

ASPECTOS MORFOFISIOLÓGICOS E ACÚMULO DE NaCl EM FOLHAS DE COUVE HIDROPÔNICA

M. G. F. da Paz¹, P. C. Viana², A. H. P. Ferreira³, T. A. D. Oliveira⁴,
T. M. Soares⁵, B. S. Damasceno⁶

RESUMO: Plantas de couve foram cultivadas em sistema hidropônico do tipo NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes) com uso exclusivo de águas salobras, objetivando-se avaliar o grau de succulência, esclerofilia e acúmulo de NaCl nas folhas. Os tratamentos avaliados foram constituídos de quatro níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 2,0; 3,0; e 5,0 dS m⁻¹, obtidos pela adição de NaCl à água doce local, sendo o nível de 0,3 dS m⁻¹ o tratamento testemunha, com delineamento experimental em blocos casualizados com cinco repetições, totalizando 20 parcelas. A succulência e o índice de esclerofilia aumentaram em 13 e 25% no nível mais salino em comparação as plantas testemunha respectivamente. O acúmulo de Na⁺ e Cl⁻ nas folhas de couve apresentou uma tendência linear crescente de acordo com a concentração de NaCl da solução nutritiva. Com base nos resultados expostos no presente ensaio, pode-se concluir que o aumento da succulência pode estar relacionado a um aumento da espessura das folhas de couve, tanto para armazenamento de água como para diluição dos íons tóxicos Na⁺ e Cl⁻, uma vez que o acúmulo desses íons também foi crescente.

PALAVRAS-CHAVE: estresse salino, águas salobras, íons tóxicos

MORPHOPHYSIOLOGICAL ASPECTS AND NaCl ACUMULUS IN HYDROPONIC CABBAGE

ABSTRACT: Cabbage plants were cultivated in a hydroponic system of NFT (Laminar Nutrient Flow Technique) with exclusive use of brackish water, aiming to evaluate the degree of succulence, sclerophilism and accumulation of NaCl in the leaves. The evaluated treatments consisted of four levels of electrical conductivity of water (CEa), which are: 0.3; 2.0; 3.0; And 5.0 dS m⁻¹, obtained by the addition of NaCl to the local fresh water, with a control level of 0.3

¹Acadêmica em Agronomia, UFRB, Caixa Postal 118, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA. Fone (73) 9134-1284. Email: manoelagfpaz@gmail.com;

²Doutoranda, NEAS/CCAAB/UFRB. Cruz das Almas - Bahia. Email: paulinhatmgm@hotmail.com;

³Acadêmico em Agronomia, UFRB-Cruz das Almas - Bahia. Email: afonsohenriqueferreira@hotmail.com;

⁴Acadêmica em Agronomia, UFRB-Cruz das Almas - Bahia. Email: taiseoliveira85@gmail.com;

⁵Prof. Doutor, NEAS/CCAAB/UFRB, Cruz das Almas - Bahia. Email: talesmiller@gmail.com;

⁶Acadêmica em Agronomia, UFRB-Cruz das Almas - Bahia. Email: beatrizd001@hotmail.com.

dS m⁻¹, with a randomized complete block design with five replications, totaling 20 plots. The succulence and sclerophilic index increased by 13 and 25% at the saline level compared to the control plants, respectively. The accumulation of Na⁺ and Cl⁻ in the cabbage leaves presented an increasing linear trend according to the NaCl concentration of the nutrient solution. Based on the results presented in the present study, it can be concluded that the increase in juiciness may be related to an increase in the thickness of cabbage leaves, both for water storage and for the dilution of Na⁺ and Cl⁻ toxic ions, since the accumulation of these ions was also increasing.

KEY WORDS: saline stress, brackish water, toxic ions

INTRODUÇÃO

A escassez de água configura-se como um problema limitante para a agricultura. Quando existe uma quantidade de água disponível, a mesma tende a apresentar qualidade inferior. Esse tipo de situação é percebida principalmente em Regiões Semiáridas, cujas características edafoclimáticas contribuem para tais efeitos. A baixa pluviosidade, altas temperaturas, e a alta taxa de evaporação, são fatores que precisam ser driblados para que ocorra um maior desempenho dos cultivos agrícolas.

A irrigação é compreendida como uma técnica de fundamental importância em regiões áridas e semiáridas (Aragues et al., 2011). Os sistemas de irrigação apesar de serem elementos que incrementam a produtividade, quando utilizados de maneira inadequada podem causar a degradação do solo.

Segundo Mota et al. (2012) a estimativa é que no Brasil 20 a 25% das áreas que utilizam irrigação apresentam problemas de salinidade assim como de drenagem, dando destaque aos solos aluviais. No nordeste brasileiro, estima-se que 40% das terras irrigadas são afetadas pela salinidade (Brito & Andrade, 2010).

Diante disso existe a necessidade de lançar novas alternativas para o aproveitamento de águas salobras, com intuito de promover uma alternativa para produtores que só dispõem desse tipo de água, como consequência haveria uma redução considerável dos problemas de solo salinizados. Pensando nisso, tem-se investigado sobre o aproveitamento dessas águas em sistema hidropônico em ambiente protegido na produção de hortaliças, (Soares et al., 2010, na cultura da alface; Silva et al., 2016 para o coentro e Cova et al., 2017 também em alface) com o objetivo de identificar a melhor tecnologia para satisfazer os requerimentos de água pelas plantas, proporcionando assim uma alternativa econômica para produtores que dispõem apenas

desse recurso. Em se tratando da couve-folha não se tem visto estudos sobre a produção dessa cultura com o aproveitamento de águas salobras na hidroponia.

A couve é classificada como hortaliça herbácea folhosa rica em vitaminas A, K, B1 e C, também conhecida como fonte de cálcio (Bevilacqua, 2011), pertencente à família Brassicaceae, que possui amplo espectro de variedades botânicas. A couve folha é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil, típica de clima frio, muito embora vem mostrando que se adapta bem a regiões onde a temperatura são altas como no Nordeste (Filgueira, 2008).

Em plantas cultivadas com águas salobras podem ocorrer efeitos prejudiciais em decorrência do estresse salino, como desordens metabólicas causadas pelo acúmulo de Na^+ e Cl^- nas células das plantas (Geilfus et al., 2015). Os íons normalmente acumulados sob estresse salino são o Na^+ , K^+ e Cl^- . A acumulação do Na^+ normalmente interfere nos processos fisiológicos e bioquímicos dependentes do K^+ , resultando em alterações metabólicas desfavoráveis ao desenvolvimento da planta (Alves et al., 2012; Mekawy et al., 2015).

Plantas cultivadas em soluções nutritivas cujas concentrações de NaCl são elevadas tendem a apresentar altas concentrações de íons tóxicos nos tecidos, bem como, apresentam modificações morfofisiológicas de adaptação ao estresse salino, baseado nesse contexto objetivou-se com esse estudo avaliar o grau de suculência, esclerofilia e acúmulo de NaCl em folhas de couve hidropônica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido de 19/05/2016 a 30/09/2016 em casa-de-vegetação tipo em arco geminada, instalada nas dependências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB, na cidade de Cruz das Almas-BA.

A cultura utilizada foi a couve-folha (*Brassica oleracea L. var. acephala*), adotando-se a cultivar 'Top Bunch' do grupo manteiga, da SAKATA. As sementes de couve-folha foram semeadas no dia 19/05/2016 em copos descartáveis contendo substrato derivado de fibra de coco e vermiculita. As mudas foram irrigadas inicialmente apenas com água doce e, do oitavo dia até o décimo quarto dia após a semeadura, com solução nutritiva padrão diluída a 50%, a partir daí foram irrigadas com solução nutritiva a 100% segundo a formulação de FURLANI et al. (1998).

A solução nutritiva empregada tanto na produção das mudas quanto no cultivo foi baseada em Furlani (1998), a qual é indicada para hortaliças folhosas, sendo caracterizada com

condutividade elétrica (CE) ao redor de 2 dS m⁻¹ quando composta a partir de água com baixa salinidade (CE < 0,5 dS m⁻¹). O transplântio das mudas para as calhas do sistema NFT, ocorreu 28 DAS, momento em que se iniciaram os tratamentos.

O experimento foi conduzido em blocos aleatorizados, com 7 repetições, sendo os tratamentos formados por diferentes níveis de salinidade da água, quais sejam: 0,3; 1,0; 2,0; 3,0, 4,0 e 5,0 dS m⁻¹ produzidos pela adição de NaCl à água doce local, totalizando 42 parcelas. O nível 0,3 dS m⁻¹ refere-se à testemunha, ou seja, água sem adição artificial de sais. A água salobra foi usada tanto para o preparo da solução nutritiva quanto para a reposição das perdas por evaporação, havendo um crescimento contínuo da salinidade ao longo do tempo. Após adição dos nutrientes, essas águas produziram soluções nutritivas hidropônicas com CESOL de 2,3; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 e 7,0 dS m⁻¹ respectivamente.

Para a análise da concentração de nutrientes nas folhas de couve, avaliou-se apenas quatro níveis de condutividade elétrica da água (CEa), quais sejam: 0,3; 2,0; 3,0; e 5,0 dS m⁻¹, com cinco repetições, totalizando 20 parcelas das 42 instaladas, com plantas colhidas aos 105 dias após o transplântio (DAT).

As folhas frescas de couve hidropônica foram acondicionadas em sacos de papel identificados e postos para secar em estufa de circulação forçada com temperatura regulada para 65°C (± 1°C) até atingirem peso constante em balança com precisão de 0,01. Após a secagem as folhas foram moídas em um micro moinho de facas tipo Wiley TE-648 e logo após ensacadas e identificadas foram enviadas ao Laboratório de Análises Químicas de Solos e Plantas da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte), para determinação dos níveis de nutrientes e possíveis acúmulos de elementos em níveis fitotóxicos ou capazes de comprometer a segurança alimentar. A concentração de nutrientes foi determinada conforme metodologia proposta por Miyazawa et al. (1999).

A suculência foliar e o índice de esclerofilia (IE) foram calculados de acordo com as equações propostas por Benincasa (2003), descritas abaixo como Eq. (1) e (2) respectivamente:

$$SUC = \left(\frac{MFF - MSF}{AF} \right) \quad (1)$$

Em que:

SUC – suculência, mg H₂O cm⁻²;

MFF – massa fresca das folhas, g;

MSF – massa seca das folhas, g;

AF – área foliar, cm².

$$IE = \frac{MSF}{AF} \quad (2)$$

Em que:

IE – índice de esclerofilia, mg MS cm⁻²;

AF – área foliar, cm².

Mediante aplicação do teste F da análise de variância (ANAVA), avaliou-se a significância dos tratamentos. As águas salobras artificiais (produzidas pela adição de NaCl) constituíram tratamentos quantitativos, sendo seu efeito avaliado mediante análise de regressão.

Os dados das variáveis de interesse foram tabulados e previamente processados no Microsoft Excel 2007, sendo a análise estatística executada no programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o resultado da análise de variância e de regressão observa-se que todas as variáveis analisadas foram significativamente influenciadas pela condutividade elétrica da água ($p < 0,05$) (Tabela 1). Durante o período experimental não foram observados sintomas de toxidez ou de desequilíbrio nutricional, mesmo nos tratamentos mais salinos.

A concentração foliar de Cl⁻ e Na⁺ de couve folha hidropônica em função da condutividade elétrica da água está representada na Figura 1. Os teores de Na⁺ aumentaram linearmente com a salinidade da água. A concentração média de Na⁺ foi 12,45 g kg⁻¹ para o tratamento controle (0,36 dSm⁻¹) e 30,55 g kg⁻¹ para o nível mais salino (5 dSm⁻¹), ou seja, a concentração de Na⁺ nas folhas das plantas controle foi 18 g kg⁻¹ menor do que nas folhas do nível mais salino, a concentração de Na⁺ tanto para os tratamentos com CEa de 2 e 3 dSm⁻¹ foi a mesma, com a média de 26,62 g kg⁻¹, isso aconteceu provavelmente devido os níveis testados terem diferença apenas de 1 dSm⁻¹, sugere-se portanto, que maiores concentração de Na⁺ nas folhas de couve se dão a níveis mais elevados deste íon na solução nutritiva.

O Na⁺ pode interferir na absorção de nutrientes antes mesmo de ser absorvido pela planta isso ocorre devido a competição de íons na solução. As lesões causadas pelo sódio nas folhas promovem redução da área foliar e conseqüentemente da taxa transpiratória o que contribui para a diminuição da assimilação de íons decorrentes. Purty et al. 2008 em trabalho sobre uma visão geral da tolerância de brassicas a salinidade, notaram que quando aumentavam o tempo

de exposição das plantas aos sais os teores de sódio eram maiores e inversamente proporcionais ao sódio os teores K^+ diminuíam.

A concentração de cloreto nas folhas de couve hidropônica segue uma distribuição de acordo com a concentração de NaCl na solução nutritiva, ou seja, aumentou com o incremento da salinidade da água ($p < 0,05$) (Figura 1). A concentração média de Cl^- foi de $9,50 \text{ g kg}^{-1}$ para o menor nível testado ($0,36 \text{ dS m}^{-1}$) e $24,50 \text{ g kg}^{-1}$ para o nível mais salino (5 dS m^{-1}), ou seja, a concentração de Cl^- nas folhas das plantas testemunha foi 15 g kg^{-1} menor do que nas folhas do nível mais salino.

O aumento de Cl^- nas folhas de couve hidropônica pode ser considerado lógico uma vez que o Cl^- foi adicionado em quantidade à solução nutritiva. O Cl^- está entre os principais íons que produzem distúrbios fisiológicos nas plantas, sendo considerado o mais perigoso (White et al., 2014). O cloreto em altas concentrações pode reduzir a capacidade fotossintética e o rendimento quântico devido à degradação da clorofila (Tavakkoli et al., 2010).

Quanto ao aumento do conteúdo de Cl^- nas folhas de hortaliças submetidas a salinidade, Niñirola et al. (2014) em cultivo hidropônico de alface babyleaf cultivadas em hidroponia com águas salobras observaram aumento da concentração de Cl^- nas folhas com o incremento da salinidade.

A suculência foliar cresceu linearmente em função dos níveis de salinidade da água sendo 13% maior no tratamento mais salino (5 dS m^{-1}) em relação ao tratamento controle ($0,36 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 2), o mesmo aconteceu para o índice de esclerofilia cujos valores cresceram linearmente em função da condutividade elétrica da água, sendo 25% maior nas plantas mais estressadas em relação as plantas controle (Figura 3). Sugere-se portanto, que concentrações altas de NaCl influenciam diretamente nas características morfofisiológicas das plantas.

Estudos feitos por Reddy (1990) demonstraram que quando se aplica cloreto nas folhas, elas tendem a evidenciar a esclerofilia, que consiste no aumento de peso específico. De acordo com Oliveira et al. (2012) as plantas quando expostas a ambientes salinos, criam mecanismos para superar estresses, como por exemplo, o aumento da espessura de folhas que se refere a suculência, e essa expansão está interligada a um armazenamento de água para que assim impulse a diluição de íons tóxicos.

CONCLUSÕES

O aumento da suculência pode estar relacionado a um aumento da espessura das folhas de couve, tanto para armazenamento de água como para diluição dos íons tóxicos Na^+ e Cl^- , uma vez que o acúmulo desses íons também foi crescente.

A salinidade aumenta o índice de esclerofilia nas folhas de couve hidropônica como mecanismo de tolerância a salinidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F. A. L.; SILVA, S. L. F.; ARAÚJO, A. T. B. D.; PEREIRA, V. L. A.; SILVEIRA, J. A. G. Cinética de absorção de K^+ na ausência e presença de Na^+ em raízes de cajueiro. Revista Ciência Agronômica, v.43, p. 439-445, 2012.

ARAGÜÉS, R.; URDANOZ, V.; ÇETIN, M.; KIRDA, C.; DAGHARI, H.; LTIFI W.; LAHLOU, M.; DOUAÏK, A. Soil salinity related to physical soil characteristics and irrigation management in four Mediterranean irrigation districts. Agricultural Water Management, v.98, p. 959-966, 2011.

BENINCASA, M. M. P (2003). Análise de crescimento de plantas: noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: Funep. Brazil, 2003. 41 p.

BEVILACQUA, H. E. C. R. Classificação das hortaliças, p.1-6. In H.E.C.R. Bevilacqua (ed.), Cultivo de hortaliças. São Paulo, Prefeitura de São Paulo, 85p, 2011a.

BRITO, R. A. L.; ANDRADE, C. L. T. Qualidade da água na agricultura e meio ambiente. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.31, n.259, p50-57, 2010.

COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A.D.; SOARES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.21, n.3, p.150-155, 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. Ciência & Agrotecnologia, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 421p, 2008.

FURLANI, P.R. Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT. Campinas: IAC, 1998. 30 p. (IAC. Boletim Técnico, 168).

GEILFUS, C. NIEHAUS, K.; GÖDDE, V.; HASLER, M.; ZORB, C.; GORZOLKA, K.; JEZEK, M.; SENBAYRAM, M.; MÜLLER, J. L.; MÜHLING, K. H. Fast responses of metabolites in *Vicia faba* L. to moderate NaCl stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, Versailles, v. 92, p. 19-29, 2015.

MEKAWY, A. M. M. ASSAHA, D. V. M.; YAHAGI, H.; TADA, Y.; UEDA, A.; SANEOKA, H. Growth, physiological adaptation, and gene expression analysis of two Egyptian rice cultivars under salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 87, p. 17-25, 2015.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. de S. do; MELLO, W. J. de. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. da. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Rio de Janeiro: Embrapa Solos / Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, p.171-223, 1999.

MOTA, L. H. S. O.; GOMES, A. S.; VALLADARES, G. S.; MAGALHÃES, R. M. F.; LEITE, H. M. F.; SILVA, T. A. Risco de salinização das terras do baixo Acaraú (CE). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, p. 1203-1209, 2012.

NIÑIROLA, E. C.; FERNANDEZ, J. A.; GILABERT, C. E. Influencia de la salinidad de la solución nutritiva en la calidad y producción de dos cultivares de lechuga baby leaf. *HortScience*. 2014.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; OLIVEIRA, M. K. T.; FREIRE, A. G. Sensibilidade do algodoeiro ao cloreto de mepiquat em condições salinas. *Rev. Ciênc. Agron.*, vol.43, nº3 p. 484-492.2012.

PURTY, R. S.; KUMAR, GAUTAM, K.; SINGLA-PAREEK, S. L.; PAREEK, A. Towards salinity tolerance in *Brassica*: an overview. *Physiol. Mol. Biol. Plantas*, 14 (1 & 2) -JAN. & ABRIL DE 2008.

REDDY, V. R., BAKER, D. N., HODGES, H. F. Temperature and mepiquat chloride on cotton canopy architecture. *Agronomy Journal*, v. 82, p. 190-195, 1990.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. S.; SILVA FILHO, J. A.; CARMO, F. F. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 20, n. 5, p. 447-454, 2016.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F.; JORGE, C. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 705–714, 2010.

TAVAKKOLI, E.; RENGASAMY, P.; MCDONALD, G. K. High concentrations of Na^+ and Cl^- ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress. *Journal of Experimental Botany*, v. 61, p. 4449-4459, 2010.

WHITE A. C.; COLMERT. D.; CAWTHRAYG. R.; HANLEYM. E.: Variable response of three *Trifolium repens* ecotypes to soil flooding by seawater. *Annals of Botany*, 114: 347–355, 2014.

Tabela 1. Resumo da análise de variância da regressão para índice de esclerofilia, suculência e concentração de sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) em folhas de couve hidropônica, em função da condutividade elétrica da água

FV	GL	Quadrado Médio			
		IE	SUC	Na^+	Cl^-
Bloco	4	0,026509 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	9,244492 ^{ns}	16.8575 ^{ns}
CEa	3	0,644044 ^{**}	0,000013 ^{**}	316.845907 ^{**}	219.479167 ^{**}
Erro	12	0,029089	8,31E-0007	6,724453	12.708333
CV (%)		5,44	3,34	10,78	18,64

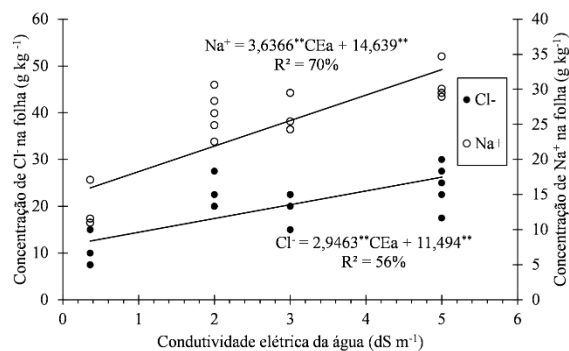


Figura 1. Concentração foliar de Cl^- e Na^+ de couve-folha hidropônica em função da condutividade elétrica da água

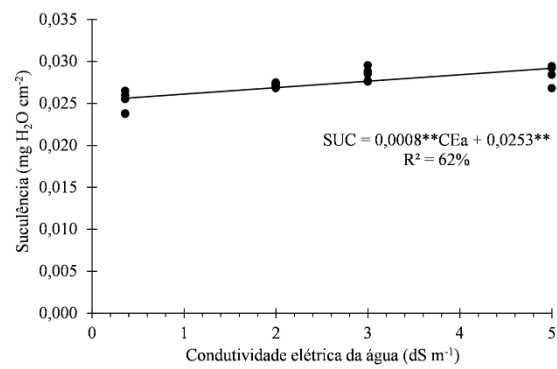


Figura 2. Suculência foliar de planta de couve-folha hidropônica em função da condutividade elétrica da água

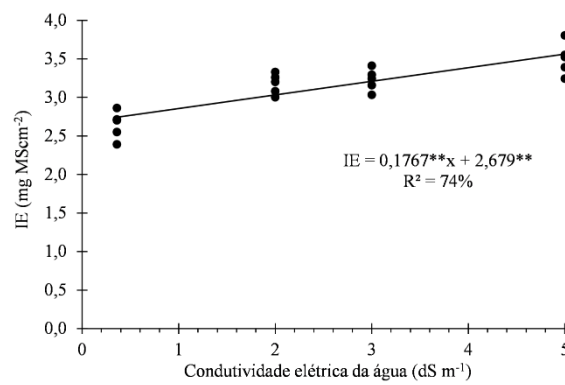


Figura 3. Índice de esclerofilia de folhas de couve hidropônica em função da condutividade elétrica da água