



Revista
Técnico-Científica



PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E FOTOSSINTÉTICOS DE AVEIA BRANCA SUBMETIDAS À SALINIDADE

¹Bruna Evelyn Paschoal Silva, ²Adrya Vanessa Lira Costa, ³Francine Zaiosc Simmi, ⁴Fernanda Reolon, ⁵Sidnei Deuner

¹Bióloga, Mestre em Fisiologia Vegetal – UFPEL, Doutoranda em Fisiologia Vegetal – UFPEL; ²Bióloga, Mestre em Fisiologia Vegetal – UFPEL, Doutoranda em Fisiologia Vegetal – UFPEL; ³Técnicóloga em Produção de Grãos, Mestre em Fisiologia Vegetal – UFPEL, Doutoranda em Fisiologia Vegetal – UFPEL; ⁴Bióloga, Mestre em Fisiologia Vegetal – UFPEL, Doutora em Fisiologia Vegetal – UFPEL; ⁵Agrônomo ¹Bióloga, Mestre em Fisiologia Vegetal – UFPEL, Doutor em Agronomia/Fisiologia Vegetal – UFLA, Professor do Programa de Pós Graduação em Fisiologia Vegetal – UFPEL

RESUMO: A aveia branca (*Avena sativa* L.), vem sendo bastante utilizada como sistema de rotação entre culturas pois tem grande capacidade de recuperação de solos, principalmente nos períodos de outono/inverno, se tornando assim uma alternativa economicamente viável para as regiões brasileiras de clima frio. Porém, devido as mudanças climáticas e a escassez de chuvas, fatores como a salinização do solo são capazes de impactar negativamente a produção desta cultura. Com isso, o objetivo deste trabalho, foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de NaCl nos parâmetros fisiológicos e fotossintéticos em plantas de aveia branca. O experimento foi realizado em casa de vegetação, as plantas foram submetidas a diferentes concentrações de NaCl (0, 50, 100 e 150mM) e 14, 21 e 28 dias após a semeadura, foram feitas as análises de trocas gasosas e medições com clorofilômetro, avaliando os índices de clorofila, flavonoides, antocianinas e balanço do nitrogênio. Os resultados obtidos no presente estudo demonstram que as plantas de aveia branca submetidas à concentrações maiores que 100mM de NaCl podem ter queda na produtividade devido à redução dos parâmetros analisados.

Palavras-chave: *Avena sativa*; fisiologia; salinidade.

PHYSIOLOGICAL AND PHOTOSYNTHETIC PARAMETERS OF WHITE OATS SUBMITTED TO SALINITY

ABSTRACT: White oat has been frequently used as a rotation system for different crops, because this plant has a great capacity for soil recovery, especially in winter and summer, thus becoming an economically viable alternative for Brazilian regions with cold weather. Nevertheless, due to climate change and poor levels of precipitation,

factors like soil salinization can cause a negative impact on these crops. With that being said, this paper's objective was to evaluate the effect of different NaCl concentration on the physiological and photosynthetic parameters of white oat plants. The experiment was conducted on a greenhouse, the plants were submitted to different NaCl concentrations (0, 50, 100 and 150 mM) and 14, 21 and 28 days after the seeding, gas exchange analysis and chlorophyll meter measurements were made, so the levels of chlorophyll, flavonoids, anthocyanins and nitrogen balance could be gauged. The results obtained in this research have showed that white oat plants exposed to NaCl concentrations over than 100mM might have a drop in productivity, caused by the decrease of the analyzed parameters.

Keywords: *Avena sativa; physiology; salinity.*

INTRODUÇÃO

A Aveia (*Avena sativa* L.) é uma importante cultura de cereais multiusos cultivadas para grãos, ração, forragem e palha em mais de 9 milhões de hectares globalmente (CASTRO, 2012). Seu cultivo começou muito mais tarde do que o trigo e a cevada, e acredita-se que sua dispersão teve início no Oriente próximo à Europa Central e Norte como uma impureza de sementes de trigo e cevada (SMULDERS et al, 2017).

Considerada uma planta anual, concentra seu desenvolvimento nos meses mais frios, sendo amplamente utilizada em sistemas de rotação de culturas durante períodos de outono/inverno (BRUNES, 2013; MACHADO, 2000; HAWERROTH et al., 2015). No Brasil, esta cultura teve fácil adaptação em estados da Região Sul como Rio Grande do Sul e Paraná, devido as condições climáticas, porém o estado do Mato Grosso do Sul também se destaca como grande produtor de aveia (CONAB, 2016).

Segundo dados do Conab (2016) apesar de não ser a principal cultura produzida nestas regiões, existem relatos de que em na safra de 2010/2011 para a de 2015, a área total de plantio cresceu cerca de 35.700 hectares, o que teoricamente aumentaria a produção, porém houve redução de 77.800 toneladas.

Uma das causas dessa queda nestas regiões que também vem sendo relatado com grave problema ambiental, é a elevada concentração de sais no solo que causa perdas consideráveis para agricultura nestes locais, tanto para ou cultivos já estabelecidos, como também pode inviabilizar a exploração de novas áreas agricultáveis (FLOWERS, 2004; MUNNS et al., 2006). Este fato ocorre não só devido a variação climática, com a diminuição das chuvas causando a obrigatoriedade do uso

de irrigação secundária, bem como manejo inadequado do solo (PEDROTTI et al., 2015), pois a degradação deste, ocorre quando são modificadas as suas características físicas, químicas e biológicas. O desgaste pode ser provocado por esgotamento, desmatamento, erosão, compactação, salinização e desertificação (MAJOR; SALES, 2012),

Em situações salinas os efeitos osmóticos e iônicos influenciam o solo promovendo alterações nas atividades fisiológicas, bioquímicas e metabólicas das células interferindo no processo de alongamento celular, afetando o crescimento da planta, ocasionando à morte da planta (TAIZ; ZEIGER, 2017), pois os distúrbios nutricionais afetam a disponibilidade, transporte e partição de nutrientes. Isso pode ser atribuído à concorrência de Na^+ e Cl^- com nutrientes como K^+ , Ca^{2+} e NO_3^- (HU; FROMM; SCHMIDHALTER, 2005).

Alguns dos efeitos mais relatados são observados no crescimento e desenvolvimento das plantas, incluindo folhas menores, amarelecimento de folhas, entrenós mais curtos, menor altura de planta, florescimento mais precoce e menor rendimento (THOUVENOT et al., 2012). Muitos pesquisadores estudaram os efeitos do estresse salino na fotossíntese das plantas, apontando evidências consideráveis de mudanças significativas no conteúdo de clorofila, na taxa fotossintética, na condutância estomática, na taxa de transpiração e eficiência de fixação do CO_2 (BONGI; LORETO, 1989; STEPIEN; KLOBUS, 2006; MOLES et al. 2016), que podem ocorrer devido a inibição da ribulose-1,5-difosfato carboxilase / oxigenase (Rubisco), enzima chave na assimilação de plantas C3 como a aveia branca.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de NaCl no desempenho fisiológico de plantas de aveia.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação e no Laboratório de Nutrição de Plantas pertencentes ao Programa de Pós-Graduação de Fisiologia Vegetal do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Campus Capão do Leão/RS, no período de setembro a dezembro de 2016. Foram utilizadas sementes de aveia branca (*Avena sativa* L.), estas foram semeadas em recipientes de polietileno com volume de 100mL, após a emergência das plântulas foi

realizada a aplicação de solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950) com modificações concomitante com 30mL de solução de cloreto de sódio (NaCl), nas concentrações de 0, 50, 100 e 150mM por recipiente a cada três dias. As plantas foram mantidas em casa de vegetação e posteriormente realizadas as seguintes avaliações:

Índice de clorofila (CHL), flavonoides (FLV), antocianinas (ANTH) e índice de balanço do nitrogênio (NBI): foram aferidos com auxílio de clorofilômetro (modelo Dualex FORCE-A, Orsay, France), aos 14, 21 e 28 dias após a emergência das plântulas, onde o índice de Flv é deduzido a partir de propriedades de absorção UV de flavonoides. Esta abordagem está relacionada à técnica de fluorescência utilizando dois comprimentos de onda de excitação: no comprimento de onda de UV (375 nm), absorvido por flavonoides, localizados principalmente na epiderme; e no comprimento de onda de referência que passa através da epiderme, sem ser absorvido antes de atingir a clorofila no mesofilo. A relação entre Chl/Flv permite a estimativa do índice de NBI (ABDALLAH, 2012).

Análise de trocas gasosas: realizada aos 28 dias após a emergência das plântulas, utilizando-se um sistema portátil de trocas gasosas IRGA (LICOR, modelo LI-6400). As determinações das trocas gasosas foram realizadas em um sistema aberto com densidade de fluxo de fótons fotossintético (PPFD) de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, e concentração interna de CO_2 na câmara fixada em $380 \mu\text{mol mol}^{-1}$. Serão determinados os seguintes parâmetros: taxa fotossintética líquida em luz saturante (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema simples, com quatro repetições, sendo cada repetição constituída por seis plantas. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. No caso de efeito significativo as variáveis quantitativas, foram submetidas à análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático, utilizando o software estatístico Sisvar versão 4.6 (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS

O índice de clorofila teve apresentou reduções significativas nas plantas de aveia (Figura 1). Aos 14 dias (A) o maior índice foi registrado nas plantas controle

(sem aplicação da concentração), nos 21 dias (B), o maior índice de clorofila foi registrado na concentração de 100mM de NaCl, já aos 28 dias (C) ocorreu uma redução no índice de clorofila de 60% quando compara a controle, sendo que, conforme aumento da concentração salina, menor foi o índice de clorofila.

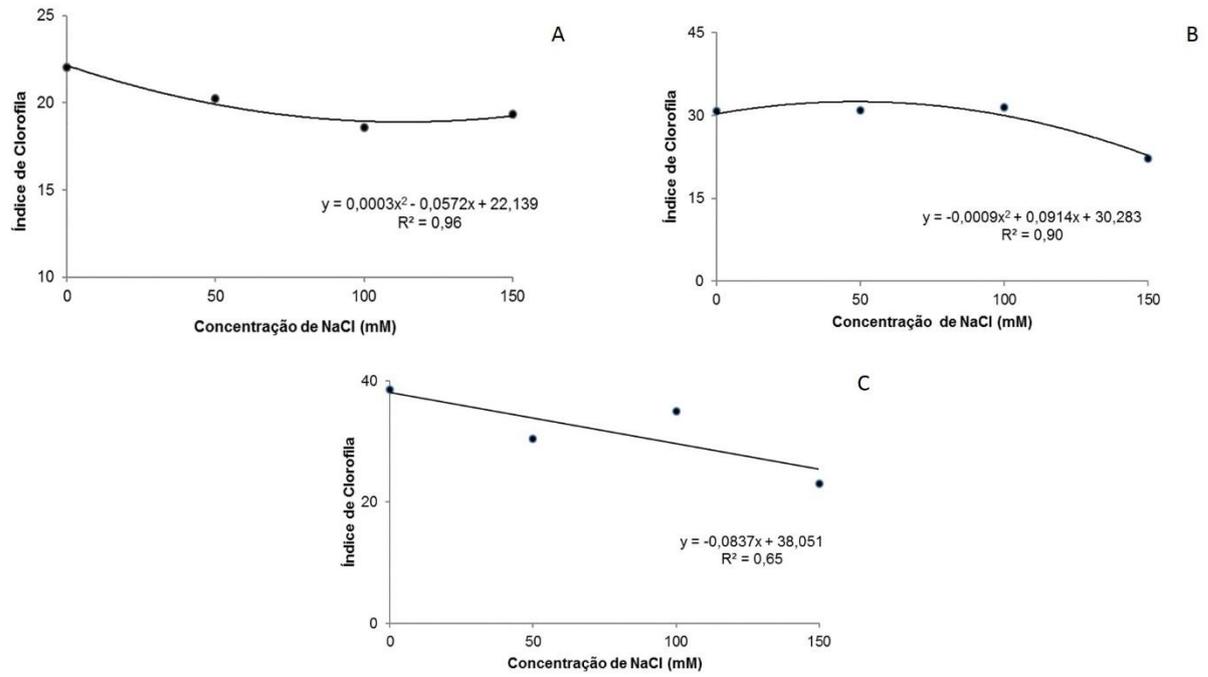


Figura 1: Avaliações do índice de clorofila aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) em plantas de aveia submetidas à salinidade.

O índice de flavonoides (Figura 2), demonstrou queda conforme foram realizadas as avaliações, sendo que, aos 14 (A) e 28 (C), não demonstraram interação significativa entre as diferentes concentrações de NaCl, porém, quando avaliado aos 21 dias (B) conforme alterações da concentração salina, também ocorreu aumento do índice de flavonoides.

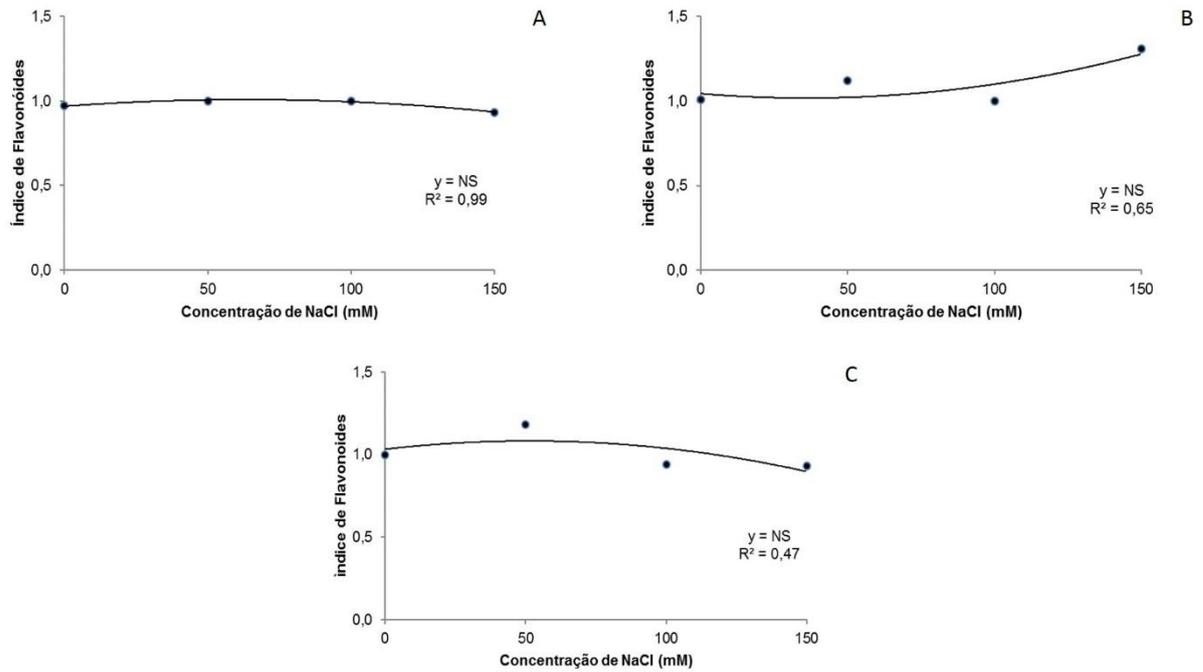


Figura 2: Avaliação do índice de flavonoides aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) em plantas de aveia submetidas à salinidade.

As antocianinas (Figura 3) aos 14 (A) e 21 (B) dias não apresentaram interação entre as concentrações de NaCl, já aos 28 dias, conforme aumento da concentração, ocorreu alteração no índice apenas em 150 NaCl (nM) (C).

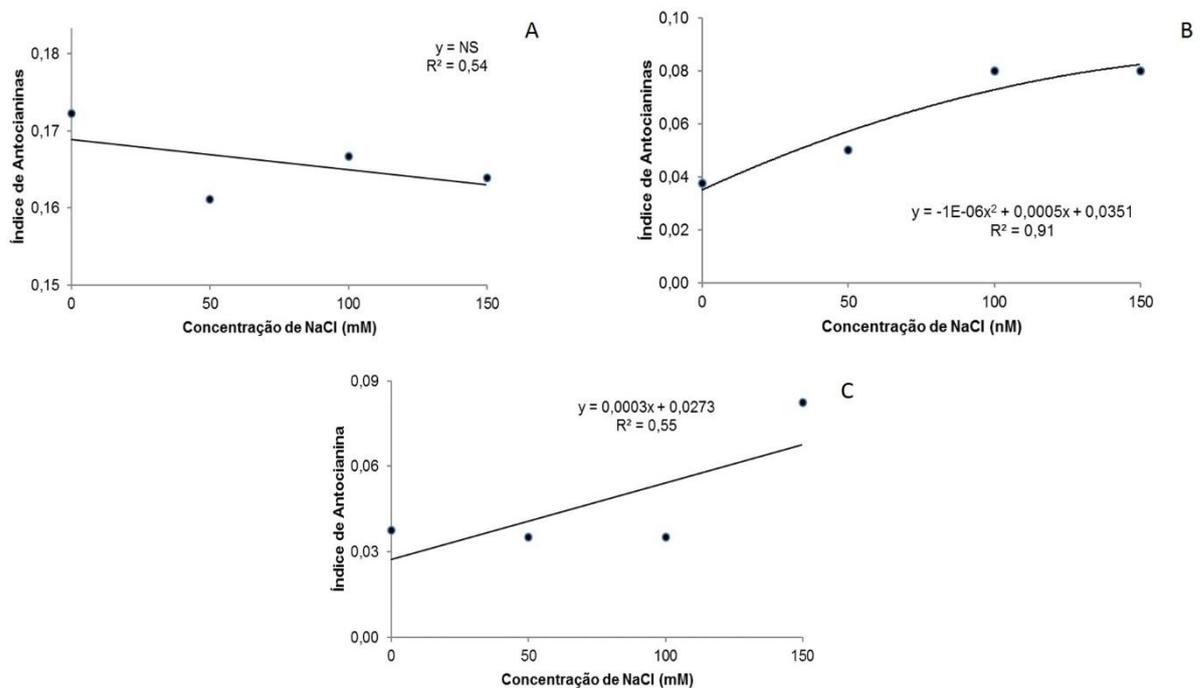


Figura 3: Avaliação do índice de antocianinas aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) em plantas de aveia submetidas à salinidade.

O balanço de nitrogênio apresentou interação significativa entre as concentrações salinas e o NBI respectivamente (Figura 4). Aos 14 dias (A) após a semeadura das plantas (DAS), os maiores valores foram registrados no tratamento controle, ocorrendo redução do NBI até a concentração de 100 NaCl (nM) e tendo um aumento na concentração de 150 NaCl (Nm). Na avaliação realizada aos 21 dias (B), o maior índice do balanço de nitrogenio foi registrado na concentração de 100 NaCl (nM). Aos 28 dias (C) possivelmente devido ao aumento da concentração salina, o maior índice do balanço de nitrogênio foi registrado em 100 de NaCl (nM).

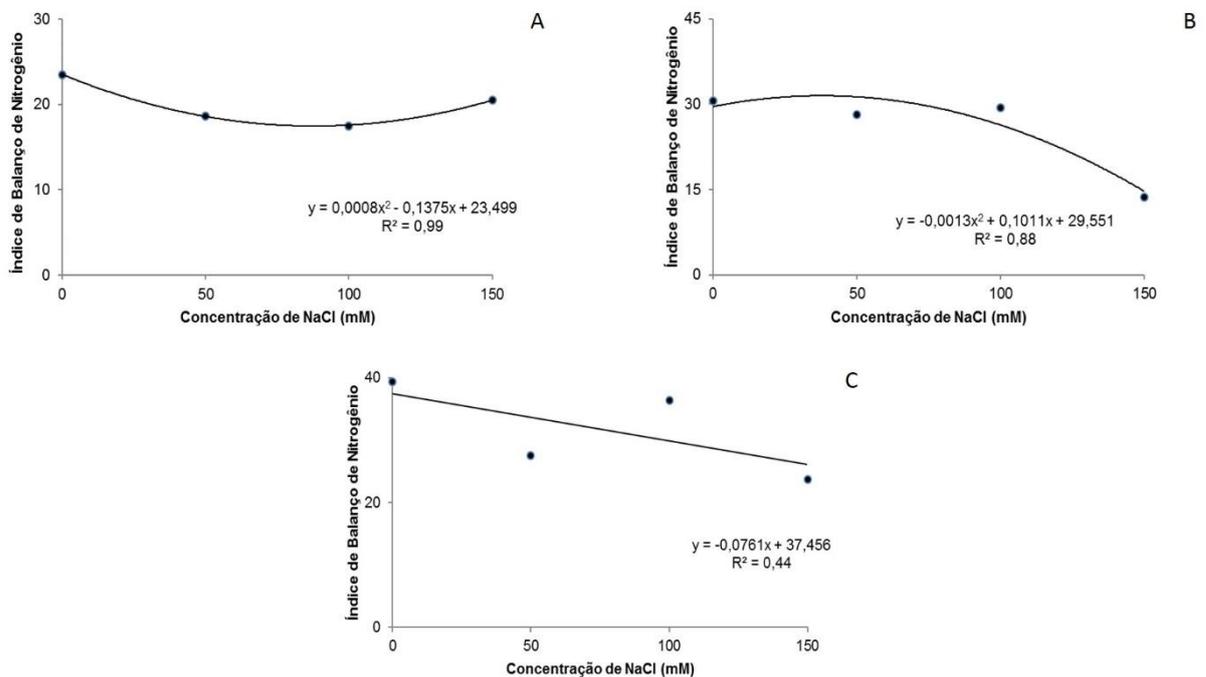


Figura 4: Avaliação do balanço de nitrogênio aos 14 (A), 21 (B) e 28 (C) em plantas de aveia submetidas à salinidade.

As avaliações dos parâmetros fotossintéticos realizada aos 21 dias (Figura 5), apresentou interação significativa entre as concentrações de NaCl e a taxa fotossintética ($A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (A), a condutância estomática ($G_s - \text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) (B) e a concentração interna de CO_2 ($C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$) (C). Todos os parâmetros fotossintéticos apresentaram comportamento linear negativo, com o aumento da concentração de NaCl (nM).

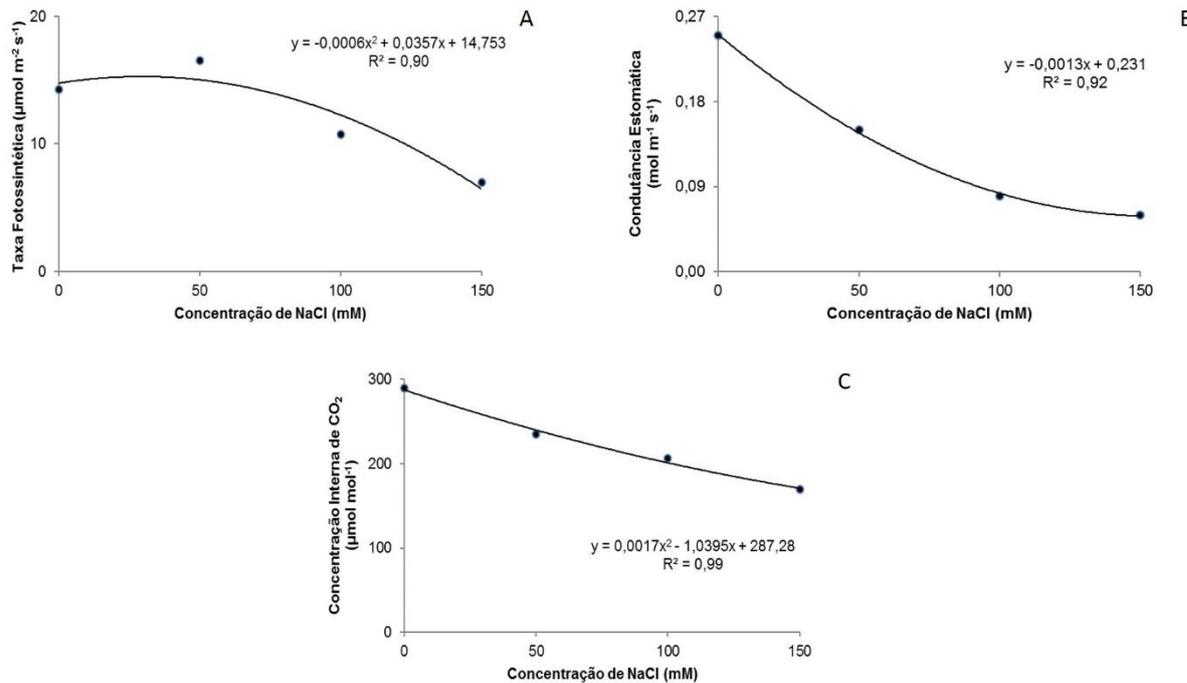


Figura 5: Avaliações dos parâmetros fotossintéticos realizado aos 21 dias após a semeadura, em plantas de aveia submetidas à salinidade. (A) condutância estomática de vapores de água; (B) Taxa fotossintética; e (C) Concentração interna de CO₂.

DISCUSSÃO

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais. As diferenças aparentes na cor do vegetal são devidas à presença e distribuição variável de outros pigmentos associados, como os carotenóides, os quais sempre acompanham as clorofilas (VON ELBE, 2000).

No presente trabalho, foram notadas alterações no índice de clorofila aos 21 dias após a emergência (DAE), o que possivelmente ocorreu pois quando em altas concentrações de sais nas folhas a síntese de ácido 5-aminolevulinato (SANTOS, 2004) é inibida, sendo que, esta é a molécula precursora da clorofila, e também promotora de alterações no processo respiratório, na assimilação do nitrogênio e no metabolismo de proteínas (PARIDA et al., 2005; MUNNS; TESTER, 2008).

Os flavonóides presentes nas plantas são compostos fenólicos, reconhecidos como potentes antioxidantes, que podem agir como redutores de oxigênio singleto, atuando nas reações de oxidação lipídica, assim como na quelação de metais (DASTMALCHI et al., 2008). A atividade antioxidante de compostos fenólicos deve-se principalmente às suas propriedades redutoras e estrutura química. Essas

características desempenham um papel importante na neutralização ou sequestro de radicais livres e quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação como na de propagação do processo oxidativo (CHUN, 2005; SOARES, 2002). Assim, o aumento das concentrações de NaCl ocasionou o excesso de fenóis, resultando na oxidação de compostos celulares, tendo possivelmente retardado o crescimento das plantas.

Após a clorofila, as antocianinas são o mais importante grupo de pigmentos de origem vegetal (HARBORNE; GRAYER, 1988). Compõem o maior grupo de pigmentos solúveis em água do reino vegetal e são encontradas em maior quantidade nas angiospermas (BRIDLE; TIMBERLAKE, 1997), sendo antioxidante, de proteção à ação da luz, mecanismo de defesa e função biológica. De modo geral, a síntese de antocianinas é induzida sob salinidade devido a oxidação causada (ERYLIMAZ, 2006) pois alterações no metabolismo em virtude do acúmulo de íons Na⁺ e Cl nos tecidos vegetais, ocasionam uma produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), podendo acarretar estresse oxidativo nas plantas (PARVAIZ; SATYAWATI, 2008)

Um dos elementos de maior importância para a nutrição das plantas, é o nitrogênio, pois é utilizado na síntese de compostos celulares como a clorofila (LIMA et al, 2001). Sendo assim, no presente trabalho, acredita-se que o aumento ocorrido no parâmetro NBI seja devido ao fato de que o nitrogênio apresenta função estrutural, podendo ter aumentado a resistência das plantas de aveia ao estresse realizando o seu ajustamento osmótico (PARIDA; DAS, 2005).

Quando avaliados os parâmetros fotossintéticos por meio das trocas gasosas, foi visto que houve um aumento na taxa de assimilação de CO₂, sendo este relacionado à maior concentração de CO₂ no interior das folhas, o que possivelmente pode decorrer do fechamento estomático em resposta aos estresses em todas as três concentrações ao qual foram submetidas às plantas de Aveia (JADOSKI et al., 2005). Esta concentração interna de CO₂ é importante porque a produtividade de uma planta pode ser analisada como o produto da energia solar interceptada e do CO₂ fixado durante um período (TAIZ E ZEIGER, 2017).

Na presença de quantidade adequada de luz e ausência de estresse, como déficit hídrico no caso deste experimento, concentrações mais altas de CO₂ sustentam taxas fotossintéticas elevadas, enquanto que em concentrações intercelulares de CO₂ muito baixas a fotossíntese é limitada. Com isso, houve também redução na

condutância estomática e taxa transpiratória, como alternativa da planta em aumentar a eficiência do uso da água, o que fez com que a taxa de fotossíntese também fosse reduzida (FERRAZ et al., 2012). A partir do ponto em que houve uma redução da condutância estomática como relatado por Daley et al. (1989), possivelmente, possa ter havido uma limitação na taxa de retenção de CO₂ e, conseqüentemente, a concentração Ci diminui nos espaços intercelulares devido ao consumo de CO₂ pela atividade fotossintética.

Em conseqüência ao estresse osmótico, o efeito da salinidade no metabolismo celular dos vegetais resulta da alta concentração de solutos na concentração do solo, provocando diminuição nos potenciais hídricos e osmótico, assim, o solo retém mais água o que diminui a quantidade em que a planta recebe (GHEYI, 2000). O estresse iônico, decorrente dos níveis elevados de Na⁺ e Cl⁻ (WILLADINO; CAMARA, 2010), pode acarretar toxicidade iônica e desequilíbrio nutricional, devido à deficiência de íons como potássio, cálcio, magnésio, fósforo e nitrato (CRAMER; EPSTEIN; LAUCHLI, 1990).

CONCLUSÃO

Plantas de aveia submetidas à concentrações maiores que 100mM de NaCl tem seu desempenho fisiológico prejudicado, sendo um sinal de possível redução da produtividade. A absorção de NaCl pelas plantas também promoveu um efeito tóxico causando a degradação da clorofila.

REFERÊNCIAS

ABDALLAH, F. B.; GOFFART, J. P. Potential indicators based on leaf flavonoids content for the evaluation of potato crop nitrogen status. In: **11th ICPA** Indianapolis Mi USA: p.1-18, 2012.

BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. **Food Chemistry**, v.58, n.1-2, p.103-109, 1997.

BRUNES, A. et al. Crescimento de plântulas de aveia branca submetidas ao estresse salino. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3455 – 3462, Mar. 2013.

CASTRO, G. S. A.; et al. Ecofisiologia da aveia branca. **Scientia Agraria Paranaensis** Volume 11, número 3, p.1-15, 2012

CHUN, S.-S.; VATEM, D. A.; LIN, Y.-T.; SHETTY, K.; **Process Biochem.** 2005.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acomp. safra bras. grãos**, v.2 - Safra 2014/15, n.6 - Sexto Levantamento, Brasília, p. 1-103, mar. 2015.

CRAMER, G. R.; EPSTEIN, E.; LAUCHLI A.; Effects of sodium, potassium and calcium on salt-stressed barley. I. Growth analysis. **PHYSIOLOGIA PLANTARUM** v. 80 p. 83-88. Copenhagen 1990.

DALEY, P.F.; RASCHKE, K.; BALL, J.Y.; BERRY, J.A. Topography of photosynthetic activity of leaves obtained from video images of chlorophyll fluorescence. **Plant Physiology**, v.90, p.1233-1238, 1989.

DASTMALCHI, K.; et al Chemical composition and in vitro antioxidative activity of a lemon balm (*Melissa officinalis* L.) extract. **LWT - Food Science and Technology**, v. 41, p. 391-400, 2008.

ERYLMAZ, F. The relationship between salt stress and anthocyanin content in higher plants. **Biotechnology and Biotechnological Equipment**. v. 20 p. 47-52. 2006.

FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; NUNES JÚNIOR, E.S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Revista Pesquisa Tropical**, v.42, p.181-188, 2012.

FERREIRA, D. F. **SISVAR versão 4.6**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

GHEYI, H. R. Problemas de salinidade na agricultura irrigada. In: OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JR., R. N.; ROMERO, R. E.; SILVA, J. R. C. (eds). **Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido**. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2000, p. 329-346.

HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J., The anthocyanins. In: The flavonoids: advances in research since 1980. **Chapman & Hall**, London, p. 1-20, 1988.

HAWERROTH M. C. et al. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.2, p.115-125, fev. 2015

HU, Y.; FROMM, J.; SCHMIDHALTER, U.; Effect of salinity on tissue architecture in expanding wheat leaves. **Planta**. n. 220 p. 838–848. 2005.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soils. **Berkeley: California Agricultural Experimental Station**, 347p., 1950.

JADOSKI, S.O.; KLAR, A.E.; SALVADOR, E.D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, v.1, p.11-19, 2005.

LIMA, E. V. et al. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, v.58, p.125-129, 2001.

MACHADO, L. A. Z. Aveia: forragem e cobertura de solo. Mato Grosso do Sul: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2000. 16 p. (Coleção Sistema Plantio Direto, 3).

MAJOR, I.; SALES, J. C. 2012. **Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<http://www.fdr.com.br/mudancasclimaticas/index.php>> com acesso em fevereiro de 2018.

MUNNS, R.; TESTER M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 651-681, 2008.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Saafey**, v. 60, p. 324-349, 2005.

PEDROTTI, A. et al.; Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria, v. 19, n. 2, , p. 1308-1324. mai-ago. 2015.

SANTOS, C. V. Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.103, p. 93-99, 2004.

SILVA, R. N.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M; PEREIRA, A. L.; DUARTE, G. L. Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, p. 40-44, 2007.

SILVEIRA, J. A. G. Antioxidative enzymatic protection in leaves of two constrasting cowpea cultivars under salinity. **Biologia Plantarum**, v.54, p.159-163, 2010.

SMULDERS M. J. M. et al. Oats in healthy gluten-free and regular diets: A perspective. **Food Research International**. 2017.

SOARES, S. E.; **Rev. Nutr.** 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 6. Ed. Porto Alegre: **Artmed**, 2017.

VON ELBE J.H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza : Wisconsin - Madison, 2000. Cap.10, p.782-799.

WILLADINO, L.; CAMARA, T. R. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, p. 1-23, 2010.