

USO DE CAMALHÕES DE BASE LARGA PARA A VIABILIZAÇÃO DO CULTIVO DE SOJA EM TERRAS BAIXAS

RICARDO BENETTI ROSSO¹; MARCIA XAVIER PEITER²; ADROALDO DIAS ROBAINA³; ROGÉRIO RICALDE TORRES⁴ E JARDEL HENRIQUE KIRCHNER⁵

¹Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal Catarinense, Campus Concórdia, SC, Brasil, CEP: 89703-720, ricardo.rosso@ifc.edu.br.

²Eng. Agrônoma, Doutora, Professora Associada do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97195-000, mpeiter@gmail.com.

³Eng. Agrônomo, Doutor, Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil, CEP: 97195-000, diasrobaina@gmail.com.

⁴Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Vacaria, RS, Brasil, CEP: 95219-899, rogerio.torres@vacaria.ifrs.edu.br

⁵Eng. Agrônomo, Doutor, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Ibirubá, RS, Brasil, CEP: 98200-000, jardel.kirchner@ibiruba.ifrs.edu.br.

1 RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul possui extensas áreas de terras baixas que são predominantemente ocupadas pela orizicultura que nos últimos anos vem enfrentando sérios problemas. A alternativa encontrada foi o cultivo de soja nestas áreas. Porém, estas áreas apresentam restrições físicas do solo, como por exemplo a má drenagem, que acarreta na elevação do nível freático próximo a superfície. Neste sentido, foi realizado um estudo com objetivo de avaliar a utilização de técnicas de drenagem, para viabilizar o cultivo de soja, através do rebaixamento do nível freático. Estas técnicas de drenagem são compostas pelos camalhões de base larga de 22,5; 15 e 7,5 m e a drenagem superficial. Como parâmetros de avaliação da eficiência no rebaixamento do nível freático foram utilizados os índices SEW₃₀ SC_{mod} e IDS, e também a produtividade e os componentes de produção da soja. Os resultados, demonstraram a eficiência do camalhão de base larga no rebaixamento do nível freático em comparação a drenagem superficial. Assim recomenda-se a utilização de camalhões de base larga de 7,5 e 15 m para o cultivo de soja em terras baixas.

Palavras chave; drenagem, SEW₃₀, nível freático, várzea.

**ROSSO R. B.; PEITER M. X.; ROBAINA A. D.; TORRES R.R.; KIRCHNER J. H.
USE OF BROAD BED FURROW FOR FEASIBILITY OF SOYBEAN CULTIVATION
IN LOWLANDS**

2 ABSTRACT

The state of Rio Grande do Sul has extensive lowland areas predominantly occupied by rice cultivation, which in recent years has been experiencing serious problems. The alternative found was to implement soybean cultivation in these areas. However, they present physical soil restrictions, such as poor drainage, which leads to elevation of the water table near the surface. In this sense, a study was carried out with the objective of evaluating the use of drainage techniques to enable soybean cultivation by lowering the water table. The drainage techniques

were composed of a broad bed ridge of 22.5, 15 and 7.5 meters and surface drainage. SEW30, SCmod and IDS indices, as well the productivity and components of soybean production, were used as parameters for the evaluation of efficiency in lowering the water table. Among the broad bed ridges, 7.5 m wide and 15 m wide base were the most successful in the two harvests. Thus, the use of 7.5 and 15 m wide broad bed for cultivation of soybeans in lowlands is recommended.

Keywords: drainage, SEW30, water table, lowland.

3 INTRODUÇÃO

No atual cenário da orizicultura no estado do Rio Grande do Sul, o setor busca alternativas para tornar-se mais competitivo e rentável. Essa busca por novas opções se deve, principalmente, aos problemas no controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado (MARCHESAN, 2016). O uso de culturas alternativas em áreas de várzeas ou terras baixas, pode se tornar uma opção a este problema.

As áreas de várzeas ou terras baixas, no estado do Rio Grande do Sul ocupam cerca 5,4 milhões de hectares (GOMES; PAULETTO, 1999). Segundo o Instituto Rio Grandense do Arroz (2015), na safra 2014/15 o estado do Rio Grande do Sul cultivou com o cereal a área de 1.125.782 hectares. A partir destas informações restam 4,4 milhões de hectares de várzeas ou terras baixas, que podem estar sendo ocupados por vegetação nativa, pecuária no sistema extensivo e a rotação de culturas consorciadas com o arroz irrigado. Entretanto, Vedelago et al. (2012), afirmam que, em torno de 3 milhões de hectares possuem condutos para a irrigação e vala de drenagem, o que é a estrutura mínima para o cultivo de arroz irrigado. Assim, de posse destas informações podemos considerar que ainda existem 1,875 milhões de hectares que se encontram em subutilização, e que podem teoricamente ser utilizados para cultivos alternativos ao arroz irrigado.

A rotação de culturas nestas áreas enfrenta vários problemas para a sua consolidação, principalmente devido a problemas de drenagem agrícola. De acordo

com Sá, Cruciani, e Minami (2003) solos com características hidromórficas apresentam umidade do solo excessiva e pequena disponibilidade de oxigênio, em virtude de eventuais flutuações do nível do lençol freático ou alagamentos temporários causados devido a problemas de drenagem e precipitações pluviométricas em grandes volumes. Sartori et al. (2015), afirmam que, os solos de várzea ou de terras baixas apresentam má drenagem, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial e permeabilidade lenta ou muito lenta.

Segundo Gazolla-Neto et al. (2012), em solos de terras baixas, a adaptação de espécies que possuam capacidade de geração de renda ao produtor é um grande desafio. Isto se deve, principalmente, à intolerância que estas espécies apresentem tolerância ao encharcamento do solo. Tentando suprir esta lacuna, alguns genótipos de soja têm sido avaliados como alternativa para estas áreas. Segundo Thomas e Costa (2010) a cultura da soja é uma excelente alternativa, pois esta cultura é originária de áreas mal drenadas da região norte da China.

Segundo Bajgain et al. (2015) a cultura da soja que é cultivada em condições de excesso hídrico no solo não alcança seu máximo potencial produtivo. Kuswantoro et al. (2015) relatam que as plantas possuem estratégias para manter a sua sobrevivência, como por exemplo, a soja em condições de excesso hídrico no solo forma novas raízes adventícias acima da superfície do solo, que substituem a raiz principal, que pode ter sido danificada devido ao alagamento.

Assim, o estudo de técnicas de drenagem, a partir de camalhões de base larga e drenagem superficial, são fundamentais para o desenvolvimento de culturas alternativas. Giacomeli et al. (2016) relatam que em cultivos de milho em planossolos na região central do Rio Grande do Sul as maiores produtividades foram observadas em áreas cuja a semeadura foi realizada sob camalhões. O sucesso dessas técnicas de acordo Duarte et al. (2015) ocorre devido ao rebaixamento da profundidade do nível freático. Assim, é possível o restabelecimento dos níveis satisfatórios de oxigênio no sistema radicular da planta, após a ocorrência de uma chuva que ocasione o excesso hídrico. Também, Jat et al. (2013) utilizaram na Índia, o sistema de camalhões na cultura do milho, no qual, obtiveram os melhores rendimentos de grãos e a produtividades da água, em solo de classe textural franco arenoso.

Silva et al. (2005) colabora afirmando que o uso de camalhões, com o objetivo de amenizar o problema da má drenagem, possibilita a utilização destas áreas de várzea para cultivos de sequeiro em especial o milho, soja, sorgo, trigo e pastagens, em rotação e ou sucessão ao arroz irrigado. O sistema de camalhões é adaptado a áreas planas e com desníveis uniformes. Sua estrutura consiste na existência de uma depressão na junção dos camalhões. Esta depressão funciona como dreno de parcela, podendo ser realizada com o uso de implementos agrícolas como o arado aivecas, arado de discos ou plaina. Segundo Silva et al. (2006), a largura dos camalhões deve ser em acordo com o espaçamento utilizado para as culturas, de modo que beneficie as operações mecanizadas na lavoura e facilite a drenagem da área.

De acordo com Bernardo, Soares e Mantovani (2006), o serviço de Conservação de Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, recomenda

que os camalhões podem ser construídos até 300 m de comprimento, a altura no ponto central do camalhão pode ser de 0,15 a 0,50 m, e a sua largura é determinada conforme o tipo de solo. Recomenda-se para solos de drenagem média, a largura de 15 a 30 m; para drenagem lenta, a largura de 10 a 20 m; e drenagem muito lenta, a largura de 6 a 12 m.

O sistema com drenos rasos e paralelos, valetamento é outra alternativa para a drenagem de várzeas, seu uso é indicado em áreas muito planas e ou sistematizadas sem declividade. A realização desta operação é recomendada após a semeadura (SILVA et al., 2008). Conforme Bernardo, Soares e Mantovani (2006), este sistema, constitui-se de valos paralelos abertos na direção perpendicular à declividade da área, no qual captam o escoamento superficial. A profundidade dos valos abertos é de 15 a 50 cm, e o espaçamento entre os drenos é determinado conforme a quantidade e localização das depressões da área.

Desta forma, conforme Tavares et al. (2015) o objetivo dessas técnicas é oferecer as condições para o pleno desenvolvimento das culturas. Entretanto se faz necessário a utilização de parâmetros ou índices para que possamos compreender qual é a melhor alternativa a ser utilizada pelo agricultor.

A utilização das técnicas de drenagem deve buscar a maior eficiência na produção, mas para isso é necessário um indicador que determine a viabilidade da sua aplicação. Nesse sentido a determinação do índice de estresse diário, pode indicar qual é o dano causado pela oscilação do nível freático a produtividade das plantas implantadas nos métodos de drenagem (COSTA et al., 2008).

Conforme Ferreira (2001), as elevações do lençol freático influenciam na resposta das culturas, as quais podem ser avaliadas através do índice de estresse diário (IDS). Segundo Guerra Filho (2012)

vários autores conceituam o índice de estresse diário IDS como um método de mensurar o nível de estresse que a planta é submetida em diferentes estádios de desenvolvimento. Segundo Mingotti et al. (2006), ele pode ser utilizado para a irrigação, e a drenagem, servindo como parâmetro para a avaliação da deficiência e do excesso de água no solo. Mas para o cálculo do IDS é necessário anteriormente a obter o coeficiente de sensibilidade modificado (SC_{mod}) e a Soma de Excesso de Água (SEW).

Segundo Flecha (2004), o coeficiente de sensibilidade da cultura modificado (SC_{mod}), caracteriza a sensibilidade a danos causados pelo excesso hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. Veloso (2006) definiu o SEW como a soma do valor excedente de água no solo e Costa et al. (2008) definiu SEW_{30} como o somatório das profundidades do nível freático inferiores a 30 centímetros. Em função desta profundidade, as plantas apresentam prejuízos ao seu desenvolvimento e redução da produtividade.

De acordo com Hiler (1969), através deste índice é possível mensurar o estresse ao qual a cultura está submetida em diferentes estádios de desenvolvimento. Considerando o exposto, os objetivos deste trabalho foram: (i) avaliar os componentes de produção da soja em relação à diferentes técnicas de drenagem e (ii) avaliar a influência da profundidade do nível freático em relação às diferentes dimensões de camalhão de base larga e drenagem superficial.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental onde foram realizados os estudos, localiza-se no município de São João do Polêsine, RS, cujas coordenadas são 29° 35' 52" S, 53° 27' 50" W e altitude de 53m, aproximadamente.

O solo pertence à unidade de mapeamento Vacacaí (KLAMT, 1997) e é classificado como Typic Albaqualf. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (2019), as normais climatológicas para a região são de 1796,2 mm de precipitação pluviométrica anual, a temperatura média anual é de 19,3°C e a umidade relativa média anual é de 77,6%. O clima da região possui classe "Cfa", com um clima subtropical úmido, com verões quentes e sem estação seca definida, segundo classificação de Köppen (KUNINCHTNER; BURIOL, 2001).

O experimento foi conduzido durante as safras agrícolas de 2014/15 e 2015/2016. Foi utilizado o delineamento experimental blocos ao acaso em esquema bifatorial, faixa para o fator A e faixa para o fator D, distribuídos em quatro blocos, totalizando trinta e duas unidades experimentais. O fator A se constituiu de diferentes técnicas de drenagem, e o fator D das cultivares de soja.

As diferentes técnicas de drenagem foram constituídas por camalhões de base larga e drenagem superficial. Os camalhões de base larga possuíam a sua largura de 7,5, 15 e 22,5 metros, eles foram construídos com o auxílio de um trator utilizando o arado aivecas e uma valetadeira rotativa. Para o estabelecimento dos espaçamentos dos camalhões, foram implementadas 3 diferentes declividades de 6,6; 3,2 e 1,8% respectivamente. O espaçamento entre os camalhões, que corresponde aos drenos, foi de 0,5 metros.

A drenagem superficial foi dimensionada com a largura de 22,5 metros entre os valos de drenagem. A declividade máxima do solo encontrada neste tratamento foi de 0,1%, mantendo as características originais da sistematização do solo. A diferença de nível do solo dentro da parcela e a base do valo foi de 0,2 metros de profundidade e 0,4 metros de espaçamento.

As cultivares de soja utilizadas foram a BMX Potência RR e a TEC IRGA 6070 RR. A densidade populacional foi ajustada logo após o estabelecimento da cultura, em 18 plantas m⁻², na safra 2014/15 e 24 plantas m⁻² na safra 2015/16. O manejo da fertilidade do solo e os tratamentos fitossanitários respeitaram as recomendações técnicas para a cultura da soja (OLIVEIRA; ROSA, 2014).

Durante a condução do experimento foi realizada diariamente a avaliação da altura do nível freático nos poços de observação de cada unidade amostral e estimada a evapotranspiração diária da cultura através da equação Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), através de uma estação meteorológica instalada na propriedade onde foi realizado o estudo.

A altura do nível freático foi monitorada a partir de um ponto de observação, alocado no centro da unidade experimental. As observações foram realizadas diariamente, por meio de uma

régua graduada com uma boia na sua extremidade. As mesmas foram subdivididas em seis estádios fenológicos V3, V9, R1, R3, R5 e R8, (FEHR; CAVINESS, 1977), onde foram determinados o índice de estresse diário (IDS), o coeficiente de sensibilidade da cultura (SC_{mod}) e o índice SEW₃₀ (MINGOTTI et al., 2006; HILER, 1969), a partir da massa seca de plantas e das medidas de altura do nível freático do período.

Estes índices serviram para determinar qual é a técnica mais eficiente para a drenagem. O critério de eficiência considerou a altura do nível do lençol freático que não influencie negativamente a produtividade. Seu objetivo é mensurar a resposta da produtividade, causada pela oscilação do nível freático entre a superfície do solo e a profundidade determinada.

A partir destas observações foi calculado o índice de estresse diário (IDS), (MINGOTTI et al., 2006; HILER, 1969) apresentado na equação 1.

$$IDS = \sum_{i=1}^n (SC_i SEW_{30}) \quad (1)$$

Onde n, é o número de estágios de crescimento, SC é o coeficiente de sensibilidade da cultura, e o índice SEW₃₀ é o somatório das alturas diárias do lençol freático acima da profundidade de 30 centímetros.

O coeficiente de sensibilidade da cultura modificado (SC_{mod}), foi determinado para os cinco estádios de crescimento a partir da equação 2.

$$SC_{mod} = (Y_p - Y_i)/Y_p \quad (2)$$

Onde, Y_p significa a produção de massa seca da parte aérea das plantas no nível freático padrão (30 cm), e Y_i a produção de massa seca da parte aérea das plantas cultivadas nos camalhões de base larga.

O índice SEW₃₀ é a soma do valor excedente de água no solo, apresentada na equação 3.

$$SEW_{30} = \sum_{i=1}^n (30 - X_i) \quad (3)$$

Onde, n corresponde ao número de dias em que o nível freático encontra-se acima de 30 cm durante o ciclo da cultura, e X_i a profundidade do nível freático a partir da superfície do solo no dia i , em cm, os valores negativos não serão considerados.

Ao final do ciclo da cultura, no estágio fenológico R8, foi realizada a colheita do experimento, sendo avaliados os seguintes componentes de produção da cultura, o número de vagens planta⁻¹, número de grãos planta⁻¹, peso de mil grãos, produtividade de grãos (com umidade corrigida para 14%). Estes componentes foram determinados a partir de 15 plantas coletadas aleatoriamente na unidade experimental. O número de vagens planta⁻¹ e o número de grãos planta⁻¹, foram determinados manualmente após a coleta. O peso de mil grãos foi determinado seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

Após a coleta dos dados, os mesmos foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias Scott-Knott em função da natureza qualitativa dos tratamentos aplicados (cultivares de soja e técnicas de drenagem). Para tal procedimento utilizou-se o software de análise estatística Sisvar (FERREIRA, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

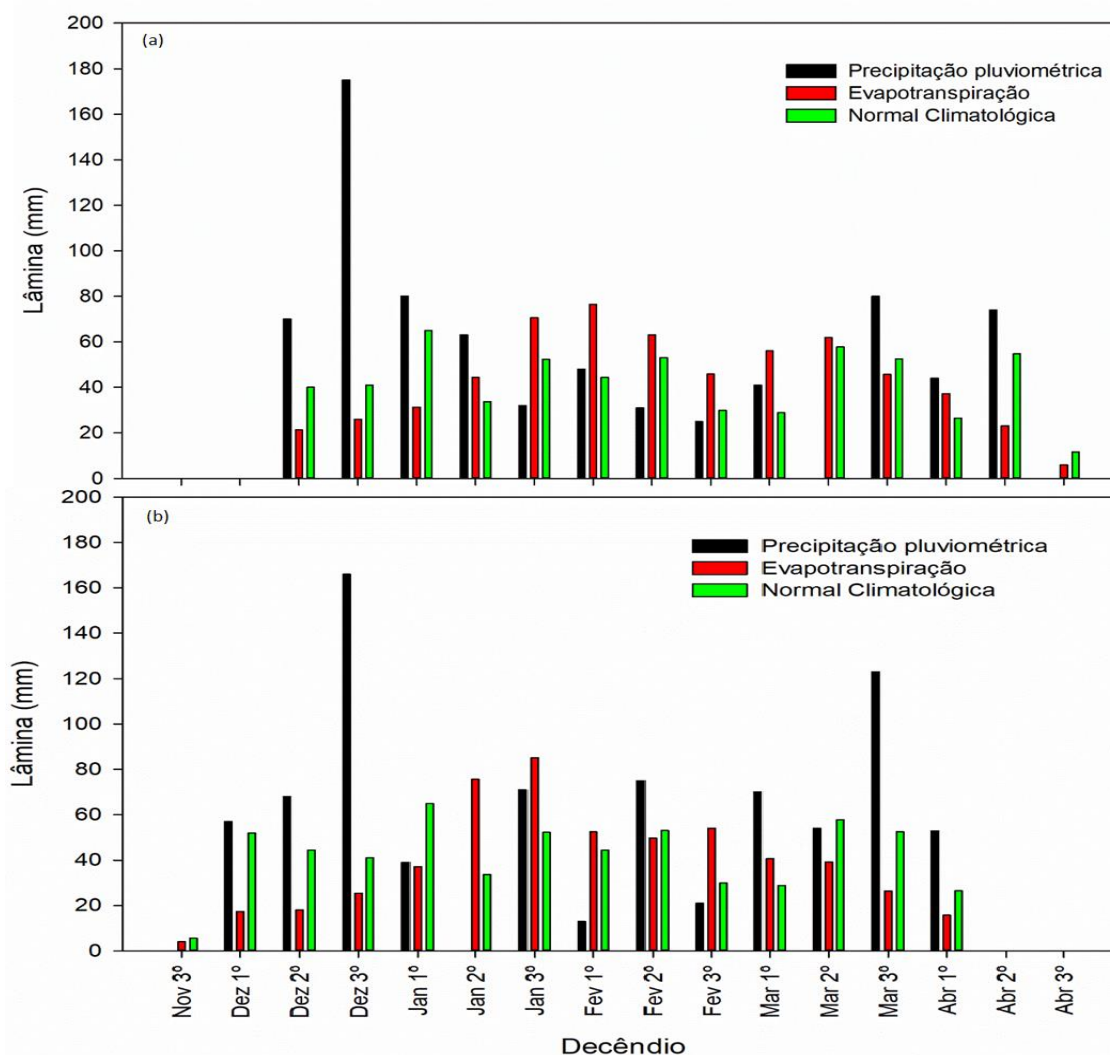
Na safra 2014/15 foram registradas precipitações pluviométricas com um volume acumulado de 763 mm, durante o período que a cultura estava implantada no campo. Sendo a normal climatológica deste período correspondente ao valor de 591,6 mm. Porém, observa-se na Figura 1a, a maior concentração deste volume até o segundo decêndio de janeiro, inclusive

ultrapassando os valores da evapotranspiração e da normal climatológica. A partir do terceiro decêndio de janeiro até o segundo decêndio de março, a precipitação pluviométrica foi inferior a evapotranspiração da soja e da normal climatológica. Posteriormente a precipitação pluviométrica supera novamente a evapotranspiração da soja e a normal climatológica.

A evapotranspiração da cultura da soja, durante a safra 2014/15 foi de 604,2 mm, volume este, inferior a precipitação pluviométrica. Porém, como já foi apresentado, ocorreu um período a partir do terceiro decêndio de janeiro até o segundo decêndio de março em que a precipitação pluviométrica é inferior a evapotranspiração.

Na safra 2015/16 foram registradas precipitações com um volume de 810 mm, que é muito superior à normal climatológica, que é de 587,2 mm, para o período de desenvolvimento da cultura, conforme é apresentado na Figura 1b. A normal climatológica é inferior a precipitação pluviométrica até o terceiro decêndio de dezembro. De todo o período de desenvolvimento da cultura, apenas em cinco decêndios a precipitação pluviométrica é superada pela normal climatológica. Eles aconteceram a partir do primeiro decêndio de janeiro até o segundo decêndio de janeiro, ocorrendo novamente esta situação no primeiro e terceiro decêndio de fevereiro e segundo decêndio de março.

Figura 1. Precipitação, evapotranspiração da cultura da soja e normal climatológica, em mm, na safra de 2014/15 (a) e na safra 2015/16 (b), São João do Polêsine, RS.



Na fase inicial do desenvolvimento da planta, a precipitação pluviométrica foi superior a evapotranspiração, a partir do primeiro decêndio de dezembro até o primeiro decêndio de janeiro. Posteriormente ocorre um período em que a evapotranspiração é superior que a precipitação pluviométrica no período compreendido entre o segundo decêndio de janeiro e o primeiro decêndio de fevereiro. Mas, neste período o terceiro decêndio de janeiro apresenta um volume maior que a normal climatológica, porém não sendo suficiente para suprir a evapotranspiração.

A partir da fase fenológica R1 (segundo decêndio de fevereiro) até o

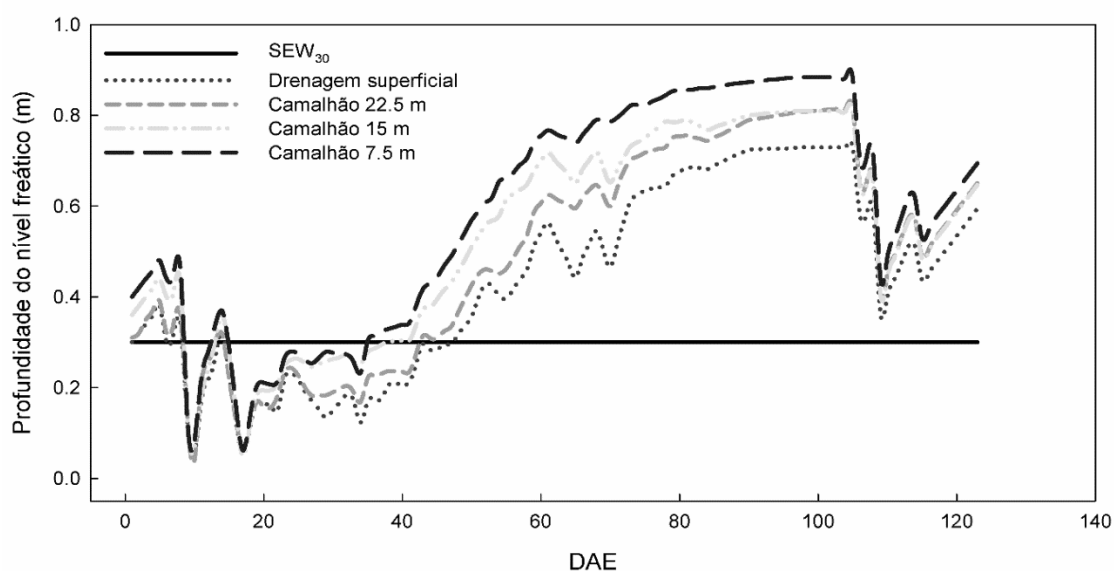
momento da colheita (primeiro decêndio de abril) a precipitação pluviométrica foi inferior à evapotranspiração, com exceção de uma ocorrência (terceiro decêndio de fevereiro). A evapotranspiração acumulada da safra 2015/16, foi de 539,3 mm, quantidade inferior a precipitação pluviométrica acumulada no período. Mas sua distribuição foi mais uniforme, como foi relatado anteriormente, sendo que foi o que contribui para um melhor suprimento hídrico para a cultura. Além disso, deve-se destacar o nível freático que foi influenciado devido a distribuição da precipitação pluviométrica.

Em virtude deste fato foram monitorados a profundidade do nível freático nas safras 2014/15 e 2015/16. Na Figura 2, são apresentados os resultados obtidos na safra 2014/15, nela se observa o diferente comportamento da profundidade do nível freático dos métodos de drenagem, e conjuntamente na Figura 2 foi adicionado o índice SEW_{30} .

Este índice foi utilizado com o intuito de definir um referencial para indicar

se está ocorrendo estresse ao desenvolvimento da planta. A partir dele foi possível avaliar intensidade que ocorre o estresse, e qual a sua duração. Estas informações referentes a intensidade em determinados estádios fenológicos podem ser observadas na Tabela 1, bem como o total acumulado durante todo o seu desenvolvimento.

Figura 2. Profundidade média do nível freático (m) ao longo dos dias após a emergência na safra 2014/15, São João do Polêsine, RS.



Analisando conjuntamente a Figura 2 e a Tabela 1, pode-se observar que a maior intensidade e duração do índice SEW_{30} foi na fase inicial até o estágio fenológico V3, onde o acumulado para este período alcançou o número 357,9 pontos no método de drenagem superficial, decrescendo gradativamente até o camalhão de base larga de 7,5 m, com 172,7 pontos. Estes elevados valores de SEW_{30} conforme Ahmed et al. (2013) podem ser considerados como períodos de estresse, pois ocorre a saturação da porção de solo em que se encontram o sistema radicular das plantas.

Diante do exposto pode-se constatar a eficiência da utilização dos camalhões de base larga em relação ao índice SEW_{30} , mas destaca-se o desempenho apresentado pelo camalhão de base larga de 7,5m. Este comportamento se repete no segundo período entre as fases fenológicas V3 e V9, sendo que a drenagem superficial apresenta um total de 125,8 pontos, seguido do camalhão de base larga de 22,5 m, alcançando 68,4 pontos. Isto equivale a 54 % do estresse na qual as plantas na drenagem superficial foram submetidas. Além disso, quando comparado ao melhor método de drenagem para este período, o

camalhão de base larga de 7,5m, que apresentou 13,4 pontos, este valor equivale a somente 10,65% do estresse submetido.

Tabela 1. Valores médios do índice SEW_{30} nos estádios fenológicos da cultura da soja em função das diferentes técnicas de drenagem agrícola, na safra 2014/15, São João do Polêsine, RS.

Tratamentos	V3	V9	R1	R3	R5	R8	Acumulado
Drenagem sup.	357,9	125,8	4,7	0,0	0,3	12,7	501,4
C. B. L. 22,5 m	252,6	68,4	3,2	0,0	0,0	0,0	324,2
C. B. L 15 m	191,5	23,2	0,0	0,0	0,0	0,0	214,7
C. B. L 7,5 m	172,7	13,4	0,0	0,0	0,0	0,0	186,1

C. B. L. – Camalhão de base larga.

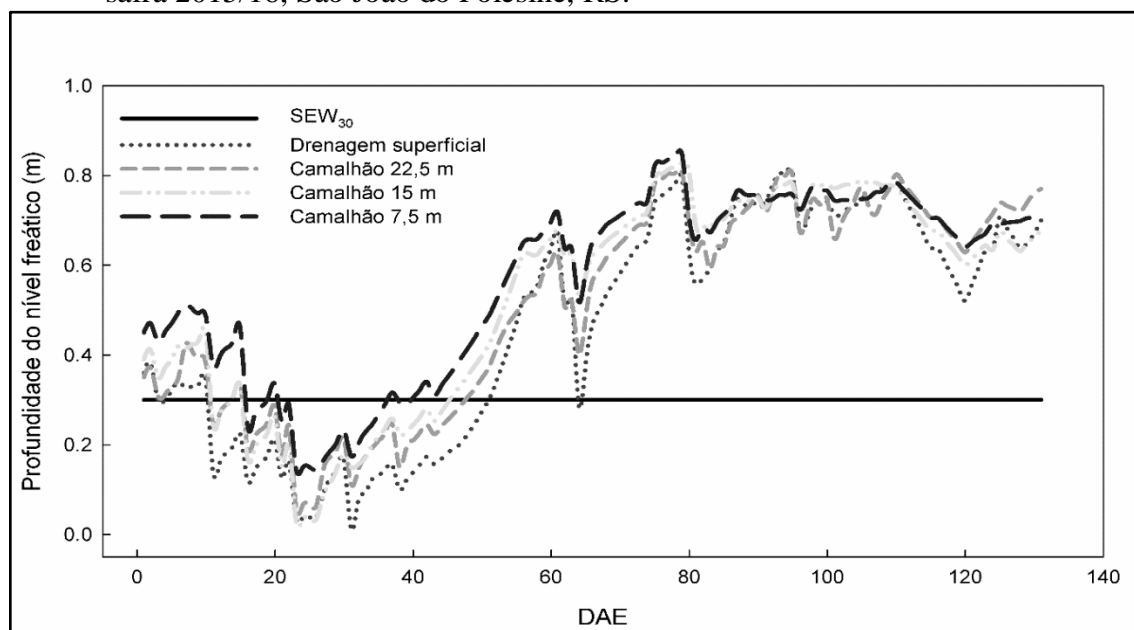
Nos quatro períodos posteriores, ocorre a existência de estresse indicado pelo índice, em três períodos na drenagem superficial e somente um período para o camalhão de base larga de 22,5 m. Assim, conforme a metodologia do índice, os camalhões de base larga de 15 e 7,5 m, não apresentaram nenhum estresse as plantas nos quatro últimos períodos em que foram avaliados, ou, em outras palavras, a profundidade do nível freático, a partir do estágio fenológico V9, não prejudicou o desenvolvimento pleno das plantas. Conforme, Kuswanto et al. (2015), a fase fenológica que se encontra a planta e período exposto ao excesso hídrico definem o nível de tolerância, além das características do cultivar semeada.

Considerando os valores do índice SEW_{30} acumulados durante todo o período de desenvolvimento das plantas, constata-se que para a safra 2014/15 a eficácia dos

camalhões de base larga, na manutenção da profundidade do nível freático abaixo dos 30 cm, quando comparados com a drenagem superficial. Os camalhões de base larga apresentaram valores equivalentes a 64,65% para o camalhão de base larga de 22,5 m, para o camalhão de base larga de 15 m foi obtido 42,82% e no camalhão de base larga de 7,5 m apresentou 37,11% do estresse ocorrido na drenagem superficial. Assim, em conjunto com as informações de acúmulo de matéria seca da parte aérea da planta que está a ser apresentado mais à frente no texto, será possível visualizar o prejuízo ocorrido ao desenvolvimento das plantas.

Na safra 2015/16, conforme mencionado acima, foi avaliado o valor da profundidade do nível freático que é apresentado na Figura 3, posteriormente foram calculados os índices SEW_{30} , SC_{mod} e IDS.

Figura 3. Profundidade média do nível freático (m) ao longo dos dias após a emergência na safra 2015/16, São João do Polêsine, RS.



Assim como ocorreu na safra 2014/15, foram registradas elevadas precipitações nos primeiros decêndios, fato que culminou na elevação do nível freático do solo nos períodos iniciais, alcançando elevados valores de SEW_{30} , conforme demonstra a Tabela 2. Além disso é possível observar que todos os tratamentos apresentaram profundidade do nível freático abaixo de 30 cm. Entretanto a intensidade e a duração foram diferentes. Assim, novamente, os camalhões de base larga demonstraram a sua eficiência de rebaixamento da

profundidade do nível freático. Destaca-se que os camalhões de base larga expuseram suas plantas ao estresse, mas sua influência sob o desenvolvimento será mensurada no IDS.

Comparando separadamente os períodos de avaliação, inicialmente na avaliação no estágio fenológico V3, os camalhões apresentaram valores percentuais de 85,59; 91,30 e 51,46% do SEW_{30} , respectivamente para os camalhões de base larga de 22,5; 15 e 7,5 m.

Tabela 2. Valores médios do índice SEW_{30} nos estádios fenológicos da cultura da soja em função das diferentes técnicas de drenagem, na safra 2015/16, São João do Polêsine, RS.

Tratamentos	V3	V9	R1	R3	R5	R8	Acumulado
Drenagem sup.	297,9	222,5	72,8	9,8	2,7	17,5	623,2
C. B. L. 22,5 m	255,0	186,6	54,5	2,5	0,6	22,2	521,4
C. B. L. 15 m	272,0	129,4	16,7	0	0	8	426,1
C. B. L. 7,5 m	153,3	82,6	13,9	0	0	0	249,8

Ainda, na primeira avaliação do estágio fenológico V3, é possível visualizar que o camalhão de base larga de 22,5 m apresentou o maior coeficiente de

sensibilidade na matéria seca da parte aérea, mas o índice de estresse diário foi superior na drenagem superficial, seguido pelo camalhão de base larga de 15 m.

Este resultado é fruto do SEW_{30} elevado que foi apresentado na Tabela 2. Contudo o camalhão de base larga de 7,5 m apresentou os menores valores de SEW_{30} , SC_{mod} e IDS, demonstrando a sua eficiência técnica. Esta eficiência, em rebaixar o nível freático é de grande importância. Conforme Carpiski et al. (2013), o nível freático do solo rebaixado proporcionou melhores condições de crescimento para a cultura do crambe.

Situação semelhante ocorre na avaliação do segundo período, compreendida entre os estádios fenológicos

V3 a V9. Os valores de SEW_{30} são decrescentes a partir da drenagem superficial, sendo que os camalhões apresentaram valores percentuais de 83,86; 58,15 e 37,12% respectivamente para os camalhões de base larga de 22,5; 15 e 7,5 m.

O coeficiente de sensibilidade obtido a partir da matéria seca da parte aérea, apresentado na Tabela 3, mostrou comportamento semelhante a primeira avaliação, onde o camalhão de base larga de 22,5 m foi superior.

Tabela 3. Valores médios do SC_{mod} nos estádios fenológicos da cultura da soja em função das diferentes técnicas de drenagem, na safra 2015/16, São João do Polêsine, RS.

Tratamento	V3	V9	R1	R3	R5	R8	Média
Drenagem sup.	0,321	0,261	0,116	0,067	0,119	0,121	0,167
C.B. L. 22,5 m	0,324	0,272	0,034	0,041	0,100	0,086	0,143
C. B. L. 15 m	0,264	0,226	0,000	0,009	0,104	0,115	0,119
C. B. L. 7,5 m	0,273	0,091	0,017	0,000	0,048	0,054	0,080

O índice de estresse diário, que é apresentado na Tabela 4, foi superior na drenagem superficial. Logo em seguida, 43,8 pontos de IDS, abaixo está o camalhão de base larga de 22,5 m, valor este observado em função do elevado coeficiente de sensibilidade. Os dois camalhões de base larga restantes apresentaram índices em decréscimo.

Do terceiro ao quinto período de avaliação que compreende os estádios fenológicos R1 ao R5, observou-se a ocorrência de valores de SEW_{30} em algumas parcelas (drenagem superficial e camalhão de base larga de 22,5 m).

Observou-se também que o coeficiente de sensibilidade foi mais moderado nestas mesmas parcelas. Estes valores de SEW_{30} e IDS são muito inferiores aos apresentados anteriormente, indicando que nestes períodos a influência da profundidade do nível freático foi moderada na drenagem superficial, fraca no camalhão de base larga de 22,5 m e inexistente nos camalhões de base larga de 15 e 7,5 m. Complementando, Griffin e Saxton (1988) afirmam que a ocorrência de inundações sequenciais na fase reprodutiva são mais prejudiciais do que a ocorrência de uma inundação na fase de florescimento.

Tabela 4. Valores médios do IDS obtidos a partir da massa seca da parte aérea nos estádios fenológicos da cultura da soja em função das diferentes técnicas de drenagem, na safra 2015/16, São João do Polêsine, RS.

Tratamento	V3	V9	R1	R3	R5	R8	Acumulado
Drenagem sup.	92,146	59,094	10,872	1,090	0,426	2,922	166,550
C. B. L. 22,5 m	63,653	53,767	2,579	0,246	0,089	2,368	122,701
C. B. L. 15 m	72,458	33,788	0,000	0,000	0,000	0,687	106,932
C. B. L. 7,5 m	43,166	6,248	0,000	0,000	0,000	0,000	49,414

No último período, que compreende o estágio fenológico R5 até o R8, em alguns tratamentos foram observadas a ocorrência de valores de SEW_{30} , o que indica que o nível freático foi inferior a 30 cm durante este período, e o coeficiente de sensibilidade foi moderado em todos os tratamentos. Mas o IDS foi somente observado na drenagem superficial e nos camalhões de base larga de 22,5 e 15m. O camalhão de base larga de 7,5 m não apresentou valor de IDS em função de não possuir nenhum valor de SEW_{30} .

Por fim, considerando os valores acumulados durante todo o desenvolvimento das plantas, os valores de SEW_{30} atingiram o valor máximo de 623,2 na drenagem superficial. Os demais métodos apresentaram percentuais em decréscimo. O camalhão de base larga de 22,5 m atingiu um percentual de 83,66%, seguido pelo camalhão de base larga de 15m com 68,37% e finalizando com o camalhão de base larga de 7,5m que apresentou 40,08% do valor de SEW_{30} observado na drenagem superficial. O coeficiente de sensibilidade também apresentou comportamento em decréscimo, que é apresentado na Tabela 3, iniciando com o valor superior na drenagem superficial, reduzindo-se até o camalhão de base larga de 7,5 m.

Enfim o IDS, demonstrou a eficácia dos camalhões de base larga. Importante diferenciar as respostas dos diferentes tipos de camalhões. O camalhão de base larga de 22,5 m foi inferior aos demais, sendo o camalhão de base larga de 7,5 m o que apresentou o menor IDS. Corrobora, Garcia et al. (2010) relatando que no cultivo da ervilha, o acréscimo dos valores do IDS, ocasionou a redução linear do número médio de vagens planta⁻¹. Entretanto, este índice está somente correlacionado com a profundidade do nível freático. Fatores externos, como por exemplo o ataque de insetos e pragas não foi mensurado por esta metodologia proposta.

Enfim, pode-se considerar que nas duas safras o camalhão de base larga de 7,5m demonstrou ser o mais eficiente na função de rebaixar a profundidade do nível freático. Esta técnica possibilitou condições para o melhor desenvolvimento das plantas nos períodos em que o nível freático encontrava-se próximo a superfície. Desta forma estas informações ainda contribuirão para a discussão dos próximos resultados a serem apresentados.

Os componentes de produção e a produtividade obtidos na safra 2014/2015 e safra 2015/2016 são apresentados na Tabela 5. Os componentes de produção são constituídos pela densidade de plantas, o número de grãos por planta e o peso de mil grãos.

Na safra 2014/2015, o número de vagens planta⁻¹ apresentou no fator A diferença estatística significativa, e o teste de Scott-Knott agrupou em nível inferior a drenagem superficial e os camalhões de base de 15 e 22,5m, em relação ao camalhão de 7,5m. Sendo que entre as duas cultivares utilizadas não houve diferença estatística significativa. Conforme Schöffel et al. (2001), em seu trabalho avaliando diferentes épocas de alagamento, observou que no período reprodutivo no estágio fenológico R4 encontra-se o menor número de vagens. planta⁻¹. O autor atribui este acontecimento a elevada perda de flores e legumes em função do alagamento. Este resultado observado no fator A é semelhante ao apresentado pelo SEW_{30} . No qual o camalhão de base larga de 7,5m obteve o menor valor de SEW_{30} em relação aos demais.

Na safra 2015/2016, o número de vagens planta⁻¹ no fator A, não apresentou diferença significativa estatística. Mas entre as cultivares houve diferença estatística, sendo que o teste de Scott-Knott indicou a média do cultivar TEC IRGA 6070 RR foi superior em comparação ao cultivar BMX Potência RR.

Tabela 5. Valores médios dos componentes de produção e produtividade em função das técnicas de drenagem agrícola e cultivares de soja, na safra 2014/15, São João do Polêsine, RS.

Tratamento	Produtividade	Peso de mil grãos	Número de grãos planta ⁻¹	Número de vagens planta ⁻¹
Safra 2014/2015				
Drenagem sup.	1409,04 c	116,77 a	72,43 b	34,94 b
C. B. L. 22,5 m	1803,07 b	105,52 a	91,13 b	40,61 b
C. B. L. 15 m	1993,72 b	108,71 a	97,3 b	43,39 b
C. B. L. 7,5 m	2495,85 a	111,72 a	124 a	54,97 a
CV (%)	10,58*	8,55	10,15*	11,1*
TEC IRGA 6070 RR	1734,02 a	108,53 a	86,56 a	41,77 a
BMX Potência RR	2116,82 a	112,83 a	105,88 a	45,19 a
CV (%)	10,45	8,58	9,54	9,68
Média Geral	1.925,42	110,68	96,22	43,48
Safra 2015/2016				
Drenagem sup.	3.291,27 b	107,91 a	127,14 a	71,95 a
C. B. L. 22,5 m	3.741,55 a	110,62 a	141,14 a	77,39 a
C. B. L. 15 m	3.892,93 a	113,78 a	142,69 a	83,04 a
C. B. L. 7,5 m	3.863,61 a	111,53 a	144,76 a	87,63 a
CV (%)	10,82	3,62	12,10	20,82*
TEC IRGA 6070 RR	3.656,85 a	111,09 a	140,62 a	91,81 a
BMX Potência RR	3.737,84 a	110,83 a	137,62 a	68,20 b
CV.(%)	3,38	4,53	6,81	8,95*
Média geral	3.697,34	110,96	139,05	80,01

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Na safra 2014/2015, a avaliação do número de grãos planta⁻¹ apresentou diferença estatística significativa. O camalhão de base larga de 7,5m obteve a média desta variável superior, diferenciando-se do grupo inferior formado pela drenagem superficial e os camalhões de base larga de 15 e 22,5 m, pelo teste de Scott-Knott. No fator D, as cultivares não demonstraram diferença estatística significativa.

Na safra 2015/2016, a avaliação no fator A do número de grãos planta⁻¹, demonstrou que não houve diferença significativa nas técnicas de drenagem e nas

cultivares de soja. Dos Santos et al. (2014) em seu trabalho, observaram que ao longo de 13 safras o sistema de produção utilizando trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja obteve uma média de 71 grãos. planta⁻¹, no município de Passo Fundo, RS. Este valor apresentado é inferior quando comparados com os valores médios obtidos nos tratamentos nas safras de 2014/2015 e 2015/2016. Além disso, na safra 2014/15 nota-se claramente a influência do índice SEW₃₀, onde o número de grãos planta⁻¹ apresenta comportamento inverso ao que ocorre no índice SEW₃₀, no

qual os valores superiores estão na drenagem superficial.

O peso de mil grãos observados nos tratamentos, na safra 2014/2015 e na safra 2015/2016, não apresentaram diferença estatística significativa para o fator A, constituído pelas técnicas de drenagem e o fator D, constituído pelas cultivares. Também, Schoffel et al. (2001), não encontraram diferença estatística significativa na massa de 100 sementes, em seu trabalho avaliando diferentes épocas de alagamento, resultado este em concordância com outros autores por ele mencionados. Desta forma, pode-se considerar que o peso de mil grãos, não foi influenciado pelas diferentes técnicas de drenagem e cultivares.

A produtividade nas safras de 2014/15 e 2015/2016, apresentaram diferença estatística significativa no fator A. Na safra 2014/2015, o teste de Scott-Knott indicou que a média de produtividade do camalhão de base larga 7,5 m, foi superior ao agrupamento intermediário das médias dos camalhões de base larga de 15 e 22,5 m. A drenagem superficial foi considerada a média inferior do fator A. Na safra de 2015/2016, o teste de Scott-Knott indicou que as médias dos camalhões de base larga de 22,5, 15 e 7,5 m são semelhantes e superiores a drenagem superficial. No fator D, para as safras de 2014/2015 e 2015/2016, não houve diferença estatística significativa entre as cultivares.

Conforme Mukhtar, Kanwar, e Baker (1990), a cultura do milho também sofre redução de produtividade em função do excesso hídrico, mas estas reduções são mais elevadas quando elas ocorrerem no período vegetativo. Corrobora Sartori et al. (2015), em que avaliando diferentes sistemas de semeadura em área de terras baixas, obtiveram produtividades de 4.345 e 4.013 Kg ha⁻¹ em microcamalhões com a cultivar BMX Tornado' nas safras de 2013/14 e 2014/15 respectivamente.

Os menores valores apresentados na safra 2014/2015, são justificados pela data tardia de semeadura e o período de déficit hídrico registrado na fase fenológica R1. O primeiro está de acordo com Cruz, Peixoto e Martins (2010), que afirmam que a época de semeadura interfere no desenvolvimento das plantas e no potencial produtivo dos cultivares de soja. A segunda situação, influenciou negativamente o número de vagens planta⁻¹ e número de grãos planta⁻¹ e, por consequência, acarretou na redução da produtividade. Também, estes resultados obtidos de produtividade demonstram correlação ao índice SEW₃₀. Na drenagem superficial, em que ocorreu o índice mais elevado, verificou-se a menor produtividade. No camalhão de base larga de 7,5 m observou-se, de forma inversa, que o índice SEW₃₀ foi mais baixo e a produtividade foi superior aos demais tratamentos.

Na safra 2015/2016, as produtividades alcançaram valores superiores semelhantes aos observados em áreas de terras altas. Comprovando esta afirmação, Gava et al. (2016), utilizando a irrigação suplementar, com reposição de 100% da evapotranspiração da cultura durante todo o ciclo de desenvolvimento, obtiveram em média, produtividade de 3.384,3 Kg ha⁻¹, no cultivar BMX Potência RR. Entretanto entre os tratamentos, conforme relatado acima, ocorreu diferença estatística, que pode ser explicado pelos índices SEW₃₀ e IDS. No qual, eles indicam a eficiência do camalhão de base larga de 22,5, 15 e 7,5 m, no rebaixamento do nível freático, e por consequência proporcionam melhores condições para o desenvolvimento das plantas.

Os resultados apresentados nas duas safras demonstram que as técnicas de drenagem influenciam positivamente a produtividade da cultura da soja em áreas de terras baixas, e que os camalhões de base larga apresentam os melhores resultados. Entretanto, este sucesso dos camalhões de

base larga deve-se atribuir aos reduzidos valores observados nos índices SEW₃₀ e IDS em comparação a drenagem superficial. Em outras palavras pode-se considerar que o nível freático próximo a superfície do solo é prejudicial a produtividade da cultura da soja.

6 CONCLUSÕES

Os camalhões de base larga demonstraram desempenho superior em relação a drenagem superficial. Em virtude do rebaixamento do nível freático, os componentes de produção de soja apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Destaca-se o camalhão de base larga de 7,5 e 15 m, que entre os demais estudados, apresentaram os melhores resultados nas safras de 2014/2015 e 2015/2016. Desta forma, a partir das condições em que foi realizado o estudo, pode-se considerar os camalhões de base larga de 15 e 7,5 m são as melhores opções para o cultivo de soja em terras baixas.

7 AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor.

8 REFERÊNCIAS

- AHMED, F.; RAFII, M.; ISMAIL, M. R.; JURAIMI, A. S.; RAHIM, H. A.; ASFALIZA, R.; LATIF, M. A. Waterlogging tolerance of crops: breeding, mechanism of tolerance, molecular approaches, and future prospects. **BioMed Research International**, 2013. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2013/963525/>>. Acesso em: 23 de out. 2016.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration. Roma: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BAJGAIN, R.; Kawasaki, Y.; Akamatsu, Y.; Tanaka Y.; Kawamura, H.; Katsura, K.; Shiraiwa, T. Biomass production and yield of soybean grown under converted paddy fields with excess water during the early growth stage. **Field Crops Research**, v. 180, p. 221-227, 2015.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: Editora da UFV, 2006. 625 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CARPISKI, M.; Santos, R. F.; Primieri, C.; Silveira, L.; Bassegio, D.; Tomassoni, F.; Nakai, E. H. Sensibilidade do crambe (*Crambe abyssinica*) a variação de nível de lençol freático. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 2, n. 4, p. 36-45, 2013.
- COSTA, R. N. T.; VASCONCELOS, J. P.; SILVA, L. A.; NESS, R. L. L. Interferência do excesso de água no solo e componentes de produção em beterraba. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 074-077, jan./mar. 2008.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. Crescimento e produtividade de soja em diferentes épocas de semeadura no oeste da Bahia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 33-42, 2010.

DOS SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; PIRES, J. L. F.; FONTANELI R. S.; BIAZUS, V.; VERDI, A. C.; VARGAS, A. M. Rendimento de grãos e características agronômicas de soja em função de pastagens perenes em sistema de plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 319-326, 2014.

DUARTE, S. N.; SILVA Ê. F. DE F. E; MIRANDA J. H. DE; MEDEIROS J. F. DE; COSTA R. N. T.; GHEYI H. R. **Fundamentos de drenagem agrícola**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2015. 356 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141370542011000600001>. Acesso em: 5 out. 2015.

FERREIRA, P. A. **Drenagem de terras agrícolas**. Viçosa: Editora da UFV, 2001. 415 p.

FLECHA, P. A. **Sensibilidade das culturas da batata (*Solanum tuberosum* L.) e da alface (*Lactuca sativa* L.) ao excesso de água no solo**. 2004. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

GARCIA, G. O.; PAULO AFONSO FERREIRA, P. A.; FIGUEIREDO, W. S. C.; SANTOS, D. B. Fator de susceptibilidade e produtividade da ervilha para diferentes alturas de lençol freático. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 2, p. 265-271, abr./jun. 2010.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; ALMEIDA, B. M.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R. Estratégias de manejo de déficit hídrico na irrigação da cultura da soja. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, Tupã, v. 10, n. 3. p. 305-315, 2016.

GAZOLLA-NETO, A.; AUMONDE, T. Z.; PEDÓ, T.; OLSEN, D.; VILLELA, F. A. Níveis de umidade do solo de várzea e seus efeitos sobre a emergência e crescimento inicial de plântulas de soja. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 22, n. 2, p. 28-31, 2012.

GIACOMELI, R.; Marchesan, E.; Sartori, G. M. S.; Donato, G.; Silva, P. R. F.; Kaiser, D. R.; Aramburu, B. B. Escarificação do solo e sulcadores em semeadora para cultivo de milho em Planossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 3, p. 261-270, mar. 2016.

GOMES, A. S.; PAULETTO, E. A. **Manejo do solo e da água em áreas de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1999.

GRIFFIN, J. L.; SAXTON, A. M. Response of Solid-Seeded Soybean to Flood Irrigation. II. Flood Duration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 885-888, 1988.

GUERRA FILHO, P. A. **Sensibilidade da Brachiaria brizantha cv. Marandu ao excesso de água no solo**. 2012. 47 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

HILER, E. A. Quantitative evaluation of crop drainage requirements. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v. 12, n. 4, p. 499-505, 1969.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Produção municipal safra 2014/15**. 2015. Disponível em: <<http://www.irga.rs.gov.br/conteudo/6911/safra>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

KLAMT, E.; DALMOLIN, R. S. D.; CABRAL, D. R. **Solos do município de São João do Polêsine**: características, classificação, distribuição geográfica e aptidão de uso. Santa Maria: Departamento de Solos da UFSM, 1997. 93 p.

KUSWANTORO, H. Agronomical Characters of Some Soybean Germplasm under Waterlogging Condition. **Journal of Agronomy**, v. 14, p. 93-97, 2015.

JAT, M. L.; GATHALAC, M.K.; SAHARAWATD, Y.S.; TETARWAL, J.P.; RAJ GUPTAA,; YADVINDER-SINGHAA. Double no-till and permanent raised beds in maize–wheat rotation of north-western Indo-Gangetic plains of India: Effects on crop yields, water productivity, profitability and soil physical properties. **Field Crops Research**, v. 149, p. 291-299, 2013.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 2, p. 171-182, 2001.

MARCHESAN, E. Desenvolvimento de tecnologias para cultivo de soja em terras baixas. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 2, n. 1, p. 4-19, jan./jun. 2016.

MINGOTTI, R.; FLECHA, P. A. N.; DUARTE, S. N.; CRUCIANI, D. E. Efeito de velocidades de rebaixamento do nível freático em diferentes períodos de desenvolvimento da cultura da alface. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 10-16, 2006.

MUKHTAR, S.; KANWAR, R. S.; BAKER, J. L. Corn Grown as Affected by Excess Soil Water. **Agricultural and Biosystems Engineering**, v. 33, n. 22, p.437-442, 1990.

OLIVEIRA, A. C. B.; ROSA, A. P. S. A.. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2013/2014 e 2014/2015**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.

SÁ, J. S.; CRUCIANI, D. E.; MINAMI, K. Suscetibilidade da ervilha a inundações temporárias do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 496-503, set./dez. 2003.

SARTORI, G. M. S.; MARCHESAN, E.; DE DAVID, R.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; DONATO, G.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SILVA M. F. Rendimento de grãos de soja em função de sistemas de plantio e irrigação por superfície em Planossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 12, p. 1139-1149, 2015.

SCHÖFFEL, E. R.; SACCOL, A. V.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P. Excesso hídrico sobre os componentes do rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 7-12, 2001.

SILVA, J. J. C. da; RAUPP, A. A. A.; SOUZA, R. M. de; COELHO, R. W.; RODRIGUES, R. C.; BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA, A. C. da. **Culturas alternativas em sistema de camalhão de base larga na região costeira do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. Comunicado Técnico.

SILVA, J. J. C. da; RAUPP, A. A.; SILVA, C. A. S. da; THEISEN, G. **Camalhões de base larga: uma opção para drenagem superficial de várzeas muito planas na região costeira do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. (Circular Técnica, 56).

SILVA, J. J. C. da; PARFITT, J. M. B.; SILVA, J. J. C. da; THEISEN, G. **Drenagem superficial para cultivos rotacionados em solos de várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. (Documentos, 237).

TAVARES, A. C. S.; DUARTE, S. N.; MIRANDA, J. B.; DIAS, N. da S.; SOUZA, K. T. S. de; ARRAES, F. D. D. Velocidade de rebaixamento do nível freático na qualidade do caldo da cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 458-472, 2015.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. **Soja: Manejo para alta produtividade de grãos**. Porto Alegre: Evangraf, 2010.

VEDELAGO, A.; CARMONA, F. C.; BOENI, M.; LANGE, C. L.; ANGHINONI, I. **Fertilidade e aptidão de uso dos solos para o cultivo da soja nas regiões arrozeiras do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: IRGA, 2012. (Boletim Técnico, 12).

VELOSO, M. E. C. **Potencialidade de impacto ambiental por nitrato, doses de N e flutuações do lençol freático para a cultura do milho sob sistema de drenagem**. 2006. 126 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.