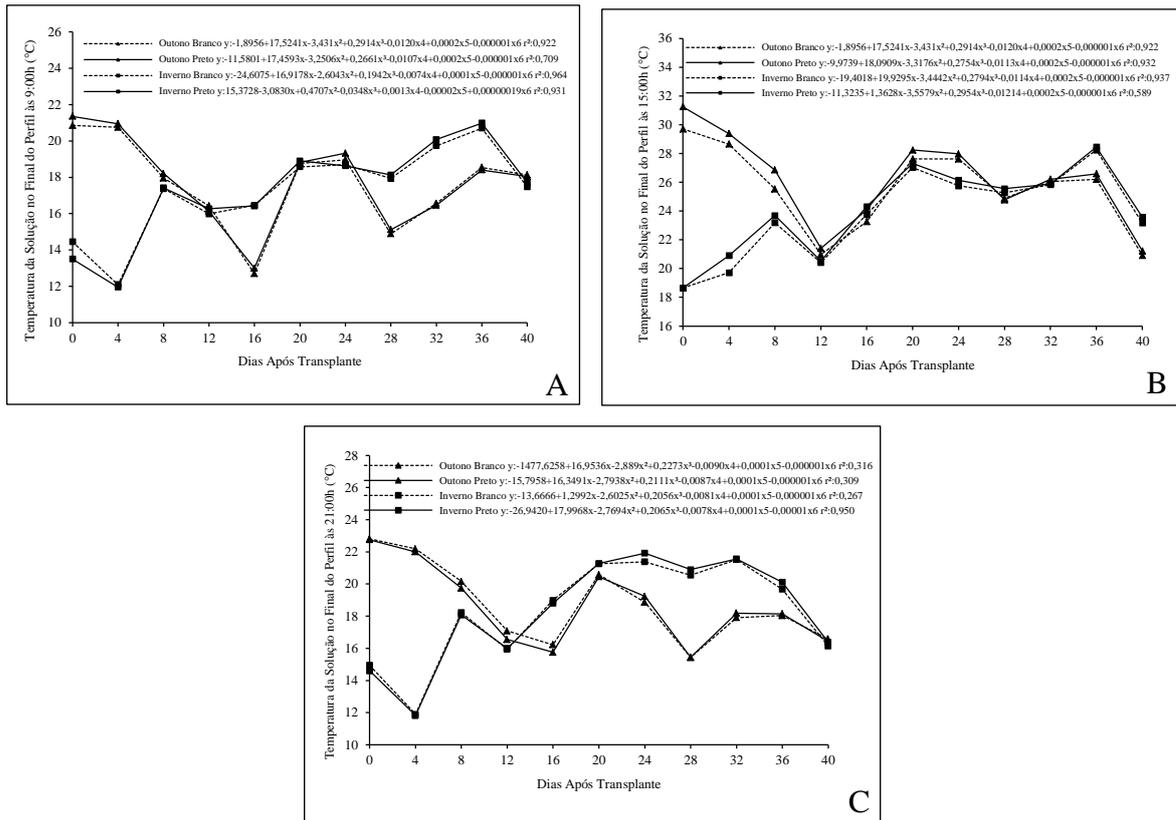


Figura 7. Média diária de temperatura da solução nutritiva no final do perfil às 9:00h (A), 15:00h (B) e 21:00h (C), durante o cultivo de rúcula em duas cores de perfil em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Ao analisar o desempenho da concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início e no final do perfil em horários diferentes, observa-se a estreita relação que esta variável possui com a temperatura (Figura 8). Ao passo que para ambos os horários a temperatura na estação de outono era superior no início do ciclo, a concentração de oxigênio estava inferior em ambos os horários. Quando a temperatura da solução na estação de inverno se tornou superior a do outono, houve um declínio na oxigenação na estação de inverno, tornando-se inferior ao outono. Tanto para às 9:00h e 21:00h, no final do ciclo os níveis de oxigênio dissolvido na solução foram semelhantes entre estações com tendência de superioridade para a estação de inverno. Para às 15:00h a maior diferença entre estações ocorreu no início do ciclo para ambas as variáveis, mantendo semelhança no decorrer do ciclo, com pequena tendência de superioridade na concentração de oxigênio no final do perfil para a estação de outono.

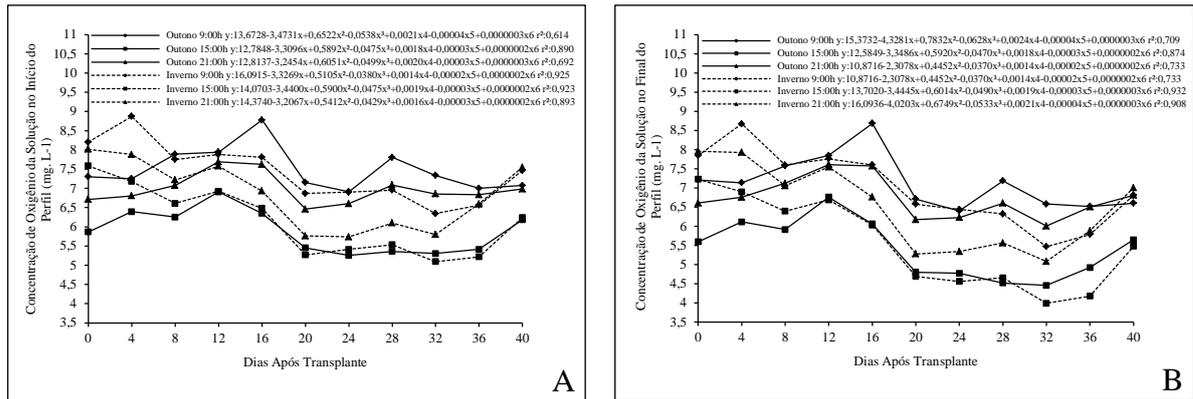


Figura 8. Média diária de concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no início do perfil (A) e no final do perfil (B), durante o cultivo de rúcula em três horários de avaliação, em duas cores de perfil e em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Analisando a temperatura da solução no início do perfil em horários diferentes observa-se que as maiores temperaturas foram registradas às 15:00h durante todo ciclo. As menores temperaturas foram registradas às 9:00h do início do ciclo até aproximadamente 36 dias após o transplante, quando a temperatura das 21:00h que já vinha declinando, se demonstrou inferior (Figura 9A). Tendência semelhante foi observada para a temperatura no final do perfil. Em relação às cores de perfil em diferentes horários de avaliação, a temperatura no perfil preto têm se demonstrado superior a do perfil branco em praticamente todo ciclo em ambos os horários, exceto às 21:00h até aproximadamente 20 dias após o transplante (Figura 9B). A superioridade do perfil preto é mais expressiva para a temperatura das 15:00h, quando a temperatura do ar no interior da estufa também é mais elevada. A Figura 8 mostra a influência da cor do perfil na temperatura da solução nutritiva, pois para a temperatura no início do perfil não se observou interação com a cor do perfil nos diferentes horários, já na temperatura no final do perfil houve interação significativa.

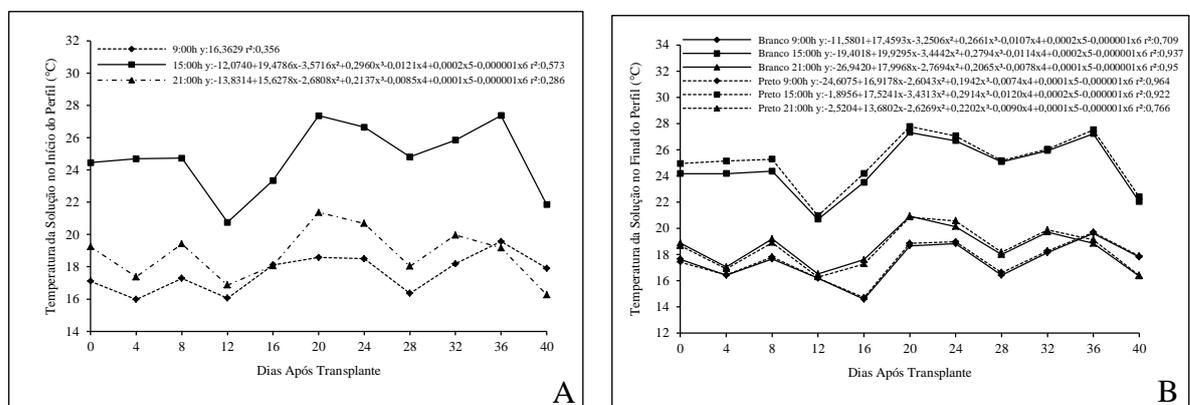


Figura 9. Média diária de temperatura da solução nutritiva no início do perfil em diferentes horários de avaliação (A) e no final do perfil em diferentes horários de avaliação e diferentes cores de perfil (B), durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Outra análise realizada neste trabalho foi a correlação entre a temperatura da solução nutritiva e a concentração de oxigênio dissolvido na solução (Figura 10). Nas condições em que foi realizado o presente trabalho, as correlações tiveram pequenas variações entre as estações bem como entre cores de perfil, sendo na estação de inverno no perfil branco de 0,33 mg. L⁻¹ para o aumento de 1,0°C na temperatura da solução nutritiva e de 0,30 mg. L⁻¹ para o perfil preto na estação de inverno. Na estação de outono no perfil branco foi de 0,3 mg. L⁻¹ e no perfil preto de 0,27 mg. L⁻¹. Desta forma, mesmo as diferenças sendo pequenas evidencia-se que a correlação entre a temperatura da solução nutritiva e a concentração de oxigênio dissolvido na solução varia com a época de cultivo e diferentes cores de perfil.

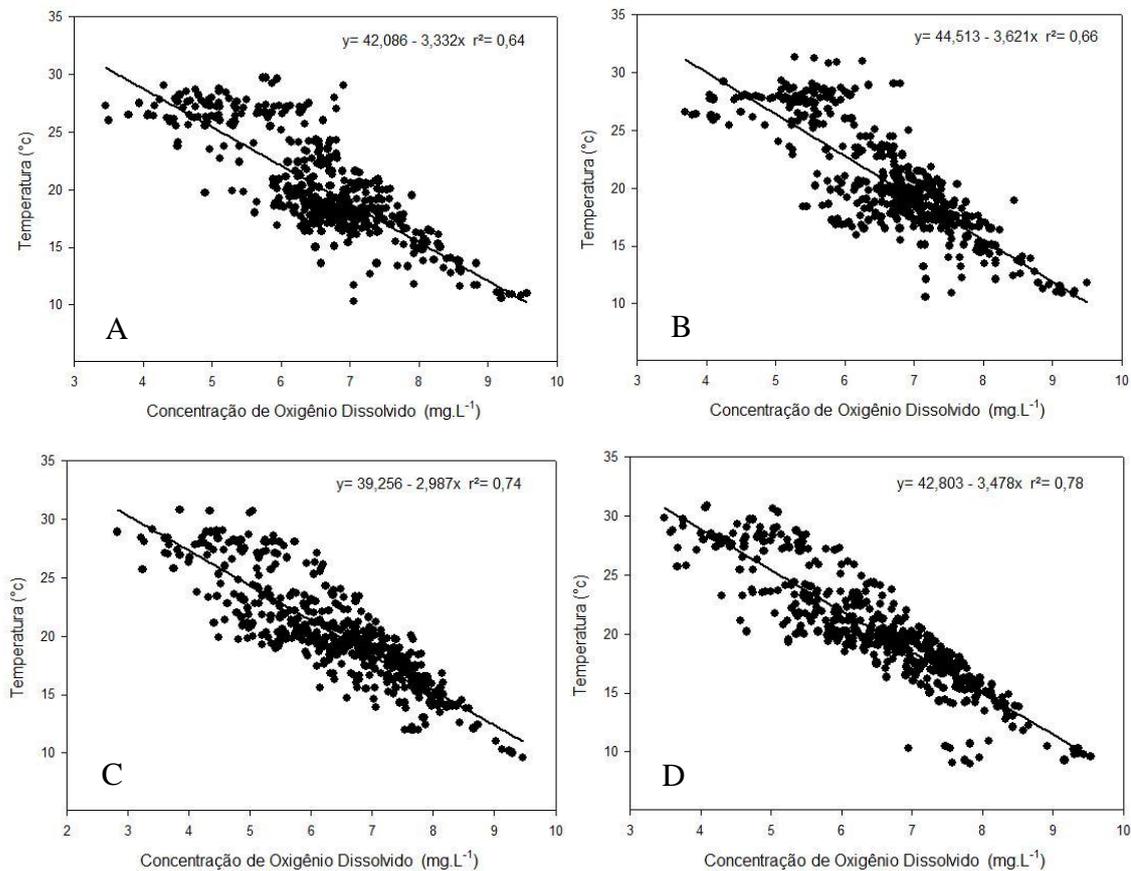


Figura 10. Correlação entre temperatura e concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva no perfil branco na estação de outono (A), perfil preto na estação de outono (B), perfil branco na estação de inverno (C) e no perfil preto na estação de inverno (D), durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Sutton *et al.* (2006) concluíram que a concentração de oxigênio dissolvido na solução pode rapidamente declinar, contudo, especialmente quando a temperatura da solução nutritiva é alta. Na ausência de fatores biológicos, o nível de oxigênio dissolvido na água diminui, por exemplo, de cerca de 9 para 7 mg. L⁻¹ com o aumento da temperatura de 20 para 35°C a 101,3 kPa e 100% de umidade relativa.

Acuña et al. (2006), discutindo a concentração de oxigênio em substrato de lã de rocha, apontavam a possibilidade de menor crescimento, produtividade ou qualidade das culturas olerícolas, especialmente em substratos como lã de rocha, que são envolvidos por uma película de polietileno com pouca superfície aberta para a atmosfera, o qual poderia reduzir a taxa de difusão de oxigênio.

Em trabalho realizado com meloeiro, Acuña *et al.* (2006) destaca que as altas taxas de crescimento (completa cobertura do dossel) e altas temperaturas da solução, em combinação com um amplo abastecimento de água de irrigação durante a segunda metade do ciclo do meloeiro pode resultar em baixa disponibilidade de oxigênio por causa da elevada concentração de raízes com elevadas taxas de respiração também de microrganismos, baixa solubilidade do oxigênio na água e altos teores de água no substrato.

Bonachela et al. (2010) destacam que no sudeste da Espanha e costa do Mediterrâneo as culturas são normalmente cultivadas sob condições climáticas abaixo do ideal: radiação solar e da temperatura do ar está abaixo do ideal durante o período de inverno e a temperatura do ar é muitas vezes demasiadamente elevada de março a outubro. Os cultivos são frequentes em volumes limitados de dois meios de cultura inertes: perlita e lã de rocha. Apesar destes substratos geralmente terem bons valores de porosidade, as raízes das plantas podem encontrar condições subótima de concentração de oxigênio dissolvido, como resultado de vários fatores, especialmente das condições climáticas não controlados do Mediterrâneo que têm longos períodos de elevadas temperaturas que geralmente levam a altos índices de colheita crescimento e respiração da raiz. Durante estes períodos, as plantas normalmente requerem irrigação frequente e amplas, que pode reduzir a taxa de difusão de oxigênio, tornando-o deficiente para a raiz. Além disso, os substratos em longo períodos de cultivo, costumam aumentar a matéria orgânica e a atividade de micro-organismo, o que poderia aumentar a competição por oxigênio no ambiente radicular, além das raízes serem densamente emaranhadas dentro do substrato, o que poderia alterar a difusão do oxigênio e de sua oferta à planta.

No entanto, pouco se sabe sobre a dinâmica do conteúdo de oxigênio em substrato em cultivos comerciais de hortaliças, especialmente em áreas onde as estufas de plástico são de baixo custo, sem sistemas de controle de temperatura e em regiões de predomínio de altas temperaturas por longos períodos de cultivo, tais como a bacia do Mediterrâneo e alguns países do centro e sul-ameriano.

2.6 Conclusão

A temperatura no interior da estufa influencia na variação da temperatura da solução nutritiva e esta, por consequência, interfere na concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva. As oscilações da temperatura tanto ao longo do dia quanto no decorrer do ciclo da rúcula, geraram relação inversa na concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva.

O perfil preto favorece o aumento da temperatura da solução nutritiva, sendo mais expressivo em temperaturas mais elevadas.

Nas condições em que foi realizado o presente trabalho, as correlações tiveram pequenas variações entre as estações bem como entre cores de perfil, sendo na estação de inverno no perfil branco de 0,33 mg. L⁻¹ para o aumento de 1,0°C na temperatura da solução nutritiva e de 0,30 mg. L⁻¹ para o perfil preto na estação de inverno. Na estação de outono no perfil branco foi de 0,3 mg. L⁻¹ e no perfil preto de 0,27 mg. L⁻¹. Desta forma, mesmo as diferenças sendo pequenas evidencia-se que a correlação entre a temperatura da solução nutritiva e a concentração de oxigênio dissolvido na solução varia com a época de cultivo e diferentes cores de perfil.

2.7 Referências Bibliográficas

ACUÑA, R. et al. Oxyfertigation of a Greenhouse Melon Crop Grown in Rockwool Slabs in a Mediterranean Area. **Departamento de Producción Vegetal Universidad de Almería**, Almería, 2006.

ALBERONI, R. B.. **Hidroponia: Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo**. São Paulo: Nobel, 1998.

BONACHELA, S. et al. Oxygen enrichment of nutrient solution of substrate-grown vegetable crops under Mediterranean greenhouse conditions: oxygen content dynamics and crop response. **Spanish Journal of Agricultural Research**. V. 8, n. 4, p. 1231 – 1241, 2010.

BONACHELA, S. et al. Effect of increasing the dissolved oxygen in the nutrient solution to above-saturation levels in a greenhouse watermelon crop grown in perlite bags in a Mediterranean area. **Acta Horticulturae**, Almeria, 697 ISHS, 2005.

DREW, M.C. Oxygen deficiency and root metabolism: Injury and acclimation under hypoxia and anoxia. **Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. V. 48, p. 223-250. 1997.

FURLANI, P.R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. [s.n.] 52p. 1999. (Boletim Técnico 180).

HELBEL JÚNIOR, C. et al. Soluções nutritivas, vazões e qualidade de alface hidropônica. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 29, p. 291-295. 2007.

HOLTMAN, W. et al. Optimization of oxygen levels in root systems as effective cultivation tool. **Acta Horticulturae**, Holanda, 697 ISHS, 2005.

MARFÀ, O. et al. Oxyfertigation: A New Technique for Soilless Culture under Mediterranean Conditions. **Acta Horticulturae**, Catalonia, 697 ISHS 2005.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). **UNIMAR**, Maringá, v. 19, n. 3, p. 721-740, 1997.

MATTOS, K. M. C. et al. Temperatura do ar no interior do canal de cultivo e crescimento da alface em função do material de cobertura da mesa de cultivo hidropônico – NFT. **Bragantia**, Campinas, v. 60, p. 253-260, 2001.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

NICOLA, S. et al. Comparison between traditional and soilless culture systems to produce rocket (*Eruca sativa*) with low nitrate content. **Acta Horticulturae**, Grugliasco, 697 ISHS 2005.

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: UNESP-FUNEP. 2002.

SANTOS, R. S. S. **Cultivo da rúcula em fibra de coco com solução nutritiva salinizada em diferentes épocas**. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2010.

SCHMIDT, D. et al. Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**. v. 19, p. 122-126, 2001.

SUTTON, J. C. et al. Etiology and epidemiology of Pythium root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. **Summa phytopathologica**. Botucatu, v. 32, n. 4, Sept. 2006.

TEIXEIRA, T.N. **Hidroponia: uma alternativa para pequenas propriedades**. Guaíba: Editora Agropecuária. 1996.

URGS – **Capacidade térmica de polímeros**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/lapol/processamento/l_211.html>. Acesso em: 22 ago. 2013.

3 ARTIGO II

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE RÚCULA EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM DIFERENTES CORES DE PERFIL E ESTAÇÕES DO ANO

3.1 Resumo

O experimento foi realizado em ambiente protegido no período de 03/04/12 a 26/08/12, com o objetivo de avaliar a interferência que diferentes cores de perfil de cultivo podem promover no crescimento e na produção de rúcula, cultivada em diferentes estações do ano. O experimento foi conduzido em três bancadas de produção cada qual composta por oito perfis para a condução das plantas avaliadas sendo, quatro de cor preta e quatro pintados com tinta plástica branca. As duas cores de perfil foram dispostos alternadamente e, para efeito de bordadura foi instalado um perfil em cada borda da bancada. As avaliações foram feitas a cada quatro dias, em duas estações de cultivo, outono e inverno. As variáveis avaliadas foram: massa de folha, caule e raiz fresca e seca, altura de planta, comprimento de raiz, número de folhas e área foliar. As diferentes cores de perfil e estações interferiram no crescimento da rúcula. As plantas cultivadas no perfil branco apresentaram maior massa de folha, caule e raiz seca, bem como maior comprimento de raiz, e expansão de área foliar. Para algumas cultivares a altura de planta foi superior no perfil branco.

Palavras-chave: *Eruca sativa*, hidroponia, massa seca, temperatura, cultivar.

3.2 Abstract

This experiment occurred in a greenhouse during the period 03/04/12 to 26/08/12, with the main purpose to evaluate the influence that different color profiles of cultivation may promote the growth and production of rocket grown in different seasons. The experiment was done in three production benches each comprised of eight profiles for the conduct of the plants being evaluated, with four black and four white painted with plastic paint. The two colors were arranged alternately and, to boundary effect, there were installed profiles on each edge of the bench. Evaluations were made every four days in two growing seasons, autumn and winter. The variables evaluated were: mass of leaf, stem and root fresh and dry; plant height; root length; leaf number and leaf area. The different profile colors and the seasons interfered growth of rocket. Plants grown in white profile showed higher leaf mass, stem and root dry as

well as increased root length and leaf area expansion. For some cultivars, the plant height was higher in white profile.

Keywords: *Eruca sativa*, hydroponics, dry mass, temperature, cultivate.

3.3 Introdução

A rúcula (*Eruca sativa*) é uma hortaliça pertencente à família Brassicaceae. É uma planta herbácea, folhosa, anual, porte baixo, com 15 a 20 centímetros de altura. A folha é a parte comestível e comercial da planta. A sua cor é verde-clara a verde-escura, forma alongada, profundamente recortada, tenra e de sabor picante (FILGUEIRA, 2003). Desenvolve-se bem em condições de clima ameno, exigente em fertilidade e disponibilidade de água durante todo o desenvolvimento vegetativo. A colheita ocorre de 30 a 50 dias após a sementeira. Em regiões de clima ameno, sua produção é possível o ano todo. Pode ser cultivada à campo, ambiente protegido ou em hidroponia. Neste último caso, o início da colheita é mais precoce do que as conduzidas em condições de campo (APHORTESP, 2011).

O cultivo comercial da rúcula tem aumentado nos últimos anos em muitos países da Europa, sendo consumida principalmente como salada. Além do seu uso na alimentação, também é considerada planta medicinal com muitas propriedades, tais como: digestiva, diurética, estimulante, laxativa e anti-inflamatória, além de ser fonte de vitamina C e ferro.

No mercado brasileiro existem diversas cultivares de rúcula cada qual com suas características. Entre as cultivares tem as que se destacam pelo vigor das plantas, resistência á doenças, uniformidade e coloração das folhas, precocidade, características organolépticas, tamanho e formato das folhas, adaptabilidade á diferentes condições climáticas, entre outras características morfofisiológicas.

No Brasil, têm sido produzida predominantemente nas regiões Sul e Sudeste. Apesar de seu cultivo ser recomendado para o ano todo, seu desenvolvimento é favorecido por condições de temperaturas amenas. As temperaturas altas estimulam a planta a antecipar a fase reprodutiva, emitindo o pendão floral prematuramente, tornando suas folhas rígidas e mais picantes (FILGUEIRA, 2000). Conforme Furlani *et al.* (1999), para a cultura obter o melhor crescimento e desenvolvimento, necessita de temperaturas diurnas em torno de 25°C e noturnas em torno de 17°C e, umidade relativa em torno de 65%.

Nos últimos anos o cultivo da rúcula vem se destacando, devido ao acentuado aumento da demanda do mercado consumidor. Entretanto, existe uma carência em pesquisas

direcionadas ao cultivo hidropônico desta cultura (REGHIN et al., 2005). Conforme destaca Genuncio *et al.* (2011), apesar do acréscimo em produção da cultura da rúcula, a produção ainda não atende à elevada demanda dos grandes centros consumidores.

O cultivo de hortaliças pelo sistema hidropônico vem se destacando muito no Brasil nos últimos anos. Isso porque o manejo da produção e a utilização de defensivos agrícolas nesse sistema são menores e mais controlados; a produção em períodos de entressafra é viabilizada, o que permite maior regularização da oferta, qualidade dos produtos e melhor preço (CASTELLANE; ARAÚJO, 1994).

No Brasil, diversas técnicas de cultivo sem solo foram desenvolvidas e utilizadas, sendo a principal, o fluxo laminar de nutrientes (FAQUIM; FURLANI, 1999). Entre as hortaliças folhosas a rúcula é uma das culturas mais produzidas neste sistema, por possuir ciclo curto, apresentar rico conteúdo nutricional, alta produção por área e ampla aceitabilidade pelo mercado consumidor e devido às suas diferenciadas características organolépticas (REGHIN *et al.*, 2004; AMORIM *et al.*, 2007).

Segundo Fontes (2005), existe uma carência de conhecimento sobre as interações genótipo – técnicas culturais – ambiente protegido na produção hidropônica de hortaliças, necessitando de novas pesquisas para melhorar esta tecnologia de produção.

Conforme Mattos *et al.* (2001), um aspecto importante a ser considerado é o balanço de energia radiante na bancada, que pode ser diferente em função do material de cobertura, condicionando a temperatura do ar da canaleta de circulação da solução, que faz parte do ambiente de desenvolvimento do sistema radicular. O regime térmico no ambiente das raízes pode afetar a absorção da água e dos nutrientes, bem como o crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas. Diante do exposto, provavelmente, o uso de perfis de cultivo com cores diferenciadas irá promover uma dinâmica diferente ao regime térmico e, conseqüentemente o crescimento das plantas poderão ser afetados. Esse aspecto não tem sido objeto de estudo em hidroponia.

Diante do exposto, o presente trabalho objetiva avaliar a interferência que diferentes cores de perfil de cultivo sobre o crescimento e a produção de quatro cultivares de rúcula, cultivadas em diferentes estações do ano.

3.4 Material e Métodos

O experimento foi realizado em ambiente protegido, na área experimental da Universidade Federal de Santa Maria/Campus de Frederico Westphalen – RS, com

coordenadas geográficas: 27° 23' 48" de latitude sul, 53° 25' 45" de longitude oeste, altitude de 490 m e clima classificado como Cfa – clima temperado úmido com verão quente segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961).

Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial 4x2x2. As quatro variedades cultivadas de rúcula avaliadas foram: ‘Cultivada’, ‘Folha Larga’, ‘Rococó’ e ‘Runway’ (Figura 1). Duas cores de perfil, preto e branco e as duas épocas de cultivo foram na estação de outono e inverno. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com três repetições.

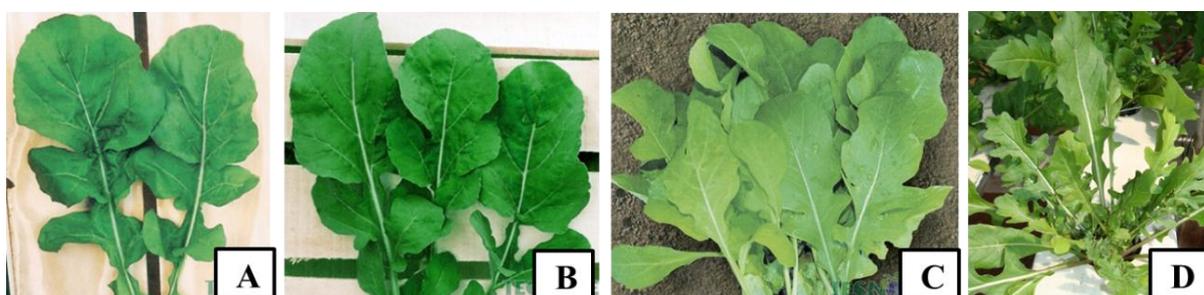


Figura 1. Características morfológicas da folha de quatro cultivares de rúcula, ‘Cultivada’ (A), ‘Folha Larga’ (B), ‘Rococó’ (C) e ‘Runway’ (D). Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

A produção de mudas foi realizada em espuma fenólica com células de 2,5x2,5x2 cm. A semeadura para a estação de outono foi realizada no dia 03/04/12 e para a estação de inverno no dia 27/06/12. A densidade de semeadura foi de sete sementes por célula. Quando as mudas iniciaram a emissão da primeira folha definitiva realizou-se o desbaste mantendo cinco plantas por célula. Após a semeadura as placas de espuma fenólica foram acomodadas em um ambiente chamado de maternidade, constituído por uma placa de PVC plana isolada com filme plástico que possuía uma declividade de aproximadamente 4%. Na fase de produção de mudas a solução nutritiva foi diluída a 50% da concentração e fornecida em turnos de irrigação de 15 minutos a cada intervalo de 60 minutos no período diurno (6:00 – 21:00h), verificando-se a umidade da espuma fenólica e ajustado o intervalo das irrigações conforme necessidade. No período noturno eram feitas duas irrigações com turno de 15 minutos, às 24:00 e 03:00h.

As mudas foram transplantadas para as bancadas de produção final quando visualmente se identificava a emissão da segunda folha definitiva. O transplante ocorreu no dia 17/04/12 para a estação de outono e dia 17/07/12 para a estação de inverno, 14 e 20 dias após a semeadura, respectivamente. As bancadas foram formadas por dez perfis hidropônicos de 6,0 m de comprimento, 0,09 m de largura e 0,05 m de profundidade. Para acomodar as

plantas avaliadas, cada bancada contava com quatro perfis de cor preta e quatro perfis pintados com tinta plástica branca, instalados alternando as cores. Além disso, em cada lateral da bancada manteve-se um perfil para efeito de bordadura. O espaçamento adotado foi de 0,25 m entre plantas nos perfis e 0,17 m entre plantas de perfis vizinhos. Assim, o sistema foi formado por três bancadas (totalizando 30 perfis), 240 plantas por bancada e 720 plantas em todo experimento, sendo 360 plantas cultivadas nos perfis pretos e 360 nos perfis brancos. Todo este sistema foi alimentado por dois conjuntos de motobomba de $\frac{1}{3}$ cv, e dois reservatórios de fibra de vidro com capacidade para 500 L, ambos pintados com tinta plástica branca. Cada reservatório acomodava a solução de uma cor de perfil portanto, um reservatório para os perfis brancos e um para os perfis pretos. Foi instalado um sistema duplo de abastecimento e coleta de solução das bancadas de produção. A solução nutritiva era bombeada e recolhida no final das bancadas de cultivo através de calhas coletoras, caracterizando um sistema fechado. As bancadas foram sustentadas por cavaletes de ferro de aproximadamente um metro de altura e dispostos a fim de proporcionar uma declividade de 4% nos perfis. A solução nutritiva utilizada foi a solução comercial HidrogoodFert (Anexo I), preparada e diluída para 100% da sua concentração. Cada reservatório acomodava 400 L, correspondendo a um volume de solução nutritiva de 1,11 litros/conjunto de plantas.

O controle do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva foi realizado diariamente, medindo-se o pH através de um peagâmetro digital (modelo PH-009IA) e a condutividade elétrica através de um condutivímetro (modelo Az-8301). O pH da solução nutritiva foi mantido próximo de 6,0 ($\pm 0,5$), e como o pH da água utilizada para formular a solução era mais elevado, utilizou-se ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 10% de concentração para fazer o ajuste. Sempre quando a condutividade elétrica da solução nutritiva atingiu 75% da concentração inicial, foi efetuada a reposição de 25% dos nutrientes. Além do monitoramento diário do pH e da condutividade, o nível de solução nos reservatórios também era monitorado através da reposição de água afim de manter o nível em 400 L de solução.

As avaliações de crescimento iniciaram logo após o transplante e foram repetidas em intervalos de quatro dias, totalizando 11 avaliações no final de cada experimento. Em cada avaliação foram coletadas aleatoriamente três conjuntos de cinco plantas de cada tratamento (uma em cada repetição). Logo após a coleta, as plantas foram imediatamente levadas ao laboratório, sendo divididas em folha, caule e sistema radicular. Após, foi determinado o número de folhas (consideradas todas as folhas identificáveis, exceto os cotilédones), comprimento de raiz, altura da planta com auxílio de uma régua graduada e área foliar total, utilizando-se o medidor de área foliar (LI-3100 Área Meter, LICOR, EUA). Todo material

coletado foi pesado em balança analítica para a determinação da massa fresca. Após a pesagem o material foi colocado em estufa de ar circulante a 65°C até atingir peso constante, sendo que, posteriormente procedeu-se a pesagem do material seco.

Para o registro da temperatura do ar no interior da casa de vegetação foi instalado no centro da casa de vegetação a uma altura de 1,4 m um termo-higrômetro (modelo S1615 – PCD). Para o registro da temperatura do ar no interior dos perfis de cultivo em três horários do dia (9:00, 15:00 e 21:00hs), foram instalados dois termo-higrômetros digitais (modelo: HTR-170), sendo um no perfil branco e outro no perfil preto. Os dados da radiação solar global incidente foram obtidos da estação automática do INMET localizada no campus da universidade a cerca de 300 m da casa de vegetação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias dos tratamentos foram comparados pelo teste Tukey ou submetidos ao ajuste de modelos de regressão.

3.5 Resultados e Discussão

A influência dos elementos meteorológicos sobre o cultivo em ambiente protegido é muito significativo. Assim, observamos que a temperatura média registrada na estação de outono foi de 18,08°C e no inverno foi 18,22°C. Para a temperatura média mínima foram registrados os valores de 11,59°C para a estação de outono e 13,72°C para a estação de inverno, resultando numa diferença de 2,13°C entre estações. A temperatura média máxima registrada na estação de outono foi de 27,70°C e no inverno foi de 24,28°C, resultando numa diferença de 3,42°C entre estações. Os resultados mostram uma amplitude térmica de 16,11°C na estação de outono e 10,56°C na estação de inverno (Figura 2A e 2B). Na estação de outono a temperatura média no início do ciclo é mais elevada e declina gradativamente até próximo aos 16 dias após o transplante quando apresenta um período de elevação e após tende a se estabilizar até o final do ciclo. Na estação de inverno, a temperatura média apresenta elevação gradativa até próximo dos 35 dias após o transplante, quando tende a estabilizar e após declina gradativamente até o final do ciclo. Para bom crescimento e produção de folhas grandes e tenras, a cultura da rúcula necessita de temperaturas entre 15 e 18°C (TRANI, *et al.* 1992). Furlani (1999) ressalta a importância da variação da temperatura entre dia e noite para a cultura obter o melhor crescimento e desenvolvimento, necessitando de temperaturas diurnas em torno de 25°C e noturnas em torno de 17°C, ou seja, uma amplitude térmica de 8°C. Neste trabalho os valores foram superiores aos apresentados pelo autor.

A radiação solar global incidente, observada fora da estufa, na estação de outono oscilou entre o valor mínimo de 2,42 e máximo de 21,19 $\text{Mj. m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, apresentando uma média de 13,64 $\text{Mj. m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ neste período. Na estação de inverno, oscilou entre o valor mínimo de 2,55 e máximo de 20,38 $\text{Mj. m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, apresentando uma média no período de 13,02 $\text{Mj. m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Na Figura 2C, são apresentados valores médios de quatro dias.

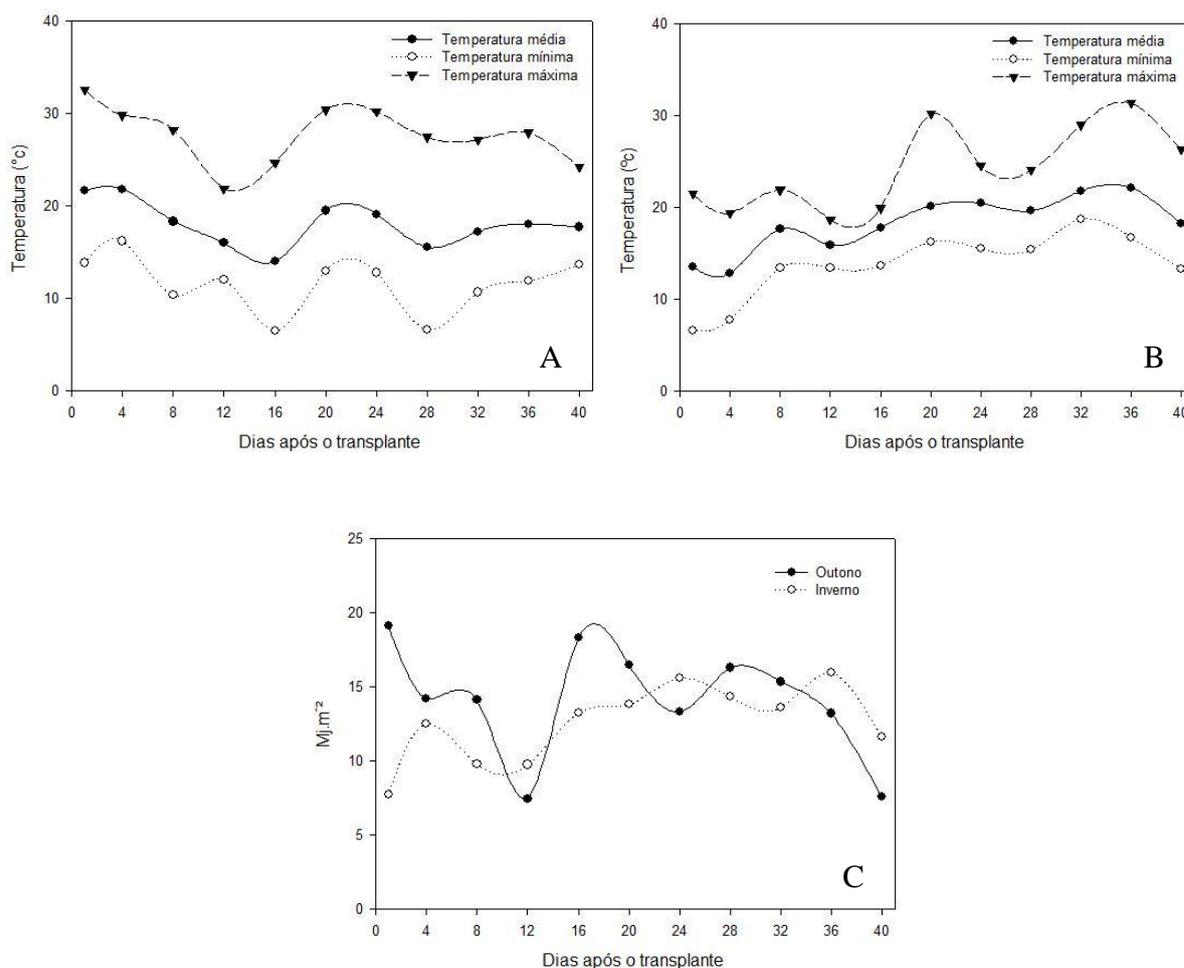


Figura 2. Variação da temperatura média, máxima e mínima do ar no interior da estufa na estação de Outono (A) e na estação de Inverno (B). Variação da radiação solar global incidente nas estações de Outono e Inverno (C), durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Avaliando a temperatura do ar no interior das duas cores de perfil (branco e preto) em três horários do dia (9:00, 15:00 e 21:00h) no cultivo da rúcula nas estações de outono e inverno, observa-se que para ambas as cores de perfil a temperatura mais baixa predomina as 21:00h e a mais elevada as 15:00h (Figura 3A e 3B). Em relação às duas cores de perfil, evidencia-se em ambas as estações pouca variação na temperatura das 21:00h, já às 9:00h observa-se que a diferença é mais significativa. A maior significância aparece na temperatura das 15:00h, destacando-se de forma mais expressiva nos picos de elevação temperatura. Em

ambas as estações as temperaturas mais elevadas predominam no perfil preto, o que evidencia a diferença no regime térmico relacionado com a cor do perfil como já destacava Mattos *et al.* (2001), que alertavam sobre a importância de ser considerado o balanço de energia radiante na bancada, que pode ser diferente em função do material de cobertura, condicionando a temperatura do ar da canaleta de circulação da solução, que faz parte do ambiente de crescimento do sistema radicular.

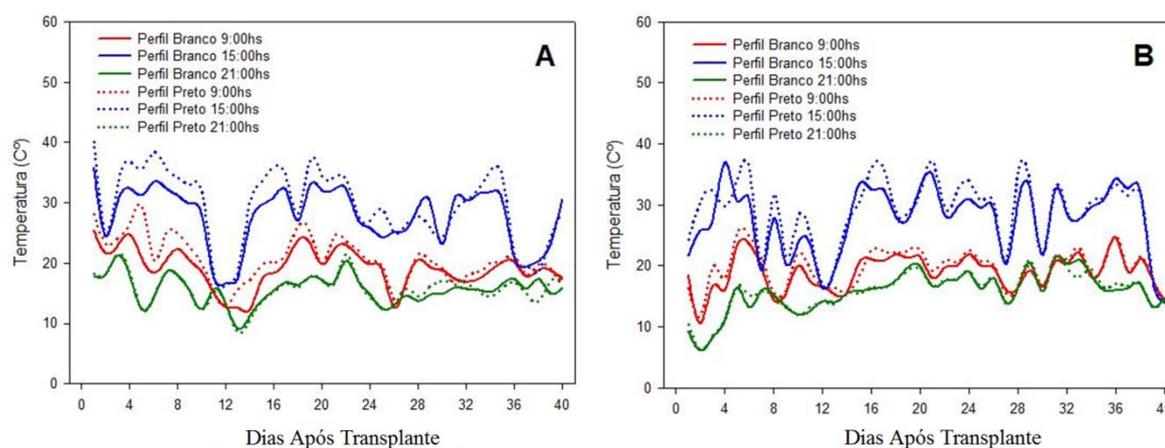


Figura 3. Variação da temperatura do ar no interior do perfil de cultivo na estação de outono (A) e na estação de inverno (B) em diferentes horários de avaliação durante o cultivo de rúcula. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Conforme mostra a Tabela 1, para a variável massa de folha seca (MFS) a análise de variância revelou interação entre os fatores estação x cultivar, estação x época, perfil x época e cultivar x época. A variável massa de caule seco (MCS) apresenta efeitos significativos com os fatores estação x cultivar, estação x época, perfil x época, cultivar x época e estação x cultivar x época. Para a variável massa de raiz seca (MRS) houve interação com estação x época, perfil x época e cultivar x época.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis, massa de folha seca (MFS), massa de caule seco (MCS), massa de raiz seca (MRS), Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Fator Variação	Quadrado Médio		
	MFS	MCS	MRS
Estação	32201*	0,26	1539,69*
Perfil	39005*	152,11*	3137,73*
Estação*Perfil	487	3,15	166,42
Cultivar	38868*	276,14*	364,06*
Estação*Cultivar	3320*	50,46*	62,15
Perfil*Cultivar	576	6,72	62,61
Estação*Perfil*Cultivar	363	7,17	70,45
Época	382039*	3106,61*	19955,93*
Estação*Época	9469*	38,10*	556,72*
Perfil*Época	5806*	33,70*	532,21*
Estação*Perfil*Época	497	10,49	40,61
Cultivar*Época	6199*	39,32*	155,63*
Estação*Cultivar*Época	655	18,514*	57,64
Perfil*Cultivar*Época	187	5,09	32,45
Estação*Perfil*Cultivar*Época	243	7,08	53,94
Repetição	750	9,69	37,83
CV(%)	33,87	42,33	39,08

* Significativo a 5% pelo teste F.

Na comparação da produção de massa de folha seca das quatro variedades cultivadas, verifica-se crescimento inicial lento de todas as variedades até próximo aos 16 dias após o transplante. Após, observa-se desempenho semelhante ao longo do ciclo das variedades cultivadas ‘Cultivada’, ‘Folha Larga’ e ‘Rococó’ com uma pequena tendência de superioridade da ‘Cultivada’ no final do ciclo. Já a variedade cultivada ‘Runway’ mostrou-se semelhante às demais até próximo dos 16 dias após o transplante, em seguida, seu desempenho foi significativamente inferior. Aos 40 dias após o transplante as variedades cultivadas apresentaram a seguinte massa de folha seca: ‘Cultivada’ 293,33 g m⁻², ‘Folha Larga’ 257,10 g m⁻², ‘Rococó’ 256,45 g m⁻² e ‘Runway’ 140,49 g m⁻². Estes resultados mostram que a ‘Runway’ apresentou uma produção de 52% inferior em comparação com a variedade cultivada ‘Cultivada’. O desempenho inferior da variedade cultivada ‘Runway’ deve-se a sua morfologia foliar recortada sendo desfavorável para o acúmulo de massa foliar (Figura 4).

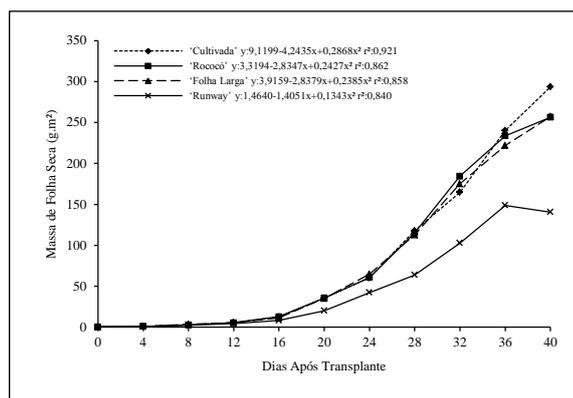


Figura 4. Acúmulo de massa de folha seca de quatro cultivares de rúcula, cultivadas nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Na avaliação da massa de caule seco das quatro variedades cultivadas em duas estações observa-se que na estação de inverno a variedade cultivada 'Cultivada' demonstrou desempenho superior às demais variedades cultivadas a partir dos 28 dias após o transplante (Figura 5B). Para a variedade cultivada 'Runway', foi observado desempenho inferior já a partir dos primeiros dias após o transplante, mantendo-se inferior ao longo de praticamente todo ciclo. A inferioridade da 'Runway', tem provavelmente relação com o menor acúmulo de massa foliar, pois tendo menor massa foliar a necessidade de crescimento de caule para a sua sustentação torna-se inferior. Já as variedades cultivadas 'Rococó' e 'Folha Larga' tiveram desempenho semelhante na estação de inverno. Na estação de outono a inferioridade da 'Runway' se tornou mais expressiva, e a 'Rococó' apresentou semelhança com a 'Cultivada' (Figura 5A). A 'Folha Larga' demonstrou-se significativamente superior a partir dos 28 dias após o transplante. Ao analisar a massa seca total da parte aérea (caule e folhas) aos 40 dias após o transplante obteve-se os seguintes valores: variedade cultivada 'Cultivada' 322,55 g m⁻², 'Folha Larga' 282,63 g m⁻², 'Rococó' 280,76 g m⁻² e variedade 'Runway' 156,36 g m⁻². Santos *et al.* (2011), em trabalho realizado com duas soluções nutritivas, obtiveram na média dos dois tratamentos valores significativamente inferiores para as variedades cultivadas 'Folha Larga' e 'Rococó'. Para a variedade cultivada 'Bella', que possui características da parte aérea semelhantes as da 'Runway', a massa seca da parte aérea foi levemente superior. Adequando o resultado médio de todos os tratamentos à densidade de plantas deste trabalho Silva *et al.* (2008), obtiveram uma média de 121,57 g m⁻² de massa seca total da parte aérea, resultado significativamente inferior aos obtido neste trabalho.

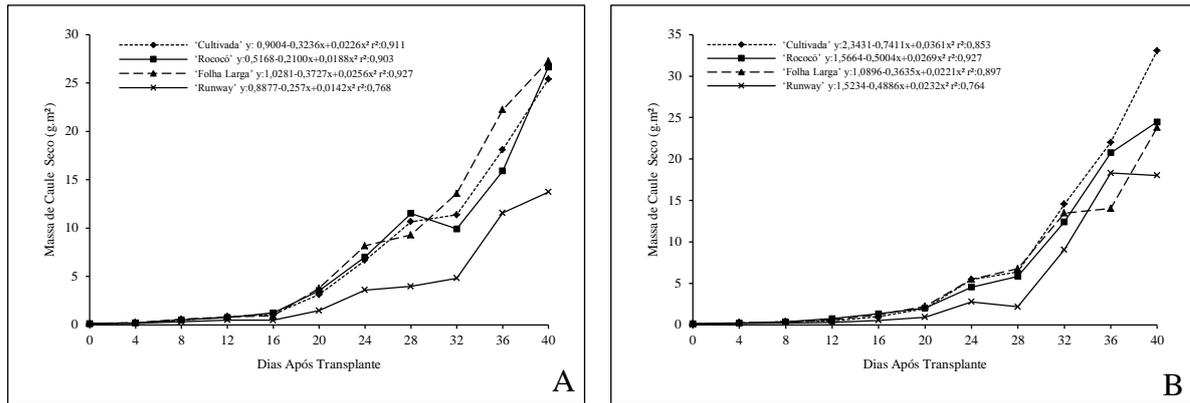


Figura 5. Acúmulo de massa de caule seco durante o crescimento de quatro cultivares de rúcula na estação de outono (A) e inverno (B). Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Para a variável massa de folha seca observa-se melhor desempenho da estação de outono a partir dos 28 dias após o transplante e se tornando mais expressivo no final do ciclo (Figura 6). Esta diferença possivelmente é em função do maior acúmulo de água nas células foliares no período de inverno e, em função das condições climáticas mais favoráveis para o maior acúmulo de massa seca no outono.

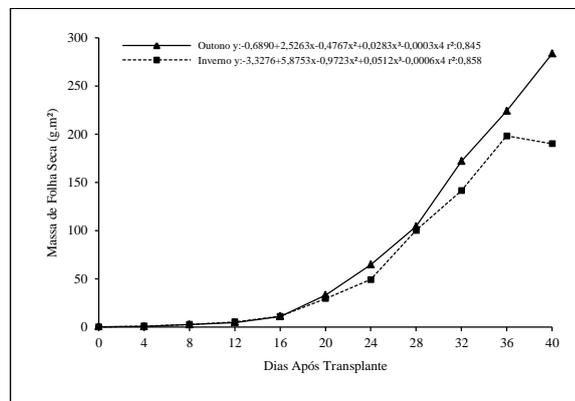


Figura 6. Acúmulo de massa de folha seca, durante o crescimento da rúcula cultivada nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Ao avaliar o acúmulo de massa de raiz seca durante o crescimento da rúcula nas duas estações, observa-se desempenho semelhante até aos 20 dias após o transplante. A partir deste momento, a estação de outono apresentou superioridade até o final do ciclo, quando mostrou-se 47% superior à estação de inverno. No final do ciclo, o acúmulo de massa de raiz seca foi de 68,72 g. m⁻² e 46,76 g. m⁻² para a estação de outono e inverno, respectivamente (Figura 7). A superioridade da estação de outono, possivelmente esteja relacionada com a temperatura da solução nutritiva e do ambiente dentro do perfil de cultivo que se mostrou menor na estação de outono. A variação da temperatura certamente foi influenciada pela variação da radiação

solar, que no final do ciclo foi superior na estação de inverno. Como destacam Bonato *et al.* (1998), em temperaturas supraótimas a taxa de respiração se eleva e por consequência diminui o crescimento, reduzindo o acúmulo de massa.

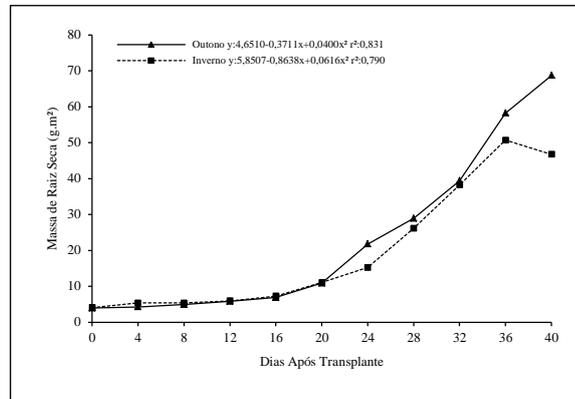


Figura 7. Acúmulo de massa de raiz seca, durante o crescimento da rúcula cultivada nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Na avaliação da massa de folha, caule e raiz secos nas duas cores de perfil, observa-se na Figura 8, que próximo aos 20 dias após o transplante em diante, houve superioridade do perfil branco para todas as variáveis, esta diferença foi crescente até o final do ciclo, quando o percentual de superioridade do perfil branco para massa de folha seca foi de 25%, caule 22% e raiz 36%. Isso mostra que pode existir influência do ambiente de crescimento proporcionado pelo perfil branco, sendo mais adequado para a cultura, podendo ter relação com a melhoria que a cor branca proporciona em relação à radiação solar difusa que é muito eficiente para o processo fotossintético da planta. Outra possível relação é com a temperatura da solução nutritiva e do próprio ambiente no interior do perfil de cultivo. A cor preta absorve maior quantidade de energia solar em forma de calor e difunde parte do calor para a solução nutritiva circulante e também para o ambiente interno do perfil, o que possivelmente interferiu de forma negativa no crescimento da cultura.

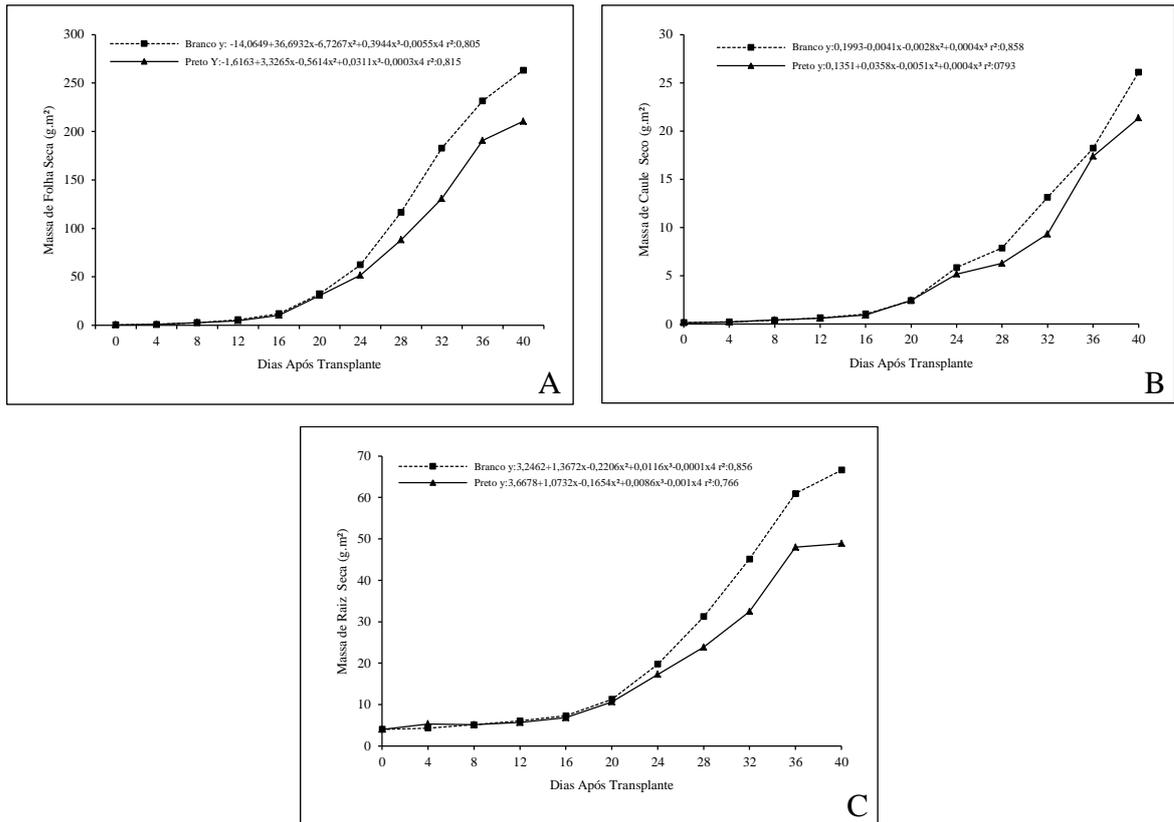


Figura 8. Acúmulo de massa de folha seca (A), massa de caule seco (B) e massa de raiz seca (C) da cultura da rúcula em duas cores de perfil durante seu crescimento nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Uma variável não avaliada estatisticamente foi a emissão do pendão floral em algumas cultivares na estação de inverno. Aos 36 dias após o transplante a variedade cultivada ‘Cultivada’ iniciava a emissão do pendão floral em todas as plantas avaliadas. As variedades cultivadas ‘Rococó’ e ‘Runway’ apresentaram início do pendoamento em apenas alguns exemplares. Já a variedade cultivada ‘Folha Larga’ só apresentou emissão do pendão floral aos 40 dias após o transplante. O fator principal da emissão do pendão floral na estação de inverno é o ciclo total da cultura que foi de 60 dias para a estação de inverno e 54 dias para a estação de outono. Esta diferença está relacionada basicamente com o período de produção das mudas, quando foram registrados inúmeros dias nublados na estação de inverno nos quais houve atraso no crescimento e desenvolvimento das mudas em função da baixa incidência da radiação solar. A diferença na emissão do pendão floral entre cultivares está relacionado a sua diferença genética

Na média das 11 avaliações da massa de folha seca, nas estações de cultivo, observa-se na estação de inverno a superioridade da variedade cultivada ‘Cultivada’, seguida das ‘Folha Larga’ e ‘Rococó’ que não diferiram entre si e, com desempenho inferior as demais, a

variedade cultivada ‘Runway’. Já na avaliação de cada variedade cultivada nas duas estações, observa-se que o desempenho das variedades cultivadas ‘Folha Larga’ e ‘Rococó’ na estação de inverno foi menor do que no outono e as variedades cultivadas ‘Cultivada’ e ‘Runway’ não diferiram entre estações (Tabela 2).

Tabela 2. Média de 11 avaliações de massa de folha seca de quatro cultivares de rúcula, cultivadas em duas cores de perfil em duas estações de cultivo. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Cultivar	Massa de folha seca (g/m ²)	
	Inverno	Outono
‘Cultivada’	80,91 aA*	88,84 aA
‘Folha larga’	69,52 bB	91,97 aA
‘Rococó’	69,58 bB	95,52 aA
‘Runway’	45,49 cA	51,65 bA
CV(%)	33,87	

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as cultivares no mesmo perfil. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem a cultivar em perfil diferente, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A produção de massa de raiz seca manteve-se semelhante para as quatro variedades cultivada até os 24 dias após o transplante, quando a ‘Runway’ começou a apresentar desempenho inferior às demais variedades cultivadas. Já aos 40 dias após o transplante a variedade cultivada ‘Cultivada’ se destacou perante as demais, quando o acúmulo de massa de raiz seca da variedade cultivada ‘Cultivada’ foi de 73,93 g m⁻² sendo 48% superior a ‘Runway’ que foi de 50,08 g m⁻². A superioridade da variedade cultivada ‘Cultivada’ também foi significativa em relação às variedades cultivadas ‘Rococó’ e ‘Folha Larga’, sendo de 38% para as duas variedades cultivadas. As variedades cultivadas ‘Folha Larga’ e ‘Rococó’ mantiveram-se muito semelhantes ao longo de todo ciclo, apresentando acúmulo 53,40 e 53,56 g m⁻², respectivamente, aos 40 dias após o transplante (Figura 9). A variedade cultivada ‘Runway’ mesmo apresentando menor produção de massa seca da parte aérea, na avaliação da massa de raiz seca, demonstrou-se muito semelhante a ‘Folha Larga’ e ‘Rococó’. Santos *et al.* (2011), em trabalho realizado com duas soluções nutritivas, obtiveram na média dos dois tratamentos valores significativamente superiores aos obtidos neste trabalho.

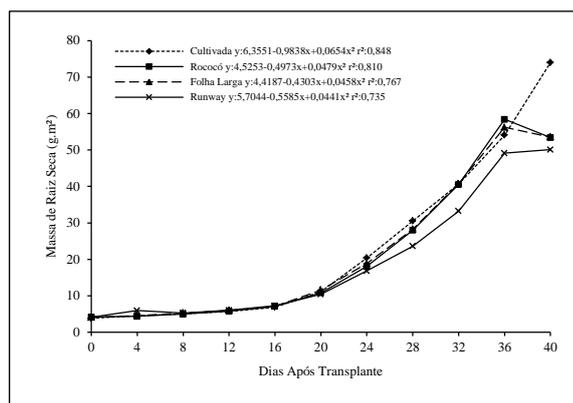


Figura 9. Acúmulo de massa de raiz seca de quatro cultivares de rúcula cultivadas em perfil preto e branco durante as estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

A análise de variância expressa efeitos significativos para a variável altura de planta (Altura) para os fatores perfil x cultivar e estação x época. A variável comprimento de raiz (C.Raiz) apresenta efeitos significativos com os fatores estação x perfil, estação x cultivar, estação x perfil x cultivar, estação x época e perfil x época. Para a variável número de folhas (NF) houve interação com estação x cultivar, estação x época, cultivar x época e estação x cultivar x época. A variável área foliar (AF) apresenta efeitos significativos com os fatores estação x cultivar, estação x época, perfil x época e cultivar x época (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de planta (Altura), comprimento de raiz (C.Raiz), número de folhas (NF) e área foliar (AF), Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Fator Variação	Quadrado Médio			
	Altura	C.Raiz	NF	AF
Estação	66,74*	1287,15*	168616*	5,5605*
Perfil	29,23*	1671,52*	149036*	7,9501*
Estação*Perfil	0,81	142,13*	61919	0,0001
Cultivar	34,95*	419,84*	189834*	10,4678*
Estação*Cultivar	1,96	79,51*	276238*	1,2949*
Perfil*Cultivar	16,27*	4,06	3743	0,2932
Estação*Perfil*Cultivar	6,98	107,37*	19908	0,3233
Época	3886,01*	8719,66*	11843023*	115,8097*
Estação*Época	75,42*	391,35*	137940*	1,6541*
Perfil*Época	6,96	133,01*	17775	1,0460*
Estação*Perfil*Época	5,84	51,99	9079	0,1755
Cultivar*Época	5,7	24,12	33350*	1,4048*
Estação*Cultivar*Época	4,86	32,51	44883*	0,219
Perfil*Cultivar*Época	2,85	38,77	11798	0,1253
Estação*Perfil*Cultivar*Época	4,67	35,83	11136	0,1334
Repetição	63,36	64,93	9703	0,5793
CV(%)	11,77	21,80	15,65	31,19

* Significativo a 5% pelo teste F.

Na interação perfil x cultivar para altura de plantas, na média das 11 avaliações nas duas estações, a variedade cultivada ‘Runway’ apresentou desempenho inferior em ambos os perfis, mantendo semelhança somente com a variedade cultivada ‘Rococó’ no perfil branco a qual não diferiu com as demais variedades cultivadas em ambos os perfis (Tabela 4). Já para o desempenho das variedades cultivadas com relação aos diferentes perfis, observa-se diferença significativa somente para ‘Folha Larga’ e ‘Runway’ que obtiveram melhor desempenho no perfil branco, o que provavelmente se justifica em função da maior sensibilidade das cultivares ao microambiente.

Tabela 4. Média de 11 avaliações da altura de planta de quatro cultivares de rúcula, cultivadas em duas cores de perfil durante as estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Cultivar	Altura de planta (cm)	
	Perfil Branco	Perfil Preto
‘Cultivada’	18,71 aA	18,11 abA
‘Folha larga’	18,53 aA	17,66 bB
‘Rococó’	18,03 abA	18,59 aA
‘Runway’	17,76 bA	16,79 cB
CV(%)	11,77	

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as cultivares no mesmo perfil. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem a cultivar em perfil diferente, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para a variável índice de área foliar médio das 11 avaliações nas duas cores de perfil em relação a interação dos fatores estação x cultivar, observa-se que a superioridade da variedade cultivada ‘Cultivada’ sobre a ‘Folha Larga’ e ‘Rococó’ e estas sobre a ‘Runway’ na estação de inverno (Tabela 5). Este desempenho não se mantém na estação de outono na qual a variedade cultivada ‘Rococó’ é semelhante à ‘Folha Larga’, mas superior às demais. O desempenho inferior da ‘Runway’ em relação às demais variedades cultivada tem relação com sua morfologia foliar, a qual é do tipo lacerada, com margem recortada irregularmente. A maior área foliar das variedades cultivadas ‘Cultivada’, ‘Folha Larga’ e ‘Runway’ na estação de inverno possivelmente tem relação com a maior sensibilidade destas variedades cultivada com a menor radiação nesta estação, e como forma de buscar maior energia luminosa aumentam sua área foliar.

Tabela 5. Valores médios de 11 avaliações do índice de área foliar de quatro cultivares de rúcula, cultivadas em duas cores de perfil nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Cultivar	Índice de área foliar (m ² m ⁻²)	
	Inverno	Outono
‘Cultivada’	1,84 aA*	1,41 bB
‘Folha larga’	1,66 bA	1,49 abB
‘Rococó’	1,58 bA	1,62 aA
‘Runway’	1,17 cA	0,90 cB
CV(%)	31,19	

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as cultivares no mesmo perfil. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem a cultivar em perfil diferente, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na avaliação do comprimento de raiz em relação à interação dos fatores estação x perfil x cultivar, destaca-se a superioridade da variedade cultivada ‘Runway’ no perfil preto na estação de inverno e também no outono em ambos os perfis (Tabela 6). Ao analisar o desempenho das variedades entre as cores de perfil na estação de inverno, as variedades cultivadas ‘Cultivada’, ‘Folha Larga’ e ‘Rococó’ apresentaram melhor desempenho no perfil branco, já no outono, todas as variedades cultivada apresentaram-se superiores no perfil branco. O desempenho das plantas na mesma cor de perfil, mas em estações diferentes também teve influência, sendo que para a variedade cultivada ‘Cultivada’ no perfil branco a estação não influenciou, já para as demais variedades a estação de outono mostrou-se superior. No perfil preto não houve diferença entre as estações para as variedades cultivadas ‘Cultivada’ e ‘Runway’, porém, para ‘Folha Larga’ e ‘Rococó’ os resultados foram superiores na estação de outono (Tabela 6). O melhor desempenho das variedades cultivadas no perfil branco, exceto a ‘Runway’ no inverno, possivelmente tem relação com o microclima menos favorável ao desenvolvimento radicular que se formou no perfil preto, como o aumento da temperatura da solução e do ar no interior do canal. Mattos *et al.* (2001), em experimento testando diferentes materiais de cobertura dos canais de cultivo em alface, obtiveram resultados com 15,7% e 16,21% de superioridade da cobertura com Tetra Pak em relação a lona dupla face e tubos de PVC, respectivamente. Ao comparar as mesmas cores de perfil em estações diferentes, o melhor desempenho de algumas variedades cultivada no outono, certamente está relacionado com a temperatura e maior disponibilidade de radiação, sendo estes mais favoráveis ao crescimento destas plantas nesta estação.

Tabela 6. Média de 11 avaliações do comprimento de raiz de quatro cultivares de rúcula, cultivadas em duas estações de cultivo e duas cores de perfil. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Cultivar	Comprimento de raiz (cm)			
	Inverno		Outono	
	Perfil Branco	Perfil Preto	Perfil Branco	Perfil Preto
‘Cultivada’	25,68 aA α *	21,69 bB α	26,63 bA α	22,78 bB α
‘Folha Larga’	23,39 aA β	20,19 bB β	26,68 bA α	23,56 bB α
‘Rococó’	23,75 aA β	20,52 bB β	27,68 bA α	23,35 bB α
‘Runway’	24,79 aA β	25,13 aA α	33,26 aA α	26,19 aB α
CV(%)	21,8			

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem as cultivares no mesmo perfil na mesma estação. As letras maiúsculas iguais na linha não diferem a mesma cultivar em perfil diferente na mesma estação. Letras gregas iguais na linha não diferem a cultivar no mesmo perfil em estação diferente, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em relação ao número de folhas, observa-se desempenho muito semelhante entre as variedades cultivadas ‘Cultivada’, ‘Rococó’ e ‘Folha Larga’ ao longo de todo ciclo, apresentando uma maior dispersão no final do ciclo. A variedade cultivada ‘Runway’ obteve desempenho superior às demais na estação de inverno durante praticamente todo ciclo. A tendência de estabilização da emissão de folhas apresenta-se entre 28 e 32 dias após o transplante na estação de outono e no inverno aos 36 dias após o transplante, exceto as variedades cultivadas ‘Rococó’ e ‘Cultivada’ no outono, que obtiveram uma ascensão entre 36 e 40 dias após o transplante (Figura 10). Transformando os resultados do experimento em número de folhas por planta, a média do experimento no final do ciclo foi de 12,18 folhas por planta. Este resultado é semelhante ao obtido por Freitas *et al.* (2009), que obteve 11,69 folhas por planta na média de duas épocas de cultivo entre junho e outubro de 2005 em experimento conduzido em Mossoró-RN.

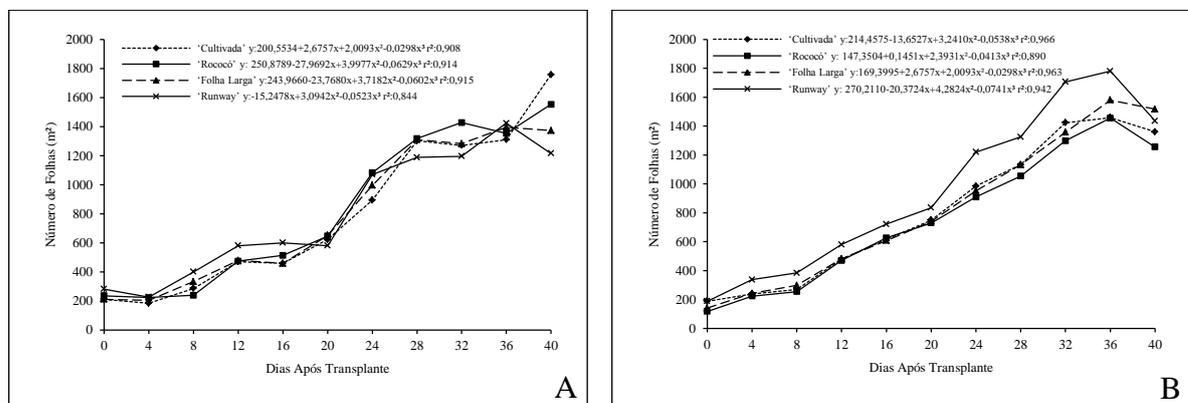


Figura 10. Número de folhas de quatro cultivares de rúcula cultivadas em duas cores de perfil na estação de outono (A) e inverno (B). Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Em relação ao índice de área foliar as variedades cultivadas ‘Cultivada’, ‘Folha Larga’ e ‘Rococó’ apresentam tendência semelhante até os 36 dias após o transplante quando a variedade cultivada ‘Cultivada’ se destacou. Já a ‘Runway’ apresentou desempenho inferior a partir dos 16 dias após o transplante e esta inferioridade se tornou cada vez mais evidente ao longo do ciclo (Figura 11). O índice de área foliar das variedades cultivada aos 40 dias após o transplante foi de $4,47 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ para a ‘Cultivada’, $3,95 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ para a ‘Rococó’, $3,89 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ para a ‘Folha Larga’ e $2,40 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ para a ‘Runway’. Estes resultados mostram que a variedade ‘Cultivada’ apresentou índice de área foliar superior em 13% em relação a ‘Rococó’, 15% em comparação com a ‘Folha Larga’ e 86% superior a ‘Runway’. Pode-se observar que o índice de área foliar não segue a mesma tendência do número de folhas, sendo mais expressivo para a variedade cultivada ‘Runway’ em função de seu limbo foliar recortado irregularmente. Esta característica faz com que a área foliar da planta seja significativamente afetada mesmo com número de folhas igual ou superior às demais variedades cultivadas. Figueiredo *et al.* (2010), pesquisando a relação entre a área foliar, número de folhas e biomassa fresca e seca da cultura da rúcula, concluem que há pouca relação entre o número de folhas e o aumento da área foliar, sendo a diferença menos expressiva no início e final do ciclo da cultura.

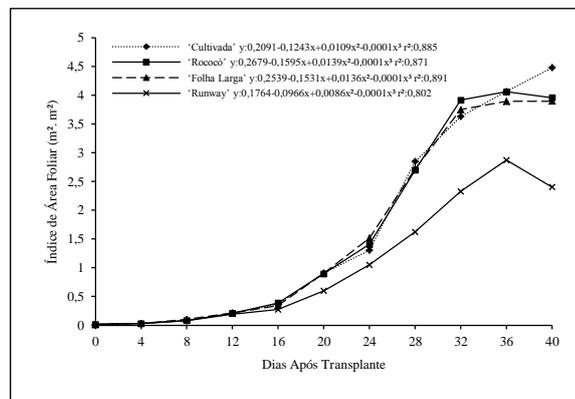


Figura 11. Índice de área foliar de quatro cultivares de rúcula cultivadas em duas cores de perfil na estação de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Quando avaliado a altura de planta nas duas estações, observa-se que até próximo aos 16 dias após o transplante o desempenho foi semelhante para as duas estações, a partir deste momento a estação de inverno apresentou tendência de superioridade e que se tornou mais expressiva a partir dos 28 dias após o transplante (Figura 12). A altura máxima na estação de outono foi de 27,6 cm e na estação de inverno foi de 29,53 cm ambas aos 40 dias após o transplante. Estes valores são um pouco inferiores aos encontrados por Costa *et al.* (2011),

que na média de seis tratamentos obteve 32,65 cm aos 44 dias após a semeadura. Ao passo que são significativamente superiores aos 20,74cm encontrados por Luz *et al.* (2011) e também aos 25,35 cm obtidos por Freitas *et al.* (2009), na média de duas épocas de cultivo. Em relação ao índice de área foliar nas duas estações (Figura 13A), observa-se também a superioridade da estação de inverno, sendo que no final do ciclo foi de 3,74 m² m⁻², sendo 3% superior à da estação de outono que foi de 3,63 m² m⁻². Adequando a área foliar obtida por Silva *et al.* (2008) em trabalho realizado com cinco níveis de salinidade do solo e quatro diferentes substratos á densidade de plantas deste trabalho (117,65 plantas.m⁻²) a média dos tratamentos resultaram num índice de área foliar de 2,68 m² m⁻², sendo significativamente inferior ao obtido neste trabalho na média das quatro cultivares nas duas estações de cultivo. Já na comparação com os índices obtidos por cada variedade cultivada nas duas cores de perfil e nas duas estações, somente a ‘Runway’ apresentou desempenho inferior.

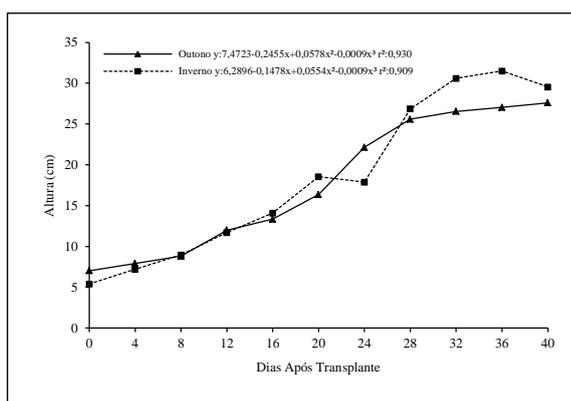


Figura 12. Altura de planta de rúcula cultivada em duas cores de perfil nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

A Figura 13B apresenta o índice de área foliar em relação à cor de perfil. Observa-se que até os 16 dias após o transplante os resultados são semelhantes para ambas às cores de perfil, a partir de então, o perfil branco mostra-se superior ao preto até o fim do ciclo, onde se apresentou superior em 16%, tendo índice de área foliar de 3,96 m² m⁻² e o perfil preto de 3,41 m² m⁻².

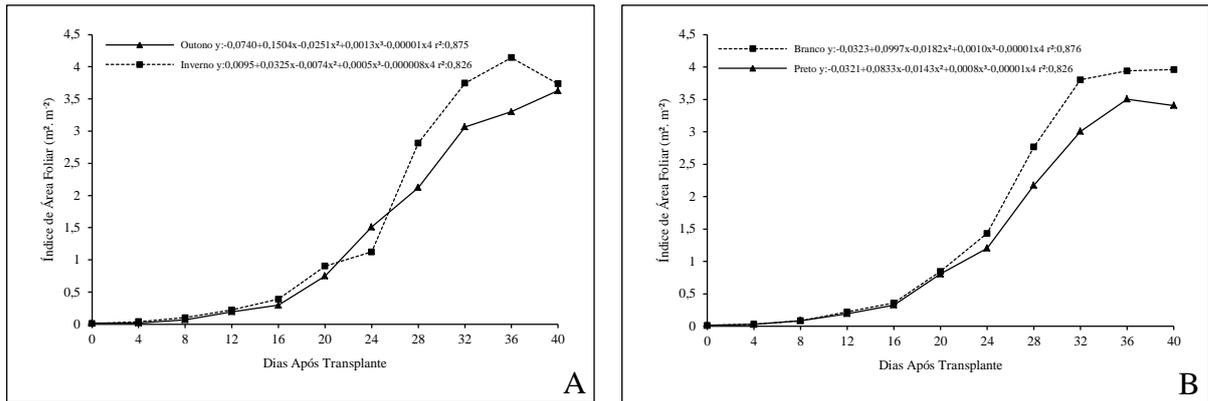


Figura 13. Índice de área foliar de rúcula cultivada nas estações de outono e inverno (A) e duas cores de perfil (B) durante seu ciclo de crescimento. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

Na avaliação do comprimento de raiz nas duas estações (Figura 14A) e nas duas cores de perfil (Figura 14B), a estação de outono apresenta superioridade em relação ao inverno a partir dos 24 dias após o transplante e amplia esta diferença até o final do ciclo. No final do ciclo o comprimento de raiz foi de 34,6 cm para o inverno e de 49,89 cm para o outono, sendo 44% superior nesta estação. A superioridade da estação de outono, possivelmente esteja relacionada com a temperatura da solução nutritiva e do ambiente dentro do perfil de cultivo que se mostrou menor na estação de outono. Em relação ao perfil, a cor branca mostrou-se superior a partir dos 12 dias após o transplante, aumentando lentamente a diferença até próximo dos 32 dias, mantendo a diferença estável até o final do ciclo, quando o comprimento de raiz foi de 45,31 cm o perfil branco e 39,13 cm no perfil preto, apresentando uma superioridade de 16% no perfil branco. A superioridade do perfil branco mostra que pode existir influência do ambiente de crescimento proporcionado pela cor do perfil, sendo mais adequado para a cultura, podendo ter relação com a melhoria que a cor branca proporciona em relação à radiação solar difusa, eficiente para o processo fotossintético da planta. Outra possível relação é com a temperatura da solução nutritiva e do próprio ambiente no interior do perfil de cultivo. A cor preta absorve maior quantidade de energia solar em forma de calor e difunde parte do calor para a solução nutritiva circulante e também para o ambiente interno do perfil, o que possivelmente interferiu no crescimento do sistema radicular no perfil preto.

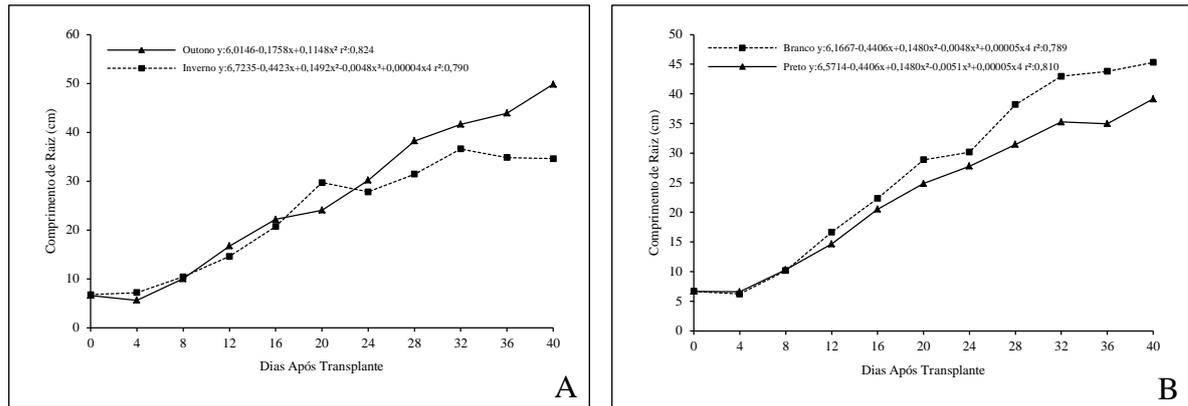


Figura 14. Comprimento de raiz de rúcula cultivada nas estações de outono e inverno (A) e no perfil branco e preto (B). Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

A Tabela 7 apresenta a produção de massa fresca das variedades cultivadas de rúcula ‘Cultivada’, ‘Folha Larga’, ‘Rococó’ e ‘Runway’ aos 40 dias após o transplante, onde observa-se que para a variável massa de folha fresca os melhores resultados foram obtidos com a variedade cultivada ‘Cultivada’ no perfil branco, tanto na estação de outono quanto no inverno e, também pela ‘Rococó’ no perfil branco na estação do outono. Já a menor produção foi obtida pela ‘Runway’ no perfil preto na estação de inverno. Na massa de caule fresco, a maior produção foi obtida com ‘Cultivada’ no perfil branco na estação de inverno e a menor produção foi da ‘Runway’ no perfil preto nas duas estações e também no perfil branco na estação de outono. Para a variável massa de raiz fresca não houve diferença significativa entre cultivares, cores de perfil e estações do ano.

Tabela 7. Massa de folha fresca (MFF), massa de caule fresco (MCF) e massa de raiz fresca (MRF) aos 40 dias após o transplante de quatro variedades de rúcula, cultivadas em duas cores de perfil nas estações de outono e inverno. Frederico Westphalen, RS, UFSM, 2012.

			MFF	MCF	MRF
			(g.m ²)		
Cultivada	Outono	Branco	2463,15 ^{a*}	124,43bc	894,97a
		Preto	2149,30abc	128,96bc	797,47 a
	Inverno	Branco	2676,84a	275,56a	644,35 a
		Preto	2286,78ab	202,97ab	630,71 a
Folha Larga	Outono	Branco	2345,56ab	153,31bc	691,74 a
		Preto	2095,62abc	123,93bc	681,41 a
	Inverno	Branco	2210,74ab	209,99ab	596,20 a
		Preto	1668,54abc	164,73bc	346,46 a
Rococó	Outono	Branco	2526,94a	149,09bc	863,74 a
		Preto	2281,96ab	119,19bc	462,91 a
	Inverno	Branco	1707,89abc	163,42bc	549,83 a
		Preto	1747,24abc	167,20bc	435,79 a
Runway	Outono	Branco	1321,12abc	85,91c	872,99 a
		Preto	1075,96bc	69,57c	478,52 a
	Inverno	Branco	1539,61abc	145,96bc	569,26 a
		Preto	804,69c	81,20c	316,62 a
CV (%)			23,62	22,75	37,78

*Médias seguidas de mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.6 Conclusão

As diferentes cores de perfil proporcionam modificações no crescimento e produção da rúcula. As plantas crescidas no perfil branco apresentaram maior acúmulo de massa de folha seca, massa de caule seco e massa de raiz seca, maior índice de área foliar e comprimento de raiz.

As diferentes estações influenciam no crescimento e desenvolvimento da rúcula. Na estação de inverno as plantas apresentaram superioridade no índice de área foliar e altura de planta. A estação de outono apresentou maior comprimento de raiz, maior acúmulo de massa de raiz seca e massa de folha seca.

Houve diferença no crescimento entre cultivares. A variedade cultivada ‘Cultivada’ apresentou superioridade no índice de área foliar, na produção de massa de folha seca, massa de raiz seca e número de folhas no outono. Já a variedade cultivada ‘Runway’ teve o maior comprimento de raiz exceto no perfil branco na estação de inverno e mesmo apresentando maior número de folhas no inverno teve o pior desempenho no índice de área foliar, altura de planta, e no acúmulo de massa de folha e seca, massa de caule seca e massa de raiz seca.

3.7 Referências Bibliográficas

AMORIM H.C; HENZ G.P; MATTOS L.M. **Identificação dos tipos de rúcula comercializados no varejo do Distrito Federal**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Hortaliças 34: 1-13, 2007.

APHORTESP - **Associação dos Produtores e Distribuidores de Horti-Fruti do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.aphortesp.com.br/rucula.html>>. Acesso em: 12 set. 2011.

BONATO, C.M. et al. **Nutrição mineral de plantas**. Maringá: UEM, 1998.

CASTELLANE, P.D.; ARAUJO, J.A.C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994.

COSTA, C. M. F. et al. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 93-102, jan./mar. 2011.

FAQUIM, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, set./dez. 1999.

FIGUEIREDO, F.T. et al. Relação entre a área foliar, número de folhas e biomassa seca e fresca da planta de rúcula. **Horticultura Brasileira**. v. 28, S913-S918, jul. 1010

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000.

FONTES, P. C. R. **Olericultura: teoria e prática**. 1. ed. Viçosa, MG, 2005.

FREITAS, K. K. C. et al. Desempenho agrônomo de rúcula sob diferentes espaçamentos e épocas de plantio. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 449-454, jul-set, 2009.

FURLANI, P.R.et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. [s.n.]. 52p. 1999. (Boletim Técnico 180).

GENUNCIO, G. C. et al. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 29: 605-608, 2011.

LUZ, J. M. Q. et al. Efeito da variação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de rúcula. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n.3, p.76 -82 jul./set. 2011.

MATTOS, K. M. C. t al. Temperatura do ar no interior do canal de cultivo e crescimento da alface em função do material de cobertura da mesa de cultivo hidropônico – NFT. **Bragantia**, Campinas, 60, 253-260, 2001.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961.

REGHIN, M. Y. et al. Efeito do espaçamento e do numero de mudas por cova na produção de rúcula nas estações de outono e inverno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 953-959, set./out., 2005.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. V. D. Efeito da densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, 28: 287-295, 2004.

SANTOS et al. Produção de cinco cultivares de rúcula em duas soluções hidropônicas. **Bras. Agrocência**, Pelotas, v.17, n.4-4, p.468-472, out-dez, 2011.

SILVA, J.K.M. et al. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Caatinga**, Mossoró, v.21, n.5, p.30-35, dez, 2008.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Cultura da rúcula**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1992. 8 p. (Boletim técnico, n. 146).

Anexo 1. Porcentagem de nutrientes na solução nutritiva utilizada para o cultivo de rúcula.

HidrogoodFert	
Nutriente	%
N	10*
P ₂ O ₅	9
K ₂ O	28
Mg	3,38
S	4
B	0,06
Cu	0,01
Mn	0,05
Mo	0,073
Zn	0,02
Hidrogood ferro EDDHA	
Fe	6

*Dados do Fabricante (Hidrogood, Taboão da Serra, Brasil)

4 DISCUSSÃO

O cultivo de hortaliças pelo sistema hidropônico vem-se destacando muito no Brasil nos últimos anos. Com a utilização correta de estufas pode-se alterar o microclima de um determinado ambiente e, conseqüentemente, alcançar inúmeros benefícios, tais como colheita fora de época e/ou precoce, melhor controle de pragas e doenças, economia de insumos agrícolas e de água, preservação da estrutura do solo, plantio de variedades selecionadas e considerável aumento da produção (MATTOS *et al.*, 2001).

Na hidroponia, por se tratar de uma forma de cultivo sem solo, há necessidade de sustentação e fixação das plantas sobre as bancadas de produção. O material que dá sustentação às plantas, além de fixar as plantas, evita a incidência direta da radiação solar sobre a solução e o sistema radicular; diminui a evaporação da água e impede a entrada e o acúmulo de poeira sobre os canais de cultivo (SCHMIDT, 1998).

Conforme destaca Mattos *et al.* (2001), outro aspecto pouco estudado, mas de suma importância é o balanço de energia radiante na bancada, que pode ser diferente em função do material e cor de cor do perfil, condicionando a temperatura do ar no interior do perfil bem como a temperatura do próprio perfil e por consequência transmitir parte da energia para a solução nutritiva circulante. O resultado do presente trabalho mostra esta tendência, sendo mais visível ao analisar a temperatura máxima da solução nutritiva, a qual se demonstrou superior no perfil preto durante quase todo estudo.

Conforme cita Sutton *et al.* (2006), variações na temperatura da solução nutritiva influenciam na concentração de oxigênio na solução nutritiva. Esta afirmação se confirma perfeitamente neste trabalho. A temperatura da solução nutritiva tem relação inversa com a concentração de oxigênio, enquanto a temperatura se eleva a concentração de oxigênio reduz, ao passo que com a redução da temperatura a concentração de oxigênio se eleva.

A cor do perfil de cultivo influencia a temperatura da solução nutritiva, pois para a temperatura no início do perfil não se observou interação com a cor do perfil nos diferentes horários de avaliação, já na temperatura no final do perfil houve interação significativa a qual foi superior no perfil preto.

O regime térmico no ambiente das raízes pode afetar a absorção da água e dos nutrientes, bem como o crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas (MATTOS *et al.*, 2001). O presente trabalho mostra que as plantas crescidas no perfil branco destacaram-se em alguns aspectos agrônômicos de interesse, como por exemplo, na avaliação

da massa de folha seca, massa de caule seco e massa de raiz seca em ambas as cores de perfil, a partir dos 15 dias após o transplante, houve superioridade do perfil branco, esta diferença foi crescente até o final do ciclo. Para as variáveis, índice de área foliar e comprimento de raiz o perfil branco também têm apresentado desempenho superior. Este melhor desempenho mostra-se favorável ao produtor por proporcionar maior produtividade em seus cultivos. Isso mostra que pode existir influência do ambiente de crescimento proporcionado pelo perfil branco.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A temperatura no interior da estufa influencia na variação da temperatura da solução nutritiva e esta, por consequência, interfere na concentração de oxigênio dissolvido na solução. As oscilações da temperatura tanto ao longo do dia quanto no decorrer do ciclo de crescimento da rúcula, geraram relação inversa na concentração de oxigênio dissolvido na solução nutritiva. Perante as variações das condições de ambiente, houve diferença no crescimento da rúcula cultivada nas estações de outono e inverno.

Sendo assim, em condições diferentes deste trabalho, os efeitos podem ser mais significativos ou até nem se expressar. Fatores que certamente irão pronunciar efeitos diferenciados são: tipo de material que compõe os perfis; condições climáticas, sendo que o experimento foi realizado nas estações com registros de temperaturas mais baixas, desta forma na mesma região temperaturas mais extremas tanto baixas quanto altas podem influenciar significativamente nos resultados; as culturas implantadas são morfofisiologicamente diferentes; comprimento do perfil de cultivo, sendo que em comprimentos maiores os efeitos podem ser mais significativos; declividade dos perfis, quanto menor, mais lento é o escoamento da solução, ficando exposta por mais tempo ao efeito dos fatores climáticos do ambiente; outros pontos a considerar são: vasão da solução em cada perfil, oxigenação da solução pela própria engenharia utilizada na montagem da estrutura de produção, própria montagem da estrutura (reservatórios e encanamentos enterrados ou não), tipo de estufa e sua orientação além de outras particularidades de cada local e estrutura empregada na produção.

Diante disso, existe a necessidade de realizar mais estudos e em condições climáticas diferentes das registradas ao longo da condução deste trabalho, sendo que em condições mais extremas (verão e inverno característico) poderão contribuir mais para os estudos deste assunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM HC; HENZ GP; MATTOS LM. **Identificação dos tipos de rúcula comercializados no varejo do Distrito Federal**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Hortaliças 34: 1-13, 2007.

BONACHELA, S. et al. Oxygen enrichment of nutrient solution of substrate-grown vegetable crops under Mediterranean greenhouse conditions: oxygen content dynamics and crop response. **Spanish Journal of Agricultural Research**. V. 8, n. 4, p. 1231 – 1241, 2010.

FAQUIM, V.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 99-104, set./dez. 1999.

FONTES, P. C. R.. **Olericultura: teoria e prática**. 1. ed. Viçosa, MG, 2005.

FURLANI, P.R.et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. [s.n.] 52p. 1999. (Boletim Técnico 180).

MARTINEZ, H. E. P. et al. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). **UNIMAR**, Maringá, v. 19, n. 3, p. 721-740, 1997.

MATTOS, K. M. C. t al. Temperatura do ar no interior do canal de cultivo e crescimento da alface em função do material de cobertura da mesa de cultivo hidropônico – NFT. **Bragantia**, Campinas, 60, 253-260, 2001.

REGHIN, M. Y. et al. Efeito do espaçamento e do numero de mudas por cova na produção de rúcula nas estações de outono e inverno. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 953-959, set./out., 2005.

REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VINNE, J. V. D. Efeito da densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, 28: 287-295, 2004.

SCHMIDT, D. et al. Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira** v. 19, p. 122-126, 2001.

SUTTON, J. C. et al. Etiology and epidemiology of Pythium root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. **Summa phytopathologica**. Botucatu, v. 32, n. 4, Sept. 2006.