

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Correlação de séries históricas produtivas de grãos em Sistemas de Integração
Lavoura e Pecuária com fenômenos ENOS e a disponibilidade hídrica.**

Ricardo Costa Leão

Passo Fundo

2022

Ricardo Costa Leão

Correlação de séries históricas produtivas de grãos em Sistemas de Integração Lavoura Pecuária com fenômenos ENOS e a disponibilidade hídrica.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Doutor em Agronomia.

Orientador:
Prof. Dr. Carlos Bondan
Coorientador:
Dr. Renato Serena Fontaneli

Passo Fundo

2022

CIP – Catalogação na Publicação

L437c Leão, Ricardo Costa
Correlação de séries históricas produtivas de grãos em
Sistemas de Integração Lavoura Pecuária com fenômenos
ENOS e a disponibilidade hídrica [recurso eletrônico] /
Ricardo Costa Leão. – 2022.
3.21 MB ; PDF.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bondan.
Coorientador: Prof. Dr. Renato Serena Fontaneli.
Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de
Passo Fundo, 2022.

1. Grãos – Cultivo. 2. Soja – Cultivo. 3. Milho – Cultivo.
4. Balanço hidrológico. I. Bondan, Carlos, orientador.
Fontaneli, Renato Serena, coorientador. III. Título.

CDU: 633.1

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

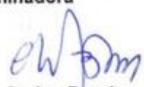
“Correlação de séries históricas produtivas de grãos em sistemas de integração lavoura e pecuária com fenômenos ENOS e a disponibilidade hídrica”

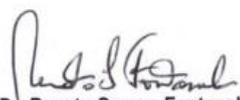
Elaborada por

Ricardo Costa Leão

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
“Doutor em Agronomia – Área de Produção e Proteção de Plantas”

Aprovada em: 28/04/2022
Pela Comissão Examinadora


Dr. Carlos Bondan
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador


Dr. Renato Serena Fontaneli
Coorientador –
EMBRAPA Trigo / UPF

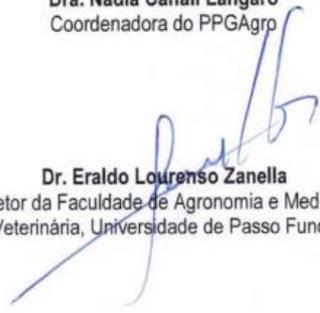

Dr. Genêi Antonio Dalmago
Coorientador –
Membro externo
EMBRAPA Trigo


Dr. Geraldo Chavarria Lamas Junior
Membro interno –
UPF

gov.br
Documento assinado digitalmente
ANDRÉ LUIZ RADUNZ
Data: 30/04/2022 16:34:01-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Dr. André Luiz Radunz
Membro externo
UFFS


Dra. Nadia Canali Lângaro
Coordenadora do PPGAgro


Dr. Eraldo Lourenso Zanella
Diretor da Faculdade de Agronomia e Medicina
Veterinária, Universidade de Passo Fundo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, a minha esposa Karina, a meus filhos Thaís e Théó, e a meus pais Francisco e Aderli, por sempre me apoiarem e compreenderem a importância da realização deste sonho para mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me sustentar na fé e me proporcionar uma vida cheia de bênçãos.

À minha esposa Karina e meus filhos Thaís e Théó, pelo suporte que me deram para realizar este desafio e pela compreensão de minha ausência em muitos momentos.

Ao Dr. Genei Dalmago por todas orientações, incentivos e dedicação para realização deste trabalho. Pela amizade e espírito fraternal com que dedicaste a minha pessoa, serei eternamente grato.

Ao Dr. Renato Fontaneli, por ter me incentivado a realização do doutorado e por ter acreditado em mim, aceitando ser meu orientador no início desta jornada.

Ao Professor Dr. Carlos Bondan por ter aceito me orientar e pelos conselhos e incentivos.

Ao Dr. Henrique Pereira dos Santos (In memoriam) pelo apoio, pelo convívio e pelo exemplo de humildade e dedicação a ciência e a família.

Aos professores Dr. Geraldo Luiz Chavarria e Dr. André Luiz Radunz por terem aceito participar da Banca de defesa e pelas contribuições ao aprimoramento deste trabalho.

As demais professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-Graduação e Agronomia da Universidade de Passo Fundo, pelo convívio e pela ajuda na realização deste sonho pessoal.

Aos colegas de Embrapa Trigo Felipe Pilger, Agostinho Pavan, Aldemir Pasinato, Elisson Pauletti, Evandro Lampert e a meus chefes Osvaldo Vasconcellos e Denilson Focking pelo apoio e incentivo.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de doutorado.

A todos que contribuíram e auxiliaram no meu crescimento pessoal e profissional, meus sinceros agradecimentos.

Pobre Francisco. Não acredite no que os olhos lhe dizem. Tudo que eles mostram é limitação. Olhe com compreensão, descubra o que já sabe e descobrirá a maneira de voar. (Richard Bach)

RESUMO

LEÃO, Ricardo Costa. **Correlação de séries históricas produtivas de grãos em sistemas de integração lavoura e pecuária com fenômenos ENOS e a disponibilidade hídrica.** 172 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2022.

A produção agrícola gaúcha de milho e soja se caracteriza pela grande variabilidade espacial e temporal dos rendimentos de grãos, e sua principal causa é a oscilação na disponibilidade hídrica para as culturas. Este fato se deve, principalmente, à irregular distribuição das chuvas, que é uma das características marcante deste elemento meteorológico no Estado do Rio Grande do Sul. O objetivo desse estudo foi avaliar diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) quanto ao potencial de mitigação dos efeitos de déficits hídricos sobre o rendimento de grãos de soja e milho entre as safras de 1996/97 e 2017/18. Foi realizada a retirada das tendências temporais das séries de dados e calculado o balanço hídrico diário para cada um dos sistemas e culturas. Posteriormente, nove variáveis hídricas foram testadas por coeficientes paramétrico e não paramétricos, quanto a correlação com o rendimento de grãos de milho e soja. As safras também foram classificadas pelas fases do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e quantificados os desvios de rendimento de grãos em relação à média livre de tendências. Os sistemas ILP não apresentaram diferenças no rendimento de grãos das duas espécies em resposta aos efeitos das fases do fenômeno ENOS. Os sistemas ILP, não foram capazes de mitigar os efeitos dos eventos ENOS na variabilidade dos rendimentos, em comparação ao sistema de produção exclusiva de grãos. Os sistemas ILP também não diferiram entre si, quanto às correlações entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas, tanto pelo coeficiente linear, quanto pelo coeficiente não paramétrico. Entretanto, as variáveis hídricas que apresentam correlações com o rendimento de grãos, variam de acordo com o fenômeno meteorológico predominante durante o desenvolvimento da cultura, especialmente aqueles classificados como La Niña e El Niño. Este resultado indica que ao analisar séries históricas longas, deve-se levar em consideração as condições meteorológicas predominantes durante as fases de desenvolvimento das culturas, a fim de diminuir a probabilidade de não serem captadas correlações importantes entre as variáveis hídricas e o rendimento de grãos.

Palavras-chave: 1. Mitigação. 2. ILP. 3. Soja. 4. Milho 5. Balanço hídrico.

ABSTRACT

LEÃO, Ricardo Costa. Correlation of historical series of grain production in Integrated crop livestock systems with ENSO phenomena and water availability. 172 f. Thesis (Doctorate in Agronomy) – University of Passo Fundo, Passo Fundo, 2022.

The agricultural production of corn and soybeans in Rio Grande do Sul is characterized by the great spatial and temporal variability of grain yields, and its main cause is the fluctuation in water availability for crops. This fact is mainly due to the irregular distribution of rainfall, which is one of the outstanding characteristics of this meteorological element in the State of Rio Grande do Sul. The objective of this study was to evaluate different crop-livestock integration systems (CLS) regarding the potential to mitigate the effects of water deficits on soybean and corn grain yield between the 1996/97 and 2017/18 harvests. Temporal trends were removed from the data series and the daily water balance was calculated for each of the systems and crops. Subsequently, nine water variables were tested by parametric and non-parametric coefficients, regarding the correlation with corn and soybean grain yield. The crops were also classified by the phases of the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) phenomenon and the deviations in grain yield from the trend-free mean were quantified. The CLS did not show differences in the grain yield of the two crops in response to the effects of the ENSO phenomenon phases. The ILP systems were not able to mitigate the effects of ENSO events on yield variability, compared to the exclusive grain production system. The CLS also did not differ from each other in terms of the correlations between grain yield and water variables, both by the linear coefficient and by the non-parametric coefficient. However, the water variables that present correlations with grain yield vary according to the prevailing meteorological phenomenon during crop development, especially those classified as La Niña and El Niño. This result indicates that when analyzing long historical series, one must take into account the prevailing meteorological conditions during the stages of crop development, in order to reduce the probability of not capturing important correlations between water variables and grain yield.

Key words: 1. Mitigate 2. SIPA. 3. Soybean. 4. Corn. 5. Water balance

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	<i>Sistema de integração lavoura pecuária</i>	16
2.2	<i>O solo em sistemas ILP's</i>	18
2.3	<i>Fatores ambientais na determinação da produtividade das culturas</i>	20
2.4	<i>Fenômenos El niño oscilação-sul (ENOS)</i>	23
2.5	<i>Balanço hídrico</i>	54
3	CAPÍTULO I - MITIGAÇÃO DA VARIABILIDADE CAUSADA PELOS FENÔMENOS ENOS NO RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA E MILHO POR SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	28
3.1	<i>Resumo</i>	28
3.2	<i>Introdução</i>	29
3.3	<i>Material e Métodos</i>	32
3.3.1	<i>Delineamento experimental</i>	33
3.4	<i>Resultados e Discussão</i>	39
3.5	<i>Conclusões</i>	51
4	CAPÍTULO II - RELAÇÃO ENTRE RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO E SOJA, E VARIÁVEIS HÍDRICAS EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA DE LONGA DURAÇÃO	49
4.1	<i>Resumo</i>	49
4.2	<i>Introdução</i>	50
4.3	<i>Material e Métodos</i>	54
4.3.1	<i>Delineamento experimental</i>	54
4.3.2	<i>Variáveis físico-hídricas do solo</i>	55
4.3.3	<i>Variáveis meteorológicas e balanço hídrico</i>	56
4.3.4	<i>Variáveis hídricas</i>	60
4.3.5	<i>Subperíodos</i>	61
4.4	<i>Resultados e Discussão</i>	62
4.5	<i>Conclusões</i>	92
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
6	CONCLUSÃO GERAL	95

REFERÊNCIAS

96

ANEXOS

112

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul é um dos maiores produtores brasileiros de soja e milho, cultivando na safra 2020/21 cerca de 6,01 milhões de hectares de soja e 801,7 mil hectares de milho, totalizando uma área de 6,8 milhões de hectares destinada somente a estas duas culturas durante os meses de verão. No Estado, estas culturas raramente são conduzidas sob sistemas irrigados, sendo que quase a totalidade do cultivo ocorre em regime de sequeiro, portanto, dependendo exclusivamente da precipitação pluvial durante seu ciclo de desenvolvimento. Como consequência desta situação, a produção agrícola gaúcha se caracteriza pela grande variabilidade espacial e temporal dos rendimentos de grãos, e tem como principal causa desta variabilidade e dos baixos rendimentos de grãos, a oscilação na disponibilidade hídrica para as culturas.

Os elementos climáticos afetam praticamente todas as fases da produção agrícola, seja positivamente ou negativamente. Dentre os diversos fatores que afetam a variabilidade climática, o fenômeno conhecido com ENOS (El Niño Oscilação Sul) é conforme demonstrado em diversos trabalhos, o que tem maior influência sobre a disponibilidade hídrica na Região Sul do Brasil, afetando a frequência, a intensidade e a quantidade de precipitação pluvial. Este fenômeno apresenta duas fases distintas, que são cíclicas, de duração e ocorrência variável e aperiódicas. No Rio Grande do Sul, a fase quente, denominada El Niño, favorece a maior probabilidade de aumento da disponibilidade hídrica, pelo aumento da frequência e intensidade de precipitações pluviais que, geralmente, favorecem as culturas de verão. Por outro lado, a fase fria deste mesmo fenômeno, conhecida como La Niña, diminui a probabilidade de precipitações, e conseqüentemente a disponibilidade hídrica para as culturas, podendo afetar negativamente as culturas de verão cultivadas sob influência desta fase.

Estratégias para mitigar efeitos negativos e tornar sistemas produtivos menos vulneráveis aos efeitos das variações climáticas, têm sido indicadas e adotadas nos últimos anos. Apesar disso, perdas significativas na agricultura de grãos ainda persistem,

especialmente, na fase fria do ENOS, demandando necessidade de estudos mais específicos para buscar novas alternativas de mitigação e convivência com o fenômeno.

A integração lavoura pecuária (ILP) é uma estratégia de ocupação de áreas agrícolas e pecuárias, que podem melhorar a capacidade produtiva, tanto da produtividade de grãos, quanto da produção animal. As culturas de grãos como o milho e a soja, cultivados após um período de uso da área com pastagens e/ou animais, devido ao aumento da matéria orgânica no solo e, principalmente, em função da maior produção de raízes, as quais atuam na agregação do solo e melhoram a condição físico-hídrica do mesmo. Algumas espécies forrageiras auxiliam também na remobilização dos nutrientes no solo, distribuindo-os em camadas de solo mais acessíveis às plantas, o que se traduz na elevação da produtividade de grãos às espécies cultivadas em sequência. Por este motivo, sistemas integrados de produção têm sido sugeridos como estratégia para aumentar a resiliência e, conseqüentemente, reduzir a vulnerabilidade dos sistemas agrícolas à variabilidade climática. Entretanto, efeitos desses sistemas sobre a disponibilidade hídrica no solo e possível capacidade de mitigação destes efeitos climáticos, ainda são pouco conhecidos, ou são inferidos indiretamente, a partir de outras variáveis.

Essa tese apresenta em seu primeiro capítulo, um referencial teórico que aborda sistemas integrados de produção lavoura-pecuária (ILP) e fatores ambientais determinantes da produtividade, e mais dois capítulos referentes aos resultados da pesquisa foco desta tese. O segundo capítulo avaliou a capacidade de quatro sistemas de integração lavoura-pecuária de longa duração, em mitigar a variabilidade no rendimento de grãos de milho e soja causada pelos fenômenos ENOS (El Niño e La Niña) em comparação a um sistema exclusivamente de produção de grãos. O terceiro capítulo comparou os sistemas de integração lavoura-pecuária quanto a relação entre o rendimento de grãos de soja e milho, e nove variáveis hídricas, utilizando análises de correlações paramétricas e não paramétricas, em diversos subperíodos do desenvolvimento destas culturas. Em ambos os capítulos foram utilizados dados da série histórica do experimento entre os anos safras de 1996/97 a 2017/18.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O conhecimento dos principais fatores que determinam o desenvolvimento e o crescimento das culturas é fundamental para nortear práticas de manejo. Essa tarefa é mais desafiadora em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), pois há necessidade de conciliar a produção do pasto e a do animal, além da lavoura em sucessão (KUNRATH et al., 2015). Para estimar o potencial produtivo de uma cultura, é necessário conhecer quais fatores contribuem e quais delimitam o alcance deste potencial; além de compreender como atuam sob a planta (RIBEIRO et al. 2021).

A produtividade de grãos é uma variável complexa, que expressa a interação da genética com o ambiente e está diretamente relacionada a práticas de manejo, que podem, ou não, potencializá-la. Devido a essa complexidade, esta pode ser subdividida em componentes de produtividade (ZANON et al., 2018).

Segundo Ribeiro et al. (2021) quando falamos em potencial de produtividade (PP) de uma cultura, primeiramente precisamos entender e conhecer quais fatores definem e quais limitam o alcance do potencial. O PP é definido pelo ambiente e genética da planta, portanto, a quantidade de radiação solar incidente, quantidade de água disponível, concentração de CO₂ atmosférico, temperatura do ar e características genéticas de uma cultivar determinam o máximo que a cultura pode produzir. Já fatores como incidência de pragas, doenças, fornecimento insuficiente de água e nutrientes são limitantes de produtividade (EVANS, 1993). Em ambientes não irrigados, a água passa a limitar o potencial produtivo das culturas, sendo considerado, então, o potencial de produtividade limitado por água (VAN ITTERSUM et al., 2013). Para alcançar o potencial produtivo, devemos garantir as condições de crescimento ideais para que a planta se desenvolva. No entanto, mesmo em parcelas experimentais controladas, alcançar esta condição é muito difícil, devido à quantidade de fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas (RIBEIRO et al., 2021).

Embora o sistema ILP possa apresentar vantagens em relação a sistemas não integrados de produção, seu sucesso depende de adequado conhecimento sobre o sistema como um todo. O manejo adequado da propriedade deve ser realizado com o objetivo de obtenção de elevados rendimentos, seja no componente animal como no vegetal. Sistemas que envolvem a interação solo-planta-animal são mais complexos do que sistemas que envolvem somente a interação solo-planta. Esse conhecimento deve servir de subsídio para o planejamento das ações a serem desenvolvidas nas propriedades (BALBINOT et al., 2009).

2.1 Sistemas de Integração Lavoura Pecuária

Integração Lavoura-Pecuária (ILP) é a denominação coloquial dos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA), e refere-se a sistemas de produção que planeja associações de cultivos agrícolas e produção animal com vistas a explorar sinergismos e propriedades emergentes decorrentes deste conceito de produção (CARVALHO et al., 2015). Balbinot Jr. et al. (2009) definem a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) como: “um sistema que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais ou perenes, destinadas à alimentação animal, e culturas destinadas a produção vegetal, sobre tudo, grãos”.

A ILP não é uma tecnologia recente, e seus princípios são utilizados há muito tempo, principalmente na Europa, onde já eram conhecidos desde a antiguidade. Contudo, nas últimas décadas, seu uso vinha sendo preterido em relação a sistemas mais especializados e, portanto, menos diversificados de produção. (BALBINO et al., 2011; CARVALHO et al., 2015). Embora os fundamentos básicos dos sistemas integrados sejam antigos, sua aplicação de maneira planejada e propositada, diversa da simples rotação de culturas, nem tanto. O termo Integração Lavoura-Pecuária (ILP) foi usado nesse sentido, e explicitamente, por Medeiros (1978), ao sugerir o uso de bovinos de corte em áreas de cultivo de trigo e soja no Planalto do Rio Grande do Sul. Ele advogou a coexistência da lavoura e da pecuária na mesma propriedade, o que Moraes et al. (2014)

consideram, no Brasil, um avanço de maturidade do SIPA como conceito distinto da simples rotação de cultivo/pastagens (CARVALHO et al., 2014)

O sistema ILP intensifica o uso de áreas agrícolas na região Sul do Brasil, proporcionando vantagens biológicas e econômicas, o que pode se refletir em um aumento de rendimento e redução de custos de produção. No entanto, para o adequado funcionamento, alguns fundamentos devem ser atendidos, como o uso de rotação de culturas e sistema de plantio direto, a correção da acidez e fertilidade do solo, o emprego de genótipos melhorados, bem como o manejo correto da pastagem, em especial no que tange a sua fertilização e à manutenção de altura adequada da mesma. Para que esses fundamentos sejam adotados com sucesso, são necessários conhecimento e planejamento das ações a serem desenvolvidas na propriedade (BALBINOT JR., et al., 2009, CALEGARI, 2014).

O uso do SPD como um dos pilares do sistema ILP, segue três princípios: 1) o não revolvimento do solo; 2) cobertura permanente com palha, e 3) rotação de culturas na área, incluindo um ciclo anual de espécies vegetais produtoras de biomassa para a cobertura do solo, sendo esse um princípio da biodiversidade (CALEGARI, 2014, SILVEIRA et al., 2021). O manejo com plantas para cobertura do solo oportuniza o manejo da água pluvial, pelo aumento da infiltração no perfil do solo, aumentando assim a absorção e retenção da água, com influência direta no aumento do período de plantio naquelas áreas em que os agricultores são dependentes das chuvas para o plantio (ANGELETTI et al., 2018). Ainda, observa-se um aumento na estabilidade dos agregados e na capacidade de retenção de água, fatores que são favorecidos pela condução do sistema, bem como pelo aumento do teor de MO. Além disso, culturas como a do milho e da soja, empregadas aos diferentes sistemas de manejo apresentaram um maior rendimento no plantio direto (COSTA & RAVA, 2003).

2.2 O solo em sistemas ILP

As condições químicas, físicas e biológicas do solo, definem um ambiente de produção que pode condicionar alto potencial produtivo. Entre eles, a fertilidade, que representa a fonte de nutrientes às plantas, a profundidade do solo, que representa o espaço físico que a raiz tem para crescer, a textura, que se relaciona com os teores de matéria orgânica do solo e a disponibilidade de água, que está intimamente relacionada com a solução do solo (PRADO, 2008; MÜLLER et al., 2021).

Vários trabalhos demonstram que o tipo de exploração agrícola afeta os atributos físicos do solo (ANDREOLA, COSTA & OLSZEWSKI, 2000; SPERA et al., 2004; CONTE et al., 2011). Os sistemas ILP, através da rotação de culturas sob sistema de plantio direto, incluindo espécies com diferentes características, como por exemplo, sistema radicular e produção de matéria seca, podem no decorrer do tempo modificar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (LOSS et al., 2011; SANTOS et al., 2009; SILVA et al., 2011, CALEGARI, 2020). Os sistemas ILP também podem melhorar a ciclagem e o aproveitamento de nutrientes nos diferentes compartimentos que compõem o sistema solo-planta-animal-atmosfera, sendo definida principalmente pela intensidade de pastejo dos animais (HENTZ et al., 2014).

Outro exemplo, é a utilização de pastagens em áreas degradadas de lavouras que segundo Loss et al. (2011) melhora as propriedades edáficas do solo pela presença de palha e raízes da pastagem, aumenta os teores de carbono e melhora significativamente as condições de aeração e capacidade de infiltração de água. Domit et al. (2014) demonstraram que o tempo de adoção do SPD também tem impacto positivo sobre os atributos do solo, fazendo com que a resistência mecânica à penetração e densidade do solo diminuíssem. Além disso, os teores de vários nutrientes e da matéria orgânica do solo foram elevados ao longo de mais de 30 anos de utilização desse sistema, principalmente na camada superficial (DEBIASI et al., 2013).

A matéria orgânica é o componente do solo mais afetado pelo manejo de produção. Esta é proveniente do resíduo orgânico deixado pelas culturas e atua como o principal condicionador do solo, aumentando a estabilidade e porosidade de agregados (LOSS et al., 2011) e reduzindo a densidade (SPERA et al., 2004), que, conseqüentemente, melhora a infiltração de água, estimula o crescimento radicular das plantas (BRAIDA, 2011) e reduz a compactação. A matéria orgânica centraliza as constantes trocas de matéria e energia pela microbiota do solo, que tanto afeta como é afetada por todos os componentes do sistema, representados por seus indicadores de diagnósticos das propriedades, da dimensão e da temporalidade dos sistemas. Esta abordagem induz a uma mudança da visão do conceito da fertilidade do solo: do químico-mineralista (tradicional) à propriedade que emerge da evolução do sistema, como capacidade produtiva do solo enquanto, mantém ou melhora suas funções.

Para Anghinoni, et al. (2015), o solo é considerado o compartimento centralizador dos processos e aquele que captura as modificações do sistema de produção. Por este motivo, os mesmos autores indicam que em sistemas ILP, a abordagem do solo deve incluir todas as inter-relações entre os componentes físicos, químicos e biológicos, as quais são dinâmicas ao longo do tempo, e determinadas pelas escolhas de manejo adotadas.

Segundo Moraes et al. (2014), o Brasil é um dos principais provedores de trabalhos científicos sobre sistemas integrados de produção. Porém, ressaltam que mesmo com número crescente de trabalhos no país, sobre este assunto, as pesquisas com visão sistêmica e de maior escala temporal e espacial ainda necessitam de estudos, para que possam detectar interações entre os diversos fatores bióticos e abióticos, e novas propriedades que emergem destes sistemas.

2.3 Fatores ambientais na determinação da produtividade das culturas

O clima é um fator decisivo para a agricultura, que impacta de maneira direta a economia e sociedade (SIEBERT, WEBBER & REZAEI, 2017). O homem utiliza-se de ferramentas e técnicas de manejo que o auxiliam na produção agrícola, adaptando-as às condições climáticas dominantes, já que não é capaz de mudar, pelo menos em macroescala, o tempo e nem o clima (PINTO & NETTO, 2008). Portanto, o estudo climatológico torna-se muito importante na agricultura, principalmente pela análise temporal e espacial dos elementos climáticos e suas dependências em relação às diferentes culturas e a seus ciclos de desenvolvimento (RIBEIRO, 1993).

O clima, enquanto recurso natural, é muito importante na prática da agricultura, pois cada planta necessita de determinadas quantidades de água, calor e luz nas épocas certas de seu desenvolvimento. Por isso, qualquer alteração brusca dessas variáveis climáticas pode comprometer o ciclo vegetativo e, conseqüentemente, a produção/produtividade (ALMEIDA, 2005).

As alterações climáticas e suas conseqüências para as atividades humanas, incluindo a agricultura, têm sido objeto de estudos em diversas partes do mundo, principalmente em relação a tendência de aumento e/ou decréscimo nas séries históricas de precipitação (DUHAN & PANDEY, 2013; RIBEIRO et al., 2014; AHMAD et al., 2015). No entanto, segundo Moreira & Naghetini (2016), a identificação destas alterações é complexa dada as incertezas presentes na dinâmica dos processos hidrológicos.

O Brasil, segundo Silva et al., (2016), é altamente suscetível aos possíveis efeitos das alterações climáticas. Além disso, Assis et al., (2012) afirmam que o país também acompanha o cenário climático global de aquecimento, em que as mudanças mais significativas estão relacionadas as alterações nos padrões de chuva e na distribuição de eventos climáticos extremos, como secas e inundações.

As variáveis climáticas estão intimamente inter-relacionadas na influência que exercem sobre as lavouras e segundo Ray et al., (2015), explicam um terço da variação global do rendimento das colheitas. As variações diárias, sazonais ou anuais nos valores dos elementos atmosféricos são de grande importância na determinação da eficiência do crescimento dos cultivos. O ambiente climático nos quais as lavouras se desenvolvem, o microclima, imediatamente em torno das mesmas, é de vital importância. As condições climáticas reinantes no interior dos solos, onde a germinação ocorre, e nas proximidades do terreno em que os cultivos crescem, podem ser bastante diferentes das que predominam no ar logo acima dos mesmos (PINTO & NETTO, 2008).

De acordo com Zanon et al. (2018), dentre os fatores inerentes à produção agrícola, o clima continua aparecendo como aquele de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação às máximas produtividades. No Rio Grande do Sul, diversas análises de produção agrícola apontam alta correlação entre as variações, no tempo e no espaço, das safras das principais culturas agrícolas do Estado com as condições meteorológicas e climáticas. Dentre estas, o fator hídrico é o que atua com maior frequência e intensidade, afetando a produção das lavouras no Estado (MATZENAUER, et al., 1995; ARSEGO, et al., 2018; GUEDES, PRIEBE & MANKE, 2019). Além disso, as adversidades climáticas tornaram-se o principal fator de risco e de frustrações das safras de culturas como a soja (CUNHA et al., 1998; BERLATO, et al., 1999; MATZENAUER et al., 2003) e o Milho (FONTANA & BERLATO, 1996; MATZENAUER et al., 2004; BERLATO, FARENZENA & FONTANA, 2005; BERGAMASCHI et al., 2006), em parte, devido a dificuldade em prever as variabilidades do clima.

O regime pluviométrico é dentre os elementos climáticos, o que exerce maior influência sobre as condições ambientais, e conseqüentemente, o de maior influência direta sobre a produção das culturas agrícolas (DENG et al., 2017; SLOAT et al., 2018; TERRA, 2021), pois afetam todas as etapas das atividades agrícolas, desde o preparo do solo para o plantio até o armazenamento dos produtos (JAVED et al., 2021). Em diversos países do mundo, incluindo o Brasil, alterações nas tendências pluviométricas têm sido apontadas por diferentes grupos de pesquisa (GOCIC & TRAJKOVIC, 2013; DUHAM

& PENDEY, 2013; VILLAFUERTES II et al., 2014; SHAO et al., 2015 e SILVA et al., 2016). A quantidade e distribuição das precipitações pluviiais variam de um ano para outro durante o ciclo de desenvolvimento das culturas, o que pode gerar instabilidade na produção, reduzindo a receita dos agricultores (GAJIC et al, 2018).

As culturas de soja e milho apresentam elevado consumo de água (MATZENAUER, RADIN & CARGNELUTTI, 2018). Em estudo realizado para o Estado do Rio Grande do Sul, Matzenauer et al. (2004) revelam que em 68% dos casos, a probabilidade de a precipitação pluvial ser igual ou superior à evapotranspiração máxima (ETm) da cultura do milho é inferior a 0,60. Quando são considerados subperíodos menores e mais críticos ao desenvolvimento da planta, as probabilidades diminuem, sendo que durante a floração do milho, a probabilidade da precipitação pluvial ser igual ou superior à evapotranspiração máxima é inferior a 0,5, em 95% dos casos.

Para a cultura da soja, também nas condições do Rio Grande do Sul, em 85% dos casos, a probabilidade é inferior a 0,60 de a precipitação pluvial ser igual ou superior a ETm. Durante a floração e o enchimento de grãos, considerados os períodos mais críticos para a cultura, a probabilidade é menor que 30%, em todos os casos, de a precipitação ser maior do que a evapotranspiração máxima (MATZENAUER, et al., 2003).

Para a cultura da soja a variabilidade na distribuição de chuvas, durante o período de primavera-verão, é a principal limitação à expressão do potencial de rendimento de grãos da cultura de soja no Sul do Brasil (CUNHA et al., 1998). Os autores através da análise baseada em um modelo de relação clima-planta, considerando as interações local x data de semeadura x ciclo das cultivares, determinaram a perda de potencial de rendimento em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. Concluíram que a disponibilidade hídrica limita a expressão do potencial de rendimento de grãos na cultura de soja, no Rio Grande do Sul em escalas regionalmente diferenciadas e que há um gradiente de perda de potencial de rendimento de grãos por deficiência hídrica, com aumento de magnitude no sentido de nordeste para sudoeste. Também foi constatado que as maiores perdas de rendimento de grãos ocorrem na metade sul e parte oeste,

comparativamente à metade norte e a parte leste do Estado. A magnitude das perdas de rendimento potencial de grãos por déficit hídrico, considerando-se as ocorrências em 80% dos anos, pode ser igual ou menor que 30% no Nordeste ou que 55% no sudoeste do Estado.

As relações entre rendimento de grãos de milho e variáveis hídricas no Rio Grande do Sul foram estudadas por Matzenauer et al., 1995. Os autores estabeleceram relações entre o rendimento de grãos de milho e as variáveis hídricas precipitação pluvial (P), evapotranspiração real (ET_r), deficiência hídrica (D) e consumo relativo de água (índice ET_r/ET_m) em diferentes períodos do ciclo da cultura. Os dados de rendimento de grãos e fenologia foram obtidos em experimentos conduzidos em Taquari, São Borja, Santo Augusto e Veranópolis entre os anos de 1976 a 1990. As análises foram feitas para os grupos de maturação precoce e normal. As variáveis hídricas às quais o rendimento de grãos esteve mais associado foram o consumo relativo de água, a deficiência hídrica e a evapotranspiração real, sendo a precipitação pluvial a que apresentou os piores ajustes. O período em que foram observadas as mais altas associações entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas foi o que engloba a floração e início de enchimento de grãos, caracterizando-se como o período de maior sensibilidade ao déficit hídrico.

2.4 Fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS)

El Niño-Oscilação Sul (ENOS) é o principal modo de interação oceano-atmosfera e seus impactos observados em escala global (GRIMM, 2015, WANG, 2018). Atualmente, é a principal fonte conhecida de variabilidade climática de curto prazo, sendo que seus dois extremos, El Niño (fase quente) e La Niña (fase fria), tem um tempo de retorno que pode ser considerado como irregular, envolvendo eventos com intensidades fortes, moderadas, fracas ou, até mesmo, ausentes, caso dos chamados anos Neutros (CUNHA et al., 2001). Apesar dos fenômenos El Niño e La Niña apresentarem diferentes efeitos no tempo, não resultam necessariamente em condições climáticas espelho um do outro (CHATTOPADHYAY, SHIVSAIAJIT & GOSWAMI, 2019). Estudos demonstram que zonas tropicais sofrem mais os efeitos do ENOS em comparação as

demais regiões do planeta (HSIANG & MENG, 2015), e que seus impactos tendem a ser futuramente mais recorrentes e rigorosos (ZHANG et al., 2016).

A produção de grãos no Rio Grande do Sul é extremamente impactada por diversos fenômenos meteorológicos, dentre os quais, o de maior influência é o El Niño Oscilação Sul (ENOS), pois este fenômeno afeta a distribuição e variabilidade das precipitações no Estado (CUSTÓDIO, et al., 2016; ARSEGO et al., 2018). Há uma série de estudos que demonstram como o fenômeno ENOS afeta a variabilidade do rendimento das principais culturas agrícolas no Rio Grande do Sul (BERGAMASCHI, 1989; FONTANA & BERLATO, 1996; BERLATO & FONTANA, 1999; CUNHA, HASS & DALMAGO, 1999; CUNHA et al., 2001; BAPTISTA & BERLATO, 2004; BERLATO & FONTANA, 2003; BERLATO & FONTANA, 2011; CUSTÓDIO et al., 2016; MATZENAUER, RADIN & CARGNELUTTI, 2018).

Berlato, Farenzena e Fontana (2005) encontraram correlações positivas para o El Niño e negativa para La Niña, quando estes fenômenos foram relacionados ao rendimento médio de grãos de milho do Estado do Rio Grande do Sul. Já para a cultura da soja, cultivada sob as condições do Planalto Médio e Depressão Central do Rio Grande do Sul, as deficiências hídricas foram maiores em anos Neutros, do que em anos de La Niña, na maioria dos casos avaliados (MATZENAUER et al., 2004; MATZENAUER, RADIN & CARGNELUTTI, 2018). Em Santa Maria, RS, Alberto et al. (2006) simularam o rendimento de grãos de soja e milho, através de modelos matemáticos, para o período entre 1969 a 2003, e os associaram aos fenômenos ENOS. Os autores concluíram que os anos de El Niño foram os mais favoráveis ao rendimento de grãos de soja e milho e que os anos classificados como neutros apresentaram maior risco de perda de rendimento de grãos para estas duas culturas. Em estudo mais recente, Matzenauer et al., 2018, utilizando dados de rendimento de grãos dos anos agrícolas de 1974/75 a 2016/17, afirmam que o rendimento de soja e de milho no Rio Grande do Sul, não difere entre os eventos El Niño.

2.5 Balanço hídrico

O déficit hídrico é definido por Taiz & Zaiger (2012), como o processo que ocorre quando o conteúdo de água no tecido ou célula vegetal é reduzido e fica abaixo do volume de hidratação máxima da célula.

O estresse por falta de água é considerado um dos fatores mais relevantes na limitação da produção vegetal em todo o mundo (ASBAG et al., 2009). O déficit hídrico provoca alterações na planta, cuja irreversibilidade depende do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (MEDICI et al., 2007). Em resposta ao déficit hídrico, as plantas apresentam estratégias como o fechamento estomático, maior crescimento radicular e a redução da área foliar como consequência da redução da expansão celular e da abscisão foliar (TAIZ & ZAIGER, 2012).

De toda a água absorvida pelas plantas via sistema radicular, 97% é transpirada através dos estômatos foliares, enquanto somente os 3% restantes são utilizados nos processos biológicos e no aumento de volume e expansão celular (TAIZ & ZAIGER, 2012). Segundo Loose (2016), a transpiração é responsável pela quase totalidade do consumo de água pela planta. O autor também afirma que, em uma superfície com cobertura vegetal, uma fração da água presente no solo é transpirada pelas plantas e outra é evaporada diretamente da superfície, e que a soma das duas é denominada evapotranspiração. Este conceito é utilizado para definir uma das variáveis para calcular o balanço hídrico sequencial do solo (BHS).

Segundo Sentelhas & Angelocci (2012), o balanço hídrico nada mais é do que o cômputo das entradas e saídas de água de um sistema controle em uma escala temporal. O fluxo água ocorre em função da diferença de seu potencial, movendo-se do ponto de maior para o de menor potencial (MARTINS, 2010). Portanto, para que o fluxo de água se mantenha no sistema solo-planta-atmosfera é necessário que o potencial de água no solo seja maior do que o encontrado na planta, e este maior do que o encontrado na atmosfera. Quando a absorção de água pelo sistema radicular é menor do que sua evapotranspiração, a planta entra em balanço hídrico negativo. Este processo pode ocorrer

diariamente, sendo caracterizada como um déficit hídrico de curto prazo ou duração (SOUZA, CARDOSO, 2003) e pode ser revertido caso o sistema radicular mantenha a absorção de água e pela abertura estomática durante o período noturno, devido a menor demanda evapotranspirativa. Porém, quando após esse período noturno de menor transpiração o conteúdo de água na planta ainda não for recuperado, ocorre o então o estresse por déficit hídrico de longo prazo (BIANCHI, 2004; KORCELSKI, 2019). Isso deve-se ao reduzido volume de água no solo e à elevada demanda evaporativa durante um longo período, o que aumenta a resistência no sistema solo-raiz (LARCHER, 2000).

A avaliação da quantidade de água no solo disponível para as plantas, pode ser realizada de diferentes formas. No caso de uma cultura de grãos, o balanço hídrico do solo é uma estratégia importante, especialmente quando não se dispõem de equipamentos e sensores específicos. O balanço hídrico tem por objetivo estabelecer a variação de armazenamento de água no solo e, conseqüentemente, derivar a disponibilidade de água no solo às plantas em um dado momento. Realizando essa análise em intervalos de tempo, é possível determinar, por exemplo, a ocorrência de deficiência hídrica, a qual está intimamente ligada aos níveis de rendimento de grãos da cultura (SENTELHAS, 2012).

Loose (2016) explica que o balanço hídrico sequencial é baseado na quantidade de água armazenada no solo, cuja capacidade máxima é denominada de capacidade de armazenamento de água disponível (CAD), que pode variar dependendo das propriedades do solo (textura, densidade, porosidade, química, biológica) e também das características da planta, principalmente do crescimento e da profundidade efetiva do sistema radicular. A CAD é dada pela diferença entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) (BERNARDO, SOARES, MANTOVANI, 2006). Assim um balanço entre a precipitação e a evapotranspiração pode indicar de forma mais consistente as disponibilidades hídricas de uma região no decorrer do ano agrícola, auxiliando no planejamento efetivo das culturas em função do local escolhido, bem como sua melhor data de semeadura (FANCELLI et al., 1982).

No entanto, é necessário estimar a evapotranspiração máxima da cultura através de métodos mais precisos, tal como recomendado por Allen et al. (1999) em escala de tempo diária para a real capacidade de armazenamento de água no solo (SILVA et al., 2006; TRENTIN, 2009), para obter valores mais realísticos de deficiência e do excesso hídrico através do balanço hídrico.

Outro fator relevante quanto aos estoques de água no solo, é o sistema de manejo adotado, o qual pode atuar de forma decisiva na distribuição hídrica, no perfil e nas interações solo-planta-atmosfera, ao longo do tempo. Estudos de longa duração apontam que isto se deve às alterações físicas que ocorrem em função do sistema de manejo adotado; por exemplo, o preparo convencional promove a inversão das camadas aráveis do solo por aração e gradagens, ocasionando aumento da macroporosidade do solo em relação à microporosidade (MARTORANO, et al., 2009).

3 CAPÍTULO I - MITIGAÇÃO DA VARIABILIDADE CAUSADA PELOS FENÔMENOS ENOS NO RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA E MILHO POR SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA.

3.1 Resumo

A resposta produtiva da soja e do milho são fortemente influenciadas pelas condições ambientais, especialmente pela variabilidade dos elementos meteorológicos. O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária quanto a capacidade de mitigação dos impactos da variabilidade climática associada aos fenômenos El Niño e La Niña sobre o rendimento de grãos de soja e milho. Foram utilizadas as séries históricas de rendimento médio de grãos entre as safras de 1996/97 e 2017/18 das duas culturas, conduzidas sob os cinco diferentes sistemas de produção que compõem o experimento. Após a retirada das tendências temporais das séries de dados, os anos foram classificados pelas fases do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e quantificados os desvios de rendimento de grãos em relação à média livre de tendências. Os diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) não apresentaram diferenças no rendimento de grãos de milho e de soja em resposta aos efeitos das fases do fenômeno ENOS (El Niño e La Niña). Os sistemas de produção ILP, também não foram capazes de mitigar os efeitos dos eventos ENOS na variabilidade dos rendimentos, em comparação ao sistema de produção exclusiva de grãos.

Palavras-chave: 1. El Niño. 2. La Niña. 3. Mitigação. 4. Soja. 5. Milho.

3.2 Introdução

Dados da Conab (2022) mostram que o Estado do Rio Grande do Sul (RS), na safra 2020/21, cultivou 6,01 milhões de hectares de soja, com média de produtividade de 3.433 kg ha⁻¹, totalizando uma produção de 20,79 milhões de toneladas de grãos. Na mesma safra o Estado também cultivou 801,7 mil hectares de milho, com produtividade média de 5.476 kg ha⁻¹, totalizando 4,39 milhões de toneladas produzidas do grão. Estes dados demonstram a importância destas duas culturas, que junto com o arroz, são as principais cultivadas no RS durante a primavera-verão (MATZENAUER, RADIN & CARGNELUTTI, 2018). Contudo, a cultura do arroz é irrigada, enquanto as de milho e a soja são, basicamente, dependentes da precipitação pluvial durante o ciclo.

A produção agrícola gaúcha se caracteriza pela grande variabilidade espacial e temporal dos rendimentos de grãos e a principal causa dessa variabilidade e dos baixos rendimentos de grãos é a oscilação na disponibilidade hídrica para as culturas. Este fato se deve à baixa quantidade de precipitação pluvial em algumas regiões e, principalmente, à irregular distribuição das chuvas, que é uma das características marcante deste elemento meteorológico no Rio Grande do Sul, especialmente durante os meses de verão Matzenauer, Radin e Cargnelutti, (2018). Características de manejo da cultura, estrutura, conservação e fertilidade do solo, além de temperaturas do ar elevadas e precipitações pluviais excessivas, principalmente, na época da colheita, também contribuem, em menor escala, para essas oscilações de rendimento de grãos das principais culturas cultivadas no estado (MATZENAUER, et al., 2002).

Apesar de todos os avanços tecnológicos e científicos, o clima continua sendo o fator que mais afeta a agricultura, tanto em micro, quanto em macro escala. Os elementos climáticos interferem positiva ou negativamente em todos os períodos da cadeia de produção agrícola, desde a preparação do solo, semeadura, crescimento e desenvolvimento das plantas, colheita, transporte, armazenamento e até na comercialização do produto (AYOADE, 2010). Em termos micro a variabilidade climática é consequência de fatores como topografia, disposição do terreno,

continentalidade, existência de quebra-ventos, entre outros fatores, enquanto na macroescala a variabilidade é consequência de fenômenos que afetam, praticamente, todo o clima do planeta, em que o fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) é o mais conhecido.

O ENOS é um fenômeno de grande escala, que ocorre na região do Oceano Pacífico Equatorial e afeta o tempo e o clima em diversos locais do Globo Terrestre (CANE, 2001; CUNHA, 2001), inclusive na região Sul do Brasil (BERLATO & FONTANA, 2003). As fases, quente (El Niño) e fria (La Niña) do ENOS são cíclicas, de duração e ocorrência variável ou aperiódica (GLANTZ, 2001). Na Região Sul do Brasil, um dos principais impactos da fase quente e fria do ENOS é sobre a frequência, a intensidade e a quantidade de precipitação pluvial (FONTANA & BERLATO, 1997; BERLATO & FONTANA, 2003). Como consequência, a variabilidade interanual da produção agrícola, no Estado do Rio Grande do Sul, está associada ao ENOS (BERLATO, FARENZENA & FONTANA, 2005; ALBERTO et al., 2006, MATZENAUER, RADIN & CARGNELUTTI, 2018), pois a precipitação pluvial é a principal fonte de água para as culturas não irrigadas.

Além da precipitação pluvial, as fases quentes e frias afetam, direta ou indiretamente, outras variáveis meteorológicas como a temperatura do ar (GUIMARÃES & REIS, 2012; CORDEIRO et al., 2016, BUENO et al., 2020) e a nebulosidade (CUSTÓDIO, 2016). Conjuntamente, essas alterações climáticas e/ou meteorológicas influenciam processos como o balanço hídrico no solo (ALBERTO et al., 2006) e a evapotranspiração (STRECK, et al., 2008), causando déficit e excesso hídricos (PUCHALSKI, 2000), que podem influir sobre processos biológicos que resultam em impactos nas culturas produtoras de grãos. O grau de influência dos fenômenos ENOS na agricultura da Região Sul do Brasil depende da cultura e época do calendário agrícola em que ocorrem (BERLATO & FONTANA, 2011).

Berlato, Farenzena e Fontana (2005) encontraram correlações positivas para o El Niño e negativa para La Niña, quando estes fenômenos foram relacionados ao rendimento

médio de grãos de milho do Estado do Rio Grande do Sul. Já para a cultura da soja, cultivada sob as condições do Planalto Médio e Depressão Central do Rio Grande do Sul, as deficiências hídricas foram maiores em anos Neutros, do que em anos de La Niña, na maioria dos casos avaliados (MATZENAUER et al., 2004; MATZENAUER, RADIN & CARGNELUTTI, 2018). Em Santa Maria, RS, Alberto et al., (2006) simularam o rendimento de grãos de soja e milho, através de modelos matemáticos, para o período entre 1969 a 2003, e os associaram aos fenômenos ENOS. Os autores concluíram que os anos de El Niño foram os mais favoráveis ao rendimento de grãos de soja e milho e que os anos classificados como neutros apresentaram maior risco de perda de rendimento de grãos para estas duas culturas. Em estudo mais recente, Matzenauer, Radin e Cargnelutti, 2018, utilizando dados de rendimento de grãos dos anos agrícolas de 1974/75 a 2016/17, afirmam que o rendimento de soja e de milho no Rio Grande do Sul, não difere entre os eventos El Niño.

Estratégias para mitigar efeitos negativos e tornar sistemas produtivos menos vulneráveis aos efeitos das variações climáticas, têm sido indicadas e adotadas nos últimos anos. Apesar disso, perdas significativas na agricultura de grãos ainda persistem, especialmente, na fase fria do ENOS, demandando necessidade de estudos mais específicos para buscar novas alternativas de mitigação e convivência com o fenômeno. De acordo com Stark et al (2018), a integração de culturas agrícolas e a pecuária (ILP) tem sido sugerida como uma forma de aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas, o que poderia ser uma forma de reduzir a vulnerabilidade de sistemas de produção de grãos em anos menos favoráveis. O princípio é que sistema ILP promovem práticas que melhoram as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, a reciclagem de nutrientes, a diversificação de fontes de renda e a regulação de pragas e doenças (MORECROFT et al., 2012; ALTIERI et al., 2015; RAPIDEL et al., 2015; GARRET et al., 2017; MIGLIORINI & WEZEL, 2017; PETERSON, EVENIER & GAUDIN, 2018). Entretanto, efeitos desses sistemas sobre a disponibilidade hídrica no solo ainda são pouco conhecidos, ou são inferidos indiretamente, a partir de outras variáveis, ou ainda, foram obtidos em sistemas ILP pouco complexos, conforme apontado por Szymczak et al., (2020). Desta forma, é de fundamental importância ampliar o conhecimento sobre

como as variáveis ambientais afetam os fatores promotores de rendimento de grãos das culturas conduzidas em sistemas de integração lavoura-pecuária, sob sistemas de plantio direto, comparando-os a sistemas tradicionais de produção de grãos.

A associação de experimentos de longa duração com práticas e manejo em ILP pode auxiliar a compreender a divergência entre resultados encontrados em trabalhos sobre o efeito dos fenômenos ENOS sobre as culturas de milho e soja e, a partir disso, possibilitar elaboração de sistemas de produção com capacidade de mitigar efeitos de variabilidade na produtividade de grãos das culturas de milho e soja em anos hidricamente menos favoráveis, dada a sua dinamicidade e complexidade envolvida. Avanços nestes estudos são necessários, considerando que a maioria dos trabalhos sobre ENOS utilizou dados de rendimento médio de grãos para grandes regiões e/ou simulados (MATZENAUER et al., 2004, BERLATO, FARENZENA & FONTANA, 2005; ALBERTO et al., 2006; MATZENAUER, RADIN & CARGNELUTTI, 2018), o que dificulta a compreensão das interações com os diversos sistemas de produção associados. Ao contrário, este trabalho busca avaliar efeitos no contexto específico de sistemas de integração lavoura-pecuária consolidados, comparando-os a um sistema exclusivamente de produção de grãos, com série de dados quantificados em um mesmo ambiente, características não encontradas nos demais trabalhos sobre o tema. Nestas condições, é factível supor que estratégias de mitigação aos impactos causados pelos fenômenos ENOS podem ser mais, facilmente, obtidas em estudos específicos como este que está sendo proposto. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de diferentes sistemas de integração lavoura-pecuária de longa duração, na mitigação dos impactos causados pelas fases do fenômeno ENOS sobre o rendimento de grãos de soja e milho inseridos nestes sistemas.

3.3 Material e Métodos

O experimento está sendo conduzido no campo experimental da Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS, desde 1993, em Latossolo Vermelho típico (STRECK et al., 2008) de textura argilosa e relevo suave ondulado. De acordo com a classificação

climática de Köppen (1948) a região está localizada na Zona Climática Fundamental Temperada (C), clima fundamental úmido (f), variedade específica subtropical (Cfa), com precipitação pluvial bem distribuída durante o ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (ALVARES et al., 2013).

3.3.1 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. A área de cada parcela foi de 400 m². Os tratamentos consistem de cinco sistemas de produção de integração lavoura-pecuária (ILP), em sistemas de plantio direto: Sistema 1 – grãos [Trigo (*Triticum aestivum*)/soja (*Glycine max*)], aveia branca (*Avena sativa*)/soja e ervilhaca (*Vicia sativa*)/milho (*Zea mays*) – considerado como testemunha em relação aos demais sistemas; Sistema 2 – misto anual [trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) + ervilhaca/milho]; sistema 3 – pastagens perenes de estação fria [festuca (*Festuca arundinacea*) + trevo branco (*Trifolium repens* L.) + trevo vermelho (*Trifolium pratense*) + cornichão (*Lotus corniculatus* L.); sistema 4 – pastagens perenes de estação quente [bermuda (*Cynodon dactylon*) + trevo branco + trevo vermelho + cornichão + aveia preta, sobressemeada anualmente]; e sistema 5 – alfafa (*Medicago sativa*), com repetições contíguas ao experimento em 1994. A partir do verão de 1996, nos sistemas 3, 4 e 5, a metade da parcela seguiu o esquema de rotação do sistema 1. Posteriormente, no verão de 2002, 2005, 2008, 2012 e 2015, também nos sistemas 3, 4 e 5, o que era lavoura retornou a pastagem e o que era pastagem retornou a lavoura. As parcelas de aveia com ervilhaca foram pastejadas por bovinos de leite entre 2 a 3 vezes por ciclo, enquanto as parcelas com cobertura de espécies perenes foram pastejadas de 6 a 8 vezes por ano.

No ano de 1990, foi efetuada aplicação de calcário dolomítico, com base no método SMP (pH 6,0). Em 1993, na instalação das culturas de inverno as adubações de base foram realizadas conforme resultados de análise de solo, observando-se as recomendações para adubação no Rio Grande do Sul, da Comissão de Fertilidade do Solo (CFSRS/SC, 1989). As adubações de manutenção foram executadas de acordo com a

indicação técnica para cada cultura, baseadas em resultados de análise de solo, realizadas anualmente após a colheita das culturas de verão. A época de semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários obedeceram às indicações técnicas para cada cultura. As parcelas de soja e milho após amostradas foram colhidas com automotriz comercial, e o rendimento de grãos foi corrigido para 13% de umidade (FONTANELI, SANTOS & MORI, 2006; SANTOS et al., 2014).

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas as séries históricas de rendimento médio de grãos das culturas de soja e milho, conduzidas sob os cinco diferentes sistemas de produção das safras de 1996/1997 a 2017/2018. Para a avaliação do impacto dos fenômenos El Niño, La Niña e anos Neutros sobre o rendimento de grãos das culturas, foi utilizada a metodologia descrita por Cunha, Hass & Dalmago (1999) e Cunha et al. (2001), a qual consiste em análise de regressão nos dados originais das séries históricas, em que o ano foi considerado como variável independente, e o rendimento médio anual de grãos das culturas, considerado como variável dependente para obter a série histórica estimada do rendimento de grãos de cada cultura. Os resíduos da análise de regressão foram testados quanto a homogeneidade da variância, normalidade dos erros e autocorrelação dos mesmos. A significância dos resultados ($p < 0,05$) foram avaliados pelo teste F geral da análise de regressão do modelo. A partir da equação de regressão ajustada aos dados (melhor r^2), procedeu-se à retirada da tendência tecnológica incorporada às séries históricas, pela equação (1), conforme Cunha et al. (2001):

$$R_{ci} = [R_i - (R_{ei} - R_{eo})] \quad (1)$$

Em que R_{ci} = rendimento de grãos da cultura corrigido para o ano “i”; R_i = rendimento de grãos da cultura original para o ano “i”; R_{ei} = rendimento de grãos da cultura do ano “i”, estimado pela regressão ajustada aos dados originais; e R_{eo} = rendimento de grãos estimado pela equação de regressão do primeiro ano da série histórica da cultura. Utilizou-se em todos os sistemas o R_{eo} estimado para o Sistema 1, o qual foi considerado

como modelo de produção padrão a ser comparado com os demais (testemunha), por ser o modelo mais simples e muito utilizado pelos agricultores. Após a retirada da tendência tecnológica, foram calculados os desvios anuais e as frequências acumuladas dos rendimentos de grãos, em relação à média das respectivas séries históricas corrigidas, para cada cultura e sistema de produção. Os desvios foram classificados de acordo com as classes do fenômeno ENOS e anos neutros para a estimativa dos valores percentuais dos desvios positivos e negativos da média, dentro de cada classe. Para esta classificação, foi considerada a fase do fenômeno, segundo classificação do NOAA/CPC (2020), predominante durante o período da safra da soja e do milho indicado para o município de Passo Fundo, RS, durante os anos safra de 1996/1997 a 2017/2018. Para ambas as culturas, os anos foram classificados como El Niño foram 1997/98, 2002/03, 2004/05, 2006/07, 2009/10, 2014/15 e 2015/16; para La Niña em 1998/99, 1999/00, 2000/01, 2005/06, 2007/08, 2008/09, 2010/11, 2011/12, e 2017/18; e para anos Neutros em 1996/97, 2001/02, 2003/04, 2012/13 e 2013/14 e 2016/17.

3.4 Resultados e Discussão

No período entre as safras de 1996/97 a 2017/18 o rendimento médio interanual de grãos de soja apresentou grande variabilidade. Para a soja, em ambas as sucessões, houve dois anos de frustração de safra, em que a produção de grãos foi extremamente afetada, apresentando rendimentos abaixo de 500 kg ha⁻¹. Em contrapartida, em anos de condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da cultura, o rendimento máximo de grãos observado foi de 5.396 kg ha⁻¹ na soja após o trigo e de 5.537 kg ha⁻¹ na soja após a aveia-branca. A cultura do milho também apresentou grandes oscilações no rendimento médio de grãos interanual. O menor valor foi de 4.103 kg ha⁻¹, referente ao sistema 1 no ano de 2005, e o máximo foi de 14.976 kg ha⁻¹ observado no sistema 2 no ano de 2017.

A distribuição de frequência das diferenças relativas entre as médias anuais de rendimento de grãos dos sistemas 2, 3, 4 e 5, em relação àquelas do sistema 1, considerado como testemunha (sistema grãos), mostrou elevada amplitude, tanto na cultura da soja em

sucessão ao trigo (Figura 1) e à aveia (Figura 2), quanto na cultura do milho (Figura 3). Os sistemas mais complexos, com a inserção de pastagens perenes apresentaram frequência maior de anos com rendimento de grãos superior ao sistema 1. Por exemplo, o milho e a soja (após aveia) conduzidos no sistema 4, apresentaram rendimento de grãos superior aos dos conduzidos no sistema 1 (testemunha) em 78% e 73% dos anos avaliados, respectivamente. A soja após o trigo, conduzida no sistema 5, também apresentou rendimento superior à testemunha (sistema 1) em 78% dos anos avaliados.

Também foi observado que os valores dos desvios positivos em relação ao sistema 1, foram mais elevados e frequentes do que os negativos, principalmente para os sistemas em que as pastagens perenes estavam presentes (sistemas 3, 4 e 5). Na soja após o trigo, os sistemas 3 e 5, apresentaram rendimento de grãos 40% superior ao sistema 1, em 5% e 9% dos anos avaliados, respectivamente. Na soja após a aveia, o sistema 4 apresentou rendimento de grãos superior a 20%, em relação ao sistema 1 em 14% dos anos avaliados. No milho, o sistema 3 se destacou dos demais, apresentando rendimento de grãos de 20% a 50% superior ao sistema 1 em 15% dos anos da série histórica.

Estas variações observadas podem ser um indicativo de que os diferentes sistemas de produção analisados, mesmo apresentando rendimento de grãos semelhantes, respondem de maneira diferente às condições ambientais ou climatológicas, especialmente em anos hidricamente contrastantes.

Figura 1 – Frequência de anos (%) das diferenças relativas de rendimento de grãos de soja após o trigo, dos sistemas 2, 3, 4 e 5, em comparação ao sistema 1 (testemunha).

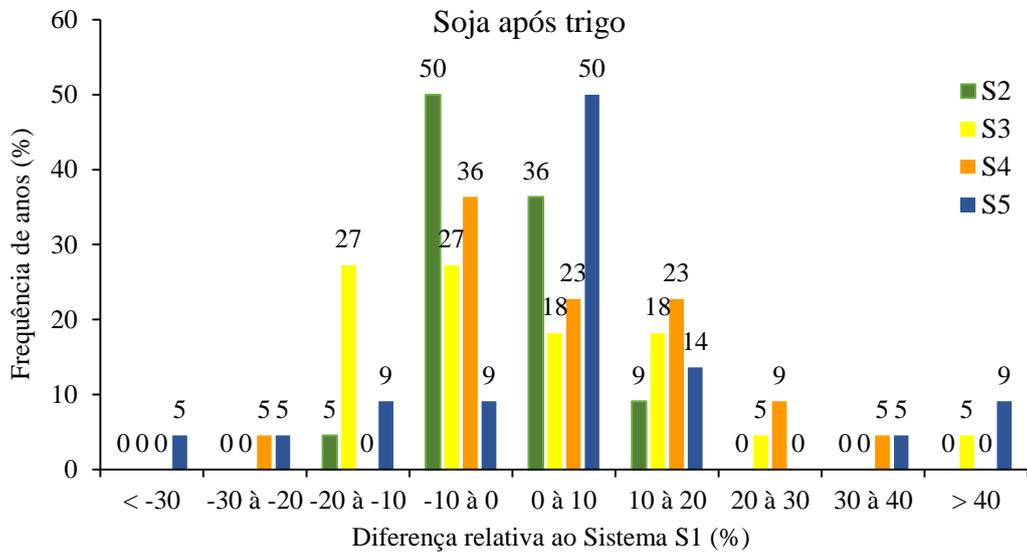


Figura 2 – Frequência de anos (%) das diferenças relativas de rendimento de grãos de soja após a aveia branca, dos sistemas 2, 3, 4 e 5, em comparação ao sistema 1 (testemunha).

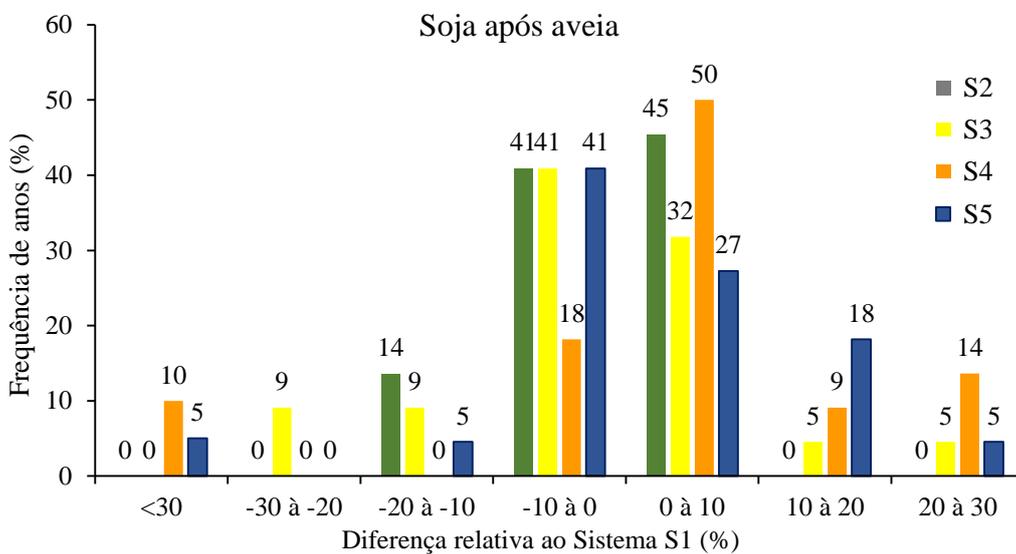
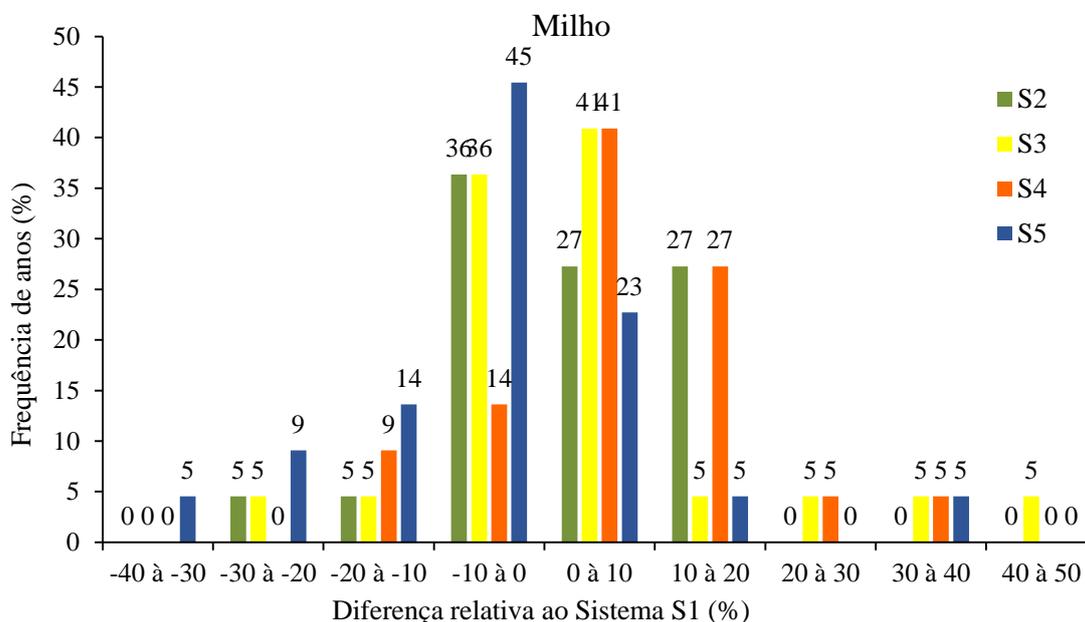


Figura 3 – Frequência de anos (%) das diferenças relativas de rendimento de grãos de milho dos sistemas 2, 3, 4 e 5, em comparação ao sistema 1 (testemunha).



Segundo Matzenauer, Radin e Cargnelutti (2018) a principal causa de variabilidade na produção e dos baixos rendimentos de grãos é a oscilação na disponibilidade hídrica para essas culturas, que ocorre devido à baixa quantidade de precipitação pluvial em algumas regiões e à distribuição irregular das chuvas que é característica marcante deste elemento meteorológico no Rio Grande do Sul, especialmente durante os meses de verão. Além disso, tanto a cultura da soja quanto a do milho, apresentam elevado consumo de água, sendo que seus rendimentos de grãos estão altamente correlacionados com a precipitação pluvial (MATZENAUER et al., 2014; MATZENAUER, RADIN & MALUF, 2017), que é fortemente influenciada pelas condições do fenômeno ENOS. A região Sul do Brasil é altamente influenciada pelo El Niño e pela La Niña, as quais estão associadas à ocorrência de precipitação pluvial acima e abaixo do média climatológica, respectivamente (FONTANA e BERLATO, 1996; PUCHALSKI, 2000). Portanto, variações no rendimento de grãos de soja e milho, observadas neste experimento, podem estar associadas aos fatores acima descritos.

As séries históricas de rendimento de grãos de soja em ambas sucessões e de milho, apresentaram incrementos significativos ($p < 0,05$) em todos os sistemas de cultivo, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Equações de regressão e respectivos r^2 , para as culturas do milho, soja em sucessão ao trigo e aveia branca, em cinco sistemas de produção. Passo Fundo, RS, 2022.

Sistema	Cultura		
	Soja após Trigo	Soja após Aveia branca	Milho
1	$Y = 105,88x - 209834$ ($r^2 = 0,34$)	$Y = 101,97x - 201881$ ($r^2 = 0,31$)	$Y = 186,37x - 366433$ ($r^2 = 0,30$)
2	$Y = 105,80x - 209667$ ($r^2 = 0,36$)	$Y = 102,43x - 202859$ ($r^2 = 0,32$)	$Y = 184,96x - 363507$ ($r^2 = 0,23$)
3	$Y = 109,23x - 216549$ ($r^2 = 0,37$)	$Y = 119,02x - 236204$ ($r^2 = 0,41$)	$Y = 227,72x - 449253$ ($r^2 = 0,34$)
4	$Y = 106,20x - 210345$ ($r^2 = 0,34$)	$Y = 111,69x - 221361$ ($r^2 = 0,34$)	$Y = 207,56x - 408494$ ($r^2 = 0,28$)
5	$Y = 111x - 219965$ ($r^2 = 0,34$)	$Y = 112,29x - 222576$ ($r^2 = 0,33$)	$Y = 207,64 - 409313$ ($r^2 = 0,31$)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno [festuca (*Festuca arundinaceae*) + leguminosa]; sistema 4: grãos + perenes de verão [bermuda (*Cynodon dactylon*) + sobressemeadura]; sistema 5: grãos + alfafa (*Medicago Sativa*).

Apesar do baixo r^2 , os coeficientes lineares e angulares das equações de regressão foram significativos pelo teste t ($p < 0,05$). O baixo r^2 , observado em todas as regressões, é um indicativo que houve grande efeito das condições ambientais sobre o rendimento de grãos destas culturas nos cinco sistemas de produção de grãos com ILP.

Os incrementos anuais de rendimento de grãos variaram, de 106 kg ha⁻¹ (sistema 2) a 111 kg ha⁻¹ (sistema 5) na soja após o trigo e de 102 kg ha⁻¹ (sistema 1) a 119 kg ha⁻¹ (sistema 3) na soja após a aveia branca. A cultura do milho teve incremento de rendimento de grãos que variou de 185 kg ha⁻¹ (sistema 2) a 228 kg ha⁻¹ (sistema 3). Comparando as diferenças entre os sistemas em relação aos incrementos no rendimento de grãos, os menores incrementos ocorreram nos sistemas 1 e 2, os quais são os mais simples, enquanto os maiores incrementos ocorreram nos sistemas que possuem pastagens perenes, em especial o sistema 3, tanto na soja, como no milho (Tabela 1).

Na cultura da soja, Todeschini, Milioli & Rosa (2019) demonstraram que o ganho genético no rendimento de grãos desta cultura foi de $40,06 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ entre 1965 e 2011, ou seja, correspondente a apenas 33,65% do incremento observado no sistema 3 (soja após aveia branca) em que o coeficiente angular foi o maior entre os sistemas, com $119,09 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Outro exemplo para cultura da soja foi o trabalho de Federizzi & Lange (2009), no qual os autores encontraram valores de ganho genético de $34,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $26,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para grupos de maturação média e tardia, respectivamente, para cultivares lançadas entre 1980 e 1999, na região de Passo Fundo, RS. Para a cultura do milho, o efeito do ganho genético foi proporcionalmente bem maior do que o observado na soja. Os resultados de Storck et al. (2005) mostraram que a cultura do milho teve um ganho genético médio anual de 175 kg ha^{-1} , independentemente do ciclo, ou seja, esse valor corresponde a 77,77% e 94,59% do incremento anual observado no sistema 3 e sistema 2, que apresentaram, respectivamente, o maior e o menor incremento no rendimento de grãos durante o período estudado. Estes dados podem ser um indicativo que o milho sofreu um menor efeito dos sistemas sobre o rendimento de grãos do que a soja.

Embora os incrementos observados revelem os efeitos da incorporação de novas tecnologias nos sistemas de produção ao longo do tempo, como por exemplo, cultivares com maior potencial produtivo e o aprimoramento das práticas de manejo, as diferenças no coeficiente angular das regressões, também incorporam o efeito dos próprios sistemas de produção, uma vez que, as demais práticas de manejo foram as mesmas em todos os tratamentos. Esse efeito pode ser observado quando os incrementos no rendimento de grãos de soja e milho foram comparados aos incrementos no rendimento de grãos obtidos em programas de melhoramento genético para as mesmas culturas.

Em sistemas de produção de grãos, com ILP, a estabilidade da produção ao longo do tempo e o ganho obtido no conjunto das atividades praticadas, tem igual importância à obtenção de maiores rendimentos de grãos. Porém, para este trabalho, cujo objetivo é olhar apenas a produção de grãos, mais importante do que o rendimento de grãos, é observar a variabilidade do mesmo entre as configurações dos sistemas de produção

integrada, buscando identificar as capacidades dos sistemas em ILP em diminuir os impactos das fases do fenômeno ENOS sobre as culturas. Para tanto, é necessário avaliar as frequências e as intensidades nos desvios de rendimento de grãos das culturas inseridas nestes sistemas.

Os desvios anuais das médias históricas de rendimento de grãos, após a retirada da tendência tecnológica incorporada aos dados, apresentaram variabilidade, consistente para as fases El-Niño e La-Niña do fenômeno ENOS e para anos Neutros, tanto para a cultura da soja em sucessão ao trigo e a aveia-branca, quanto para o milho. A variabilidade observada nos desvios é um indicativo da presença de fatores não tecnológicos influenciando o rendimento de grãos destas culturas nos cinco sistemas avaliados, os quais, majoritariamente, estão relacionados à variabilidade meteorológica e/ou ambiental, conforme já foi demonstrado por outros trabalhos (BERLATO & FONTANA, 1999; MATZENAUER et al., 2004; BERLATO, FARENZENA & FONTANA, 2005; FERREIRA, 2005, ALBERTO et al., 2006 e MATZENAUER, RADIN & CARGNELUTTI, 2018).

Em anos Neutros, a quantidade de desvios positivos no rendimento de grãos de soja supera a de desvios negativos em todos os cinco sistemas, variando de 67% a 83% dos casos, tanto na sucessão após o trigo (Figura 4 – itens A, B, C, D e E), quanto na sucessão após a aveia branca (Figura 5 – itens A, B, C, D e E). Em anos de La Niña, os desvios negativos predominaram em todos os sistemas e em ambas sucessões da soja, variando de 67% a 78% do total dos desvios de rendimento de grãos. Nos anos de ocorrência de El-Niño, os desvios positivos foram predominantes aos desvios negativos em ambas sucessões, correspondendo entre 57% a 71% do total dos desvios de rendimento de grãos.

Na soja após o trigo, a análise da amplitude dos desvios de rendimento corrigido de grãos, em relação à média histórica do sistema 1 (Figura 4 – itens F, G, H, I e J), demonstrou que, os desvios positivos foram semelhantes em anos de El Niño, La Niña e Neutros, em todos os sistemas de produção. Os desvios positivos variaram de +66%

(sistema 4) a +110% (sistema 1) em anos Neutros, de +87% (sistema 4) a +129% (sistema 1) em anos de El Niño, e de +84% (sistema 5) a +139% (sistema 3) em anos de La Niña. Entretanto, os desvios negativos em relação à média histórica, apresentaram diferenças entre as fases do fenômeno ENOS e os anos Neutros. Em anos Neutros os desvios negativos de rendimento de grãos, ficaram próximos à média histórica, variando de -14% (sistema 3) a -54% (sistema 2), enquanto que, em anos de El Niño, a variação foi de -114% (sistema 3) à -159% (sistema 1) e, em anos de La Niña, foi de -98% (sistema 4) a -158% (sistema 2), portanto, bem mais afastados da média e com maior variabilidade de rendimento, em comparação aos anos Neutros.

Na soja após a aveia branca (Figura 5 – itens F, G, H, I e J), a amplitude dos desvios de rendimento corrigido de grãos, em comparação à média histórica do sistema 1, tiveram resultados semelhantes ao observado na sucessão com o trigo. Os desvios positivos, variaram de + 64% (sistemas 2 e 3) a +82% (sistema 5) em anos Neutros, de +86% (sistemas 3 e 4) a + 105% (sistema 1) em anos de El Niño, e de +66% (sistema 1) a +99% (sistema 5) em anos de La Niña. Os desvios negativos, assim como ocorreu na sucessão com o trigo, apresentaram diferenças entre os anos Neutros, e as duas fases do fenômeno ENOS. Em anos Neutros, os desvios negativos ficaram próximos às médias do rendimento do período avaliado, variando de -21% (sistema 3) a -57% (sistema 2). Entretanto, em anos de El Niño, os desvios negativos de rendimento variaram de -95% (sistema 1) a -121% (sistema 5) e, em anos de La Niña, foi de -77% (sistema 4) a -112% (sistema 5), portanto, valores bem mais afastados da média e com maior variabilidade, quando comparados a anos Neutros.

Os resultados observados na cultura da soja, em ambas as sucessões, diferem dos encontrados por Matzenauer, et al., (2004) e Alberto et al., (2006), em que os autores afirmam que anos de El Niño foram mais favoráveis ao rendimento de grãos, enquanto que em anos Neutros foram os que apresentaram maior risco de perda de rendimento.

Na cultura do milho (Figura 6 – itens A, B, C, D e E), em anos Neutros, a quantidade de desvios positivos variou de 50% (sistemas 2 e 3) à 67% (sistemas 1, 4 e 5)

do total de desvios de rendimento de grãos. Em anos de La Niña, o número de desvios positivos e negativos foram similares, sendo que os positivos representaram 44% (sistema 2) à 56% (sistemas 1, 3, 4 e 5) do total dos desvios em relação à média de rendimento de grãos. Em anos de El Niño os desvios positivos foram de 57% para os sistemas 1, 3, 4 e 5, e foi de 29% para o sistema 2, sendo o único sistema que apresentou menor número de desvios positivos, tanto em anos de La Niña, quanto em anos de El Niño. Entretanto, o sistema 2, apesar de apresentar predominância de desvios negativos, parte destes valores ficou apenas 2% abaixo da média.

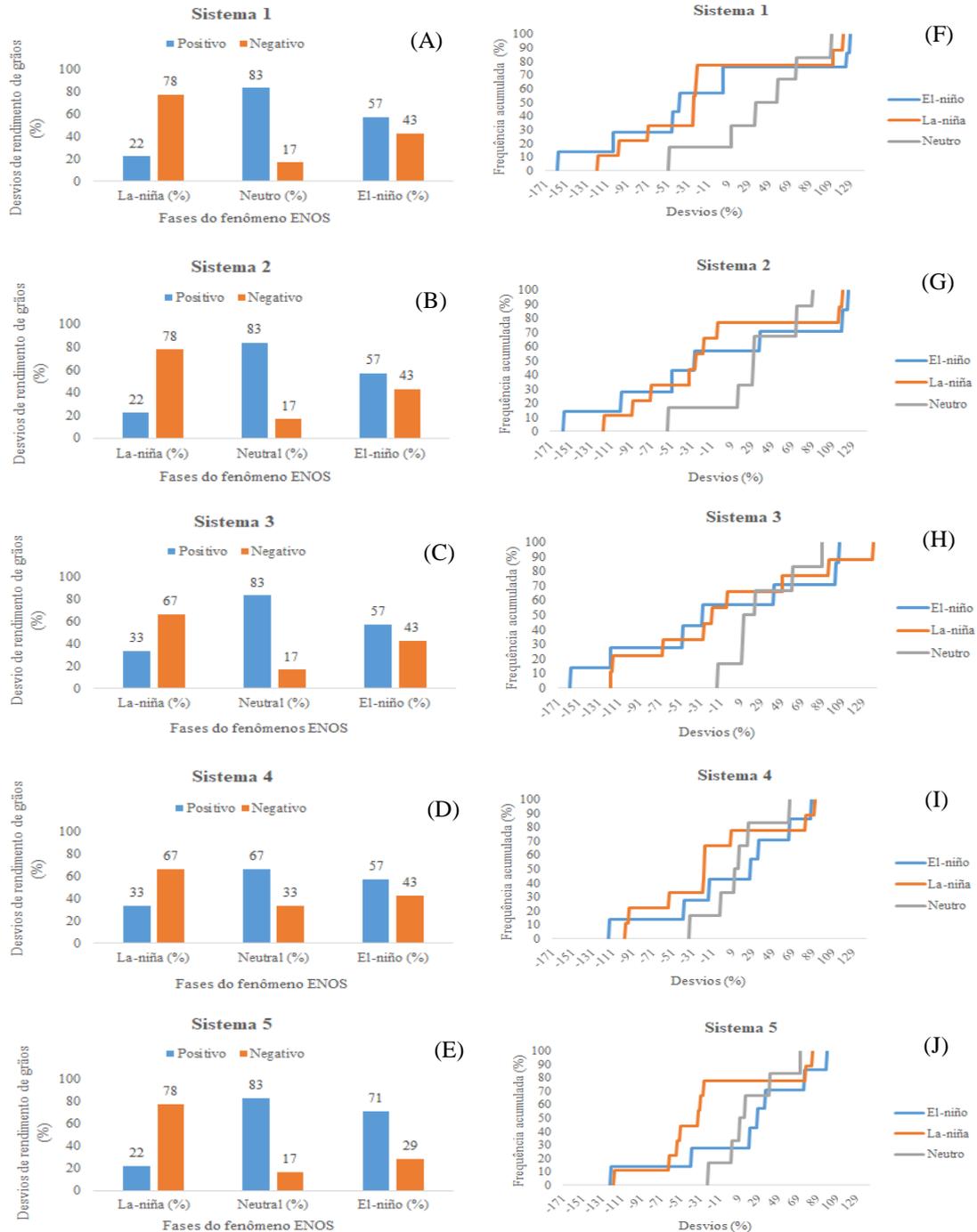
No milho, a análise da amplitude dos desvios do rendimento corrigido de grãos, em comparação à média histórica do sistema 1 (Figura 6 - itens F, G, H, I e J), mostrou que, os desvios positivos, variaram de +70% (sistemas 1 e 5) a +94% (sistema 2) em anos Neutros, de +23% (sistemas 1) a +52% (sistema 3) em anos de El Niño, e de +40% (sistema 3) a 64% (sistema 2) em anos de La Niña. Os desvios negativos de rendimento de grãos, variaram de -34% (sistema 5) a -67% (sistema 1) em anos Neutros, de -53% (sistemas 3) a -76% (sistema 5) em anos de El Niño, de -42% (sistema 1 e 5) a -72% (sistema 2) em anos de La Niña. Os resultados dos desvios de rendimento corrigido de grãos de milho mostram que, ao contrário do que foi observado na soja, os valores dos desvios negativos foram similares entre os anos de El Niño, La Niña e Neutros. Demonstram também que, os desvios positivos em anos Neutros foram superiores aos dos anos de El Niño e de La Niña, os quais apresentaram valores semelhantes entre eles. Esses resultados não corroboram com a correlação positiva entre El Niño e o rendimento de grãos de milho encontrada por Berlatto, Farenzena e Fontana (2005) no Estado do Rio Grande do Sul. Também diferem dos resultados encontrados por Alberto et al., (2006), em que os autores concluíram que os anos de El Niño foram mais favoráveis ao rendimento de grãos de milho e que os anos Neutros, apresentaram maior risco de perda de rendimento de grãos para a cultura. Também mostram que os eventos El-Niño e La Niña tiveram menor influência na intensidade dos desvios de rendimento de grãos do milho, em relação à soja.

As diferenças encontradas, em relação aos trabalhos citados acima, tanto para a cultura da soja, como para o milho, possivelmente, deve-se a fatores como, por exemplo, à diferenças na metodologia de classificação dos fenômenos ENOS, pois neste experimento, consideramos o período de desenvolvimento das culturas (semeadura a colheita) e não a classificação anual dos eventos.

Outra diferença, é que trabalhamos com dados de rendimento medidos, referentes a um único local. Ao se utilizar a média de rendimento do Estado ou usar simulações, os efeitos dos fenômenos sobre as culturas podem ser minimizados, por uma série de fatores que deixam de ser considerados, como por exemplo, a variabilidade espacial e temporal do desenvolvimento das culturas, além do sistema de produção em qual a cultura estava inserida.

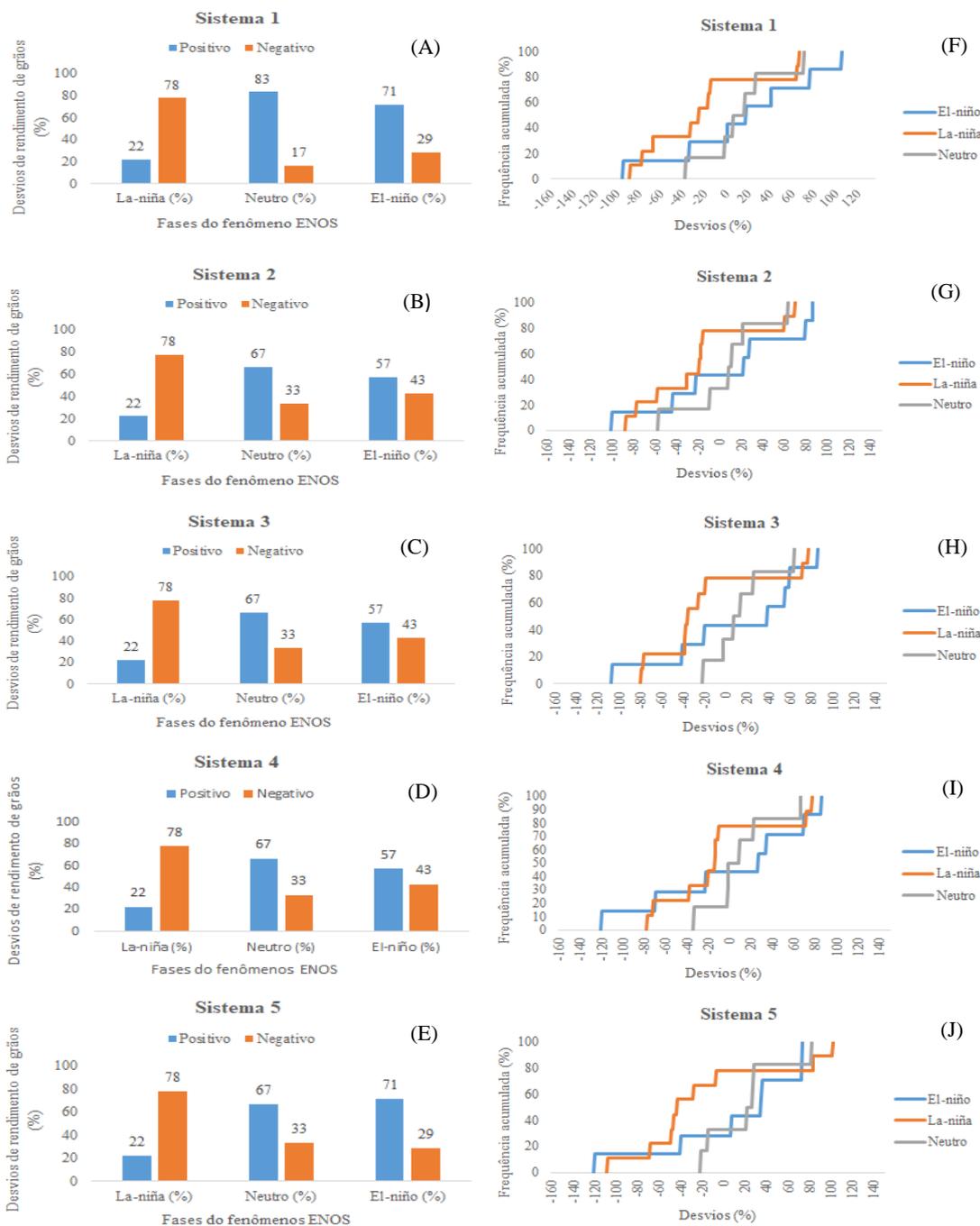
Comparados ao sistema de produção exclusivamente de grãos (sistema 1), os sistemas de produção ILP, não conseguiram mitigar a variabilidade de rendimento de grãos de soja e milho, decorrentes dos efeitos de El Niño e La Niña. Estes resultados contrastam, ao menos parcialmente, com os resultados obtidos por Szymczak et al. (2020), que demonstram que sistemas integrados lavoura-pecuária são mais resilientes a riscos climáticos. Porém, o estudo de Szymczak et al. (2020) levou outros aspectos em consideração, do que somente o rendimento de grãos.

Figura 4 - Porcentagem dos desvios positivos e negativos [(A), (B), (C), (D) e (E)] e a amplitude dos desvios de rendimento de grãos de soja após o trigo [(F), (G), (H), (I) e (J)], em relação à média da série histórica do sistema 1 (1996/97 a 2017/18) para os cinco sistemas de produção com ILP. Passo Fundo, RS, 2022.



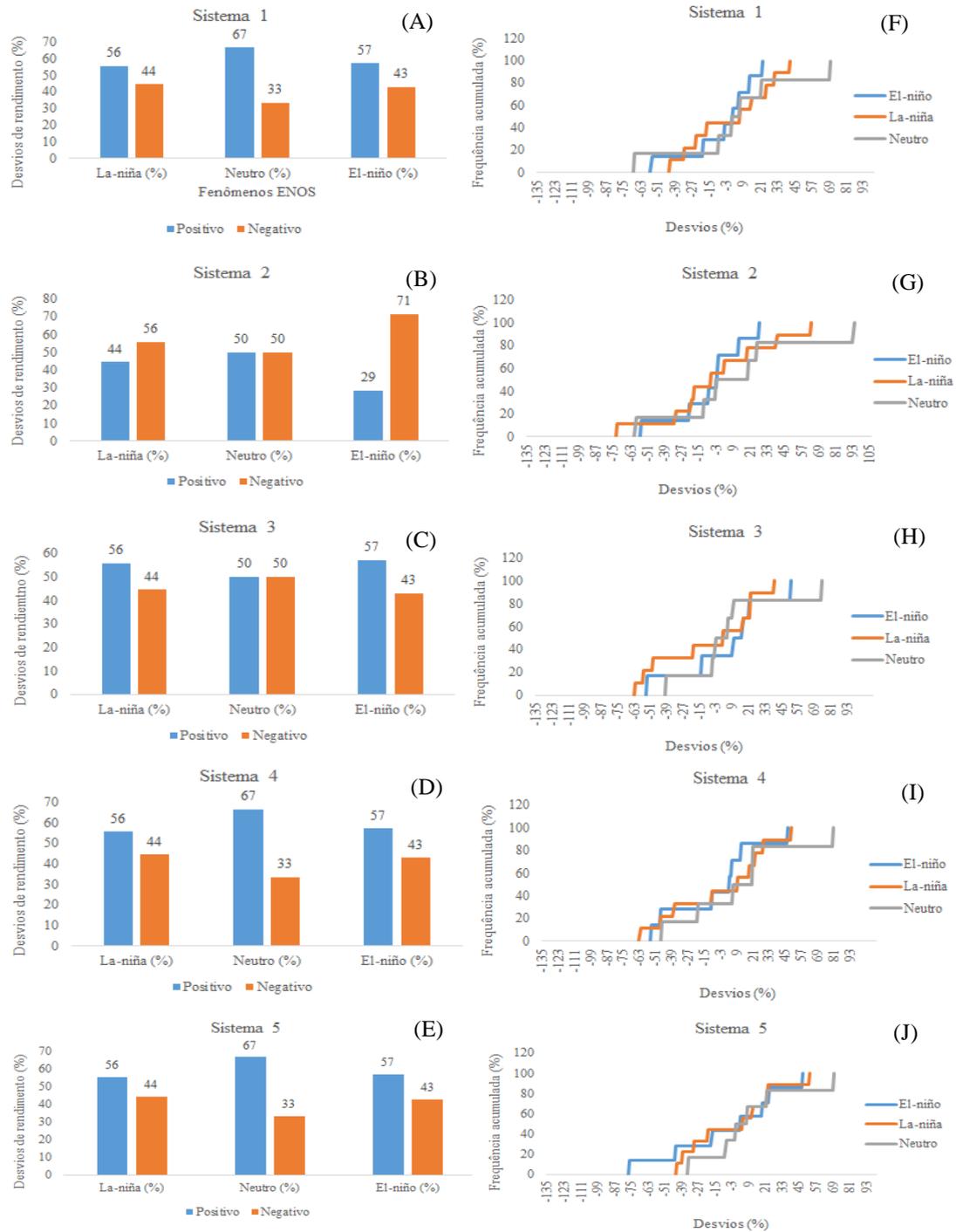
Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno [festuca (*Festuca arundinaceae*) + leguminosa]; sistema 4: grãos + perenes de verão [bermuda (*Cynodon dactylon*) + sobressemeadura]; sistema 5: grãos + alfafa (*Medicago Sativa*).

Figura 5 - Porcentagem dos desvios positivos e negativos [(A), (B), (C), (D) e (E)] e a amplitude dos desvios de rendimento de grãos de soja após a aveia branca [(F), (G), (H), (I) e (J)] em relação à média da série histórica do sistema 1 (1996/97 a 2017/18) para os cinco sistemas de produção com ILP. Passo Fundo, RS, 2022.



Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno [festuca (*Festuca arundinaceae*) + leguminosa]; sistema 4: grãos + perenes de verão [bermuda (*Cynodon dactylon*) + sobressemeadura]; sistema 5: grãos + alfafa (*Medicago Sativa*).

Figura 6 - Porcentagem de desvios positivos e negativos [(A), (B), (C), (D) e (E)] e amplitude dos desvios de rendimento corrigido de grãos de milho [(F), (G), (H), (I) e (J)], em relação à média da série histórica do sistema 1 (1996/97 a 2017/18), para os cinco sistemas de produção com ILP. Passo Fundo – RS, 2022.



3.5 Conclusões

Os sistemas de produção ILP não foram capazes de mitigar os efeitos dos eventos ENOS na variabilidade dos rendimentos, em comparação ao sistema de produção exclusiva de grãos.

Na soja, os desvios positivos de rendimento de grãos foram semelhantes entre os anos de El Niño, La Niña e Neutros, porém os desvios negativos, são maiores em anos de El Niño e La Niña do que em anos Neutros.

No milho, os anos Neutros favorecem os desvios positivos de rendimento de grãos, em comparação aos anos de El Niño e La Niña, enquanto que os desvios negativos, praticamente, não apresentam diferença entre os anos de El Niño, La Niña e Neutro.

Os diferentes sistemas ILP não apresentam diferenças no rendimento de grãos de milho e de soja em resposta aos efeitos das fases do fenômeno ENOS (El Niño e La Niña) e anos Neutros.

4. CAPÍTULO II – RELAÇÃO DO RENDIMENTO DE GRÃOS DE MILHO E SOJA COM VARIÁVEIS HÍDRICAS, EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA DE LONGA DURAÇÃO

4.1 Resumo

A produção agrícola gaúcha se caracteriza pela grande variabilidade espacial e temporal dos rendimentos de grãos e a principal causa dessa variabilidade e das baixas produtividades é a oscilação na disponibilidade hídrica para as culturas, em especial para o milho e a soja. Este fato se deve, principalmente, à irregular distribuição das chuvas, que é uma das características marcante deste elemento meteorológico no Rio Grande do Sul, especialmente durante os meses de verão. O objetivo desse estudo foi avaliar a relação entre o rendimento de grãos e diversas variáveis hídricas, para as culturas do milho e da soja, conduzidas em sistemas de integração lavoura pecuária de longa duração, e o potencial destes sistemas em mitigar os efeitos de déficit hídricos ao longo de vinte e duas safras. Foram utilizadas as séries históricas de rendimento de grãos de milho e soja entre as safras de 1996/97 e 2017/18 e também calculado o balanço hídrico diário para cada sistema de produção e cultura. Posteriormente as variáveis hídricas foram testadas por coeficientes paramétrico e não paramétricos, quanto a correlação com o rendimento de grãos de milho e soja. Os sistemas de integração lavoura pecuária não diferiram entre si, quanto às correlações entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas, tanto pelo coeficiente linear de Pearson, quanto pelo coeficiente não paramétrico de Spearman. Entretanto, dentro dos mesmos sistemas, as variáveis hídricas que apresentam correlações com o rendimento de grãos, variam de acordo com o fenômeno meteorológico predominante durante o desenvolvimento da cultura, especialmente aqueles classificados como La Niña e El Niño. Este resultado indica que ao analisar séries históricas longas, as correlações entre as variáveis hídricas e o rendimento de grãos das culturas desenvolvidas sob condições meteorológicas específicas, são menos intensas ou até mesmo não são captadas.

Palavras-chave: 1. Balanço hídrico, 2. Sistemas integrados, 3. ENOS 4. Soja, 5. Milho.

4.2 Introdução

O Estado do Rio Grande do Sul é um dos maiores produtores brasileiros de soja e milho, cultivando na safra 2020/21 cerca de 6,01 milhões de hectares de soja e 801,7 mil hectares de milho, totalizando uma área de 6,8 milhões de hectares destinada somente a estas duas culturas durante os meses de verão (CONAB, 2022). De acordo com Zanon et al. (2018), dentre os fatores inerentes à produção agrícola, o clima continua aparecendo como aquele de mais difícil controle e maior ação sobre a limitação às máximas produtividades. Diversos estudos demonstram que o principal fator que limita a produtividade das culturas é a disponibilidade de água no solo, sendo esta dependente da precipitação em áreas não irrigadas (GRASSINI, et al., 2015; SENTELHAS, et al., 2015). No Rio Grande do Sul, a variabilidade interanual das chuvas tem sido apontada como a principal causa das oscilações de rendimento de grãos (BERGAMASCHI, 1989; BERGAMASCHI et al., 2004; TRENTIN, 2009) nas áreas não irrigadas. Estiagens nos meses de janeiro a março são frequentes e, geralmente, coincidem com o período crítico das culturas de verão (floração e enchimento de grãos) (BERLATO & FONTANA, 1999; MATZENAEUR et al., 2003).

Outro fator relevante quanto aos estoques de água no solo, é o sistema de manejo adotado. O solo pode atuar de forma decisiva na distribuição hídrica no perfil e nas interações do sistema solo-planta-atmosfera, ao longo do tempo. Estudos de longa duração apontam que isto se deve às alterações físicas que ocorrem em função do sistema de manejo adotado (MARTORANO et al., 2009, PAYNE, 2015). Por este motivo, é importante compreender e quantificar os processos que envolvem relações clima-planta, em particular as relações hídricas, a fim de implementar medidas capazes de reduzir os impactos de déficit hídrico sobre a produção dessas espécies, especialmente aqueles que ocorrem em momentos de estiagens.

A disponibilidade hídrica para agricultura não irrigada é condicionada pelo regime da precipitação pluvial do local. O regime de chuvas depende da movimentação de massas de ar com diferentes níveis de vapor d'água e temperatura e/ou da formação de complexos

convectivos locais. Esses fatores são influenciados por fenômenos de grande escala, como é o caso do El Niño Oscilação Sul (ENOS), que ocorre na região do Oceano Pacífico Equatorial e afeta o tempo e o clima em diversos locais do Globo Terrestre (CANE, 2001), inclusive na Região Sul do Brasil (BERLATO & FONTANA, 2003). As fases, quente (El Niño) e fria (La Niña), do ENOS são cíclicas, de duração e ocorrência variável (GLANTZ, 2001), mas com possibilidade de previsão no médio prazo, o que possibilita adoção de estratégia de manejo mais assertivas para a implantação e condução de lavouras de produção de grãos.

Geralmente, o fenômeno ENOS começa no início do segundo semestre de um ano e termina no final do primeiro semestre do ano seguinte (BERLATO & FONTANA, 2003; BERLATO, FARENZENA & FONTANA, 2005). Na Região Sul do Brasil, um dos principais impactos da fase quente e fria do ENOS é sobre a frequência, a intensidade e a quantidade da precipitação pluvial (FONTANA & BERLATO, 1997; BERLATO & FONTANA, 2003). Como consequência, a variabilidade interanual da produção agrícola, no Estado do Rio Grande do Sul, está associada ao ENOS (BERLATO & FONTANA, 1999; BERLATO, FARENZENA & FONTANA, 2005), pois a precipitação pluvial é a principal fonte de água para os agroecossistemas gaúchos. Segundo Berlato & Fontana (2003), em anos de El Niño, as deficiências hídricas são menores em todo Estado do Rio Grande do Sul, enquanto em anos de La Niña, a tendência é de que as deficiências hídricas sejam maiores do que em anos neutros.

Uma forma de minimizar o impacto negativo da escassez de água para as plantas, é criar um perfil de solo que favoreça a distribuição de raízes, o armazenamento de água e a otimização da absorção de água e nutrientes pelas plantas (POLANIA et al., 2017; MÜLLER et al., 2021). A dinâmica da água no solo é influenciada por características como textura, porosidade, teor de argila e matéria orgânica, que determinam a retenção no perfil por adsorção e capilaridade, definindo o estado energético da água e, também, por fatores externos, como precipitação pluvial, radiação solar, temperatura, evapotranspiração da cultura, índice de área foliar, densidade de plantas e sistema de manejo do solo. Esses fatores podem atuar de forma diferenciada em período de secagem

do solo e fornecer indicadores capazes de auxiliar o planejamento e a condução de cultivos agrícolas (MARTORANO et al., 2009). De modo geral, à medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola ao longo do tempo, as propriedades físicas sofrem alterações, geralmente desfavoráveis ao crescimento vegetal (SPERA et al., 2004), as quais podem comprometer a expressão do potencial produtivo presente na genética.

Melhorar o rendimento de grãos das culturas em períodos de estiagem é um grande desafio dos programas de melhoramento, normalmente focados na eficiência do uso da água, floração precoce e desenvolvimento vegetativo (RICHARDS, 1996). No entanto, além dessas estratégias, proporcionar condições para que as plantas desenvolvam um sistema radicular mais profundo, aumentando o contato com maior volume do solo, pode ser um mecanismo de adaptação fundamental das plantas à redução da disponibilidade de água no solo em períodos de estiagem (RAO et al., 2016), e assim otimizar a absorção de água e nutrientes (POLANIA et al., 2017; MÜLLER et al., 2021).

A integração lavoura-pecuária (ILP) é uma estratégia de ocupação de áreas agrícolas e pecuárias, que podem melhorar a capacidade produtiva, tanto da produtividade de grãos, quanto da produção animal. As culturas de grãos como o milho e a soja, cultivados após um período de uso da área com pastagens e/ou animais, tendem a aumentar a produtividade de grãos, devido ao aumento da matéria orgânica no solo e, principalmente, em função da maior produção de raízes, as quais atuam na agregação do solo e melhoram a condição físico-hídrica do mesmo. Fontaneli et al. (2009), citam alguns dos benefícios dos sistemas de integração lavoura pecuária, como por exemplo, a recuperação da produtividade da pastagem, o aumento da biomassa radicular, o aumento da atividade microbiana, o aumento da correção de acidez em profundidade, o aumento na ciclagem de N e K, o aumento do estoque de C e N, o aumento da taxa de sequestro de C, a diminuição de riscos e aumento da sustentabilidade.

Spera et al. (2009), após avaliarem as características físicas do solo dos cinco sistemas de produção que compõem este mesmo experimento de longa duração, para o período entre 1996 a 2002, demonstraram que a densidade, a porosidade total, a

microporosidade e a macroporosidade sofreram alterações devidas aos sistemas de produção de grãos com pastagens a que o solo foi submetido, entretanto essas alterações não atingiram níveis que indicam degradação do solo. Também observaram que os sistemas que incluíram pastagens perenes apresentaram menor densidade do solo e maior porosidade total e macroporosidade na camada 0–2 cm que os sistemas compostos por lavoura anual ou lavouras e pastagens anuais. O pisoteio pelo gado alterou os atributos físicos do solo, mas não em intensidade suficiente para degradar o solo.

A avaliação da quantidade de água no solo disponível para as plantas, pode ser realizada de diferentes formas. No caso de uma cultura de grãos, o balanço hídrico do solo é uma estratégia importante, especialmente quando não se dispõem de equipamentos e sensores específicos. O balanço hídrico tem por objetivo estabelecer a variação de armazenamento de água no solo e, conseqüentemente, derivar a disponibilidade de água no solo às plantas em um dado momento. Realizando essa análise em intervalos de tempo, é possível determinar, por exemplo, a ocorrência de deficiência hídrica, a qual está intimamente ligada aos níveis de rendimento de grãos da cultura. Portanto, o balanço hídrico nada mais é do que o cômputo das entradas e saídas de água de um sistema controle em uma escala temporal (SENTELHAS & ANGELOCCI, 2012).

O déficit hídrico provoca alterações na planta, cuja irreversibilidade depende do genótipo, da duração, da severidade e do estágio de desenvolvimento da planta (MEDICI et al., 2007). Para haver melhor compreensão do comportamento vegetal sob estresse por déficit hídrico, é importante salientar o conhecimento sobre a capacidade que o solo possui em armazenar água e verificar como os mecanismos da planta reagem à redução desse nível de armazenamento de água (MARTINS, 2010). A capacidade de armazenamento de água no solo e também o volume de água disponível às plantas variam com a textura e as características físicas do solo, como visto anteriormente.

Assim um balanço entre a precipitação e a evapotranspiração pode indicar de forma mais consistente as disponibilidades hídricas de uma região no decorrer do ano agrícola, auxiliando no planejamento efetivo das culturas em função do local escolhido, bem como

sua melhor data de semeadura (FANCELLI et al., 1982). No entanto, é necessário estimar a evapotranspiração máxima da cultura através de métodos mais precisos, tal como recomendado por Allen et al. (1999) em escala de tempo diária para a real capacidade de armazenamento de água no solo (SILVA et al., 2006; TRENTIN, 2009), para obter valores mais realísticos de deficiência e do excesso hídrico através do balanço hídrico.

Portanto, o objetivo deste experimento foi avaliar se os sistemas de integração lavoura pecuária de longa duração, diferem em relação às variáveis hídricas que influenciam no rendimento de grãos de milho e soja, e se possuem a capacidade de mitigar os efeitos de possíveis déficits hídricos.

4.3 Material e Métodos

O experimento está sendo conduzido no campo experimental da Embrapa Trigo, no município de Passo Fundo, RS. Foi iniciado em 1993, em Latossolo Vermelho típico (Streck et al., 2008) de textura argilosa e relevo suave ondulado. De acordo com a classificação climática de Köppen (1948) a região está localizada na Zona Climática Fundamental Temperada (C), clima fundamental úmido (f), variedade específica subtropical (Cfa), com precipitação pluvial bem distribuída durante o ano e temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (ALVARES et al., 2013).

4.3.1. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. A área de cada parcela foi de 400 m². Os tratamentos consistem de cinco sistemas de produção de integração lavoura-pecuária (ILP), em sistemas de plantio direto: Sistema 1 – grãos [Trigo (*Triticum aestivum*)/soja (*Glycine max*)], aveia branca (*Avena sativa*)/soja e ervilhaca (*Vicia sativa*)/milho (*Zea mays*) – considerado como testemunha em relação aos demais sistemas; Sistema 2 – misto anual [trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) + ervilhaca/milho]; sistema 3 – pastagens perenes de estação fria [festuca (*Festuca arundinacea*) + trevo branco (*Trifolium repens*)

L.) + trevo vermelho (*Trifolium pratense*) + cornichão (*Lotus corniculatus* L.); sistema 4 – pastagens perenes de estação quente [bermuda (*Cynodon dactylon*) + trevo branco + trevo vermelho + cornichão + aveia preta, sobressemeada anualmente]; e sistema 5 – alfafa (*Medicago sativa*), com repetições contíguas ao experimento em 1994. A partir do verão de 1996, nos sistemas 3, 4 e 5, a metade da parcela seguiu o esquema de rotação do sistema 1. Posteriormente, no verão de 2002, 2005, 2008, 2012 e 2015, nos sistemas 3, 4 e 5, o que era lavoura retornou a pastagem e o que era pastagem retornou a lavoura.

No ano de 1990, foi efetuada aplicação de calcário dolomítico, com base no método SMP (pH 6,0). Em 1993, na instalação das culturas de inverno a adubação de base foi realizada conforme resultados de análise de solo, observando-se as recomendações para adubação no Rio Grande do Sul, da Comissão de Fertilidade do Solo (CFSRS/SC, 1989). As adubações de manutenção foram executadas de acordo com a indicação técnica para cada cultura, baseadas em resultados de análise de solo, realizadas anualmente após a colheita das culturas de verão. A época de semeadura, o controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários obedeceram às indicações técnicas para cada cultura. As parcelas de soja e milho após amostradas foram colhidas com automotriz comercial, e o rendimento de grãos foi corrigido para 13% de umidade (FONTANELI, SANTOS & MORI, 2006; SANTOS et al., 2014).

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas as séries históricas de rendimento médio de grãos das culturas de soja e milho, conduzidas sob os cinco diferentes sistemas de produção das safras de 1996/1997 a 2017/2018. A partir da equação de regressão ajustada aos dados (melhor r^2), procedeu-se à retirada da tendência tecnológica incorporada às séries históricas, conforme metodologia descrita por Cunha et al. (2001) e detalhada no material e métodos do capítulo II desta tese.

4.3.2 Variáveis físico-hídricas do solo:

Para cada um dos sistemas, foram estimados os valores da umidade do solo em Capacidade de campo (CC) e em Ponto de murcha permanente (PMP) através de equações

de pedotransferência, conforme descrito por Marcolin, 2011 e Klein et al., 2010, respectivamente.

$$U_{CC}: 0,47352559 + 0,00017979*A - 0,12025765*DS \quad (1)$$

Em que: $U_{(CC)}$: Umidade em capacidade de campo ($m^3 m^{-3}$); A: argila ($g kg^{-1}$); DS: Densidade do solo ($g m^{-3}$).

$$U_{(PMP)}: 0,0003*A + 0,0118 \quad (2)$$

Em que: $U_{(PMP)}$: Umidade em ponto de murcha permanente ($g g^{-1}$); A: argila ($g kg^{-1}$).

O teor de argila do solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, foi determinado anualmente a partir de 2008, utilizando o método do densímetro, após dispersão com álcali (TEDESCO et al., 1995), e o resultado expresso em $g dm^{-3}$. A cada dois anos, foram coletadas amostras indeformadas de solo, duas por parcela, nas profundidades 0–2 e 10–15 cm, destinadas às análises físicas de solo. Na análise de densidade de solo e da porosidade total, foi usado o método do anel volumétrico, de acordo com métodos descritos em Embrapa, 1997. Para os anos em que não foram realizadas as análises de densidade do solo, foram utilizadas as médias entre os valores do ano anterior e posterior.

4.3.3 Variáveis Meteorológicas e Balanço Hídrico

Os dados diários de precipitação pluvial, temperatura mínima, máxima e média do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e Insolação foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos (BDM) do Laboratório de Meteorologia Aplicada à Agricultura. O Laboratório é responsável pela Estação Meteorológica localizada nos campos experimentais da Embrapa Trigo, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (coordenadas geográficas: Latitude: 28° 15' 46" S Longitude: 52° 24' 24" W. Altitude: 684m). Os dados meteorológicos

diários primários foram utilizados para calcular variáveis secundárias. A evapotranspiração de referência (ET_o , mm.dia⁻¹) foi estimada pelo método de Penman-Monteith, adaptada por Allen et al. (1998).

$$ET_o = \frac{0,408 S(Q - G) + \frac{y900 u_2 (e_s - e)}{T + 273}}{s + y (1 + 0,34 u_2)} \quad (3)$$

Em que: Q = saldo de radiação (MJ m⁻².dia⁻¹); G = fluxo de calor no solo (considerado igual a 5% do Q ; MJ m⁻².dia⁻¹); y = constante psicrométrica (0,0066 kPa °C⁻¹); u_2 = velocidade média do vento a 2 m de altura (m.s⁻¹); e_s = pressão de saturação de vapor do ar (kPa); e = pressão parcial de vapor do ar (kPa); T = temperatura média diária do ar (°C); S = Tangente à curva de saturação de vapor do ar (kPa °C⁻¹).

A evapotranspiração máxima das culturas de milho e soja (ET_m , mm.dia⁻¹) foi calculada conforme a equação a seguir:

$$ET_m = ET_o * K_c \quad (4)$$

Em que: ET_o é a evapotranspiração de referência da cultura e o K_c é o coeficiente específico para cada cultura, e que varia de acordo com o estágio de desenvolvimento fenológico. A ET_o foi calculada utilizando o modelo de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, conforme o Boletim 56 da FAO (ALLEN et al. 1998). Na estimativa da ET_o foi utilizada a razão de radiação solar, conforme Righi et al. (2015) e o fluxo de calor no solo foi considerado zero para a escala diária.

No BH foram utilizados os K_c conforme Allen et al. (1998) para a fase inicial, intermediária e final, para cada cultura e subperíodo fenológico: a) milho: semeadura (0,30), emergência (0,30), Antese (1,15), maturação fisiológica (1,15) e colheita (0,40); b) soja: semeadura (0,40), emergência (0,40), antese (1,15), maturação fisiológica (1,15) e colheita (0,50). Com estes valores, foram calculados os K_c diários, mediante relações

matemáticas em função linear da soma térmica diária, calculada da semeadura até a colheita.

Para cada sistema ILP e culturas de milho e soja foram calculados balanços hídricos sequenciais (BHS) diários, com o método de Thornthwaite e Mather (1955) descrito por Pereira (2005). A CAD foi considerada variável e estimada em função do crescimento do sistema radicular das culturas em profundidade, calculados com base em Dourado Neto et al. (1999) e seguindo procedimentos apresentados por Maldaner (2012) e Loose (2016).

$$CAD_N = CAD_{in} + \left(\frac{CAD_f - CAD_{in}}{2} \right) \left\{ 1 - \cos \left[\pi \left(\frac{1}{f} \right) \cdot \frac{ST(n)}{ST} \right] \right\} F \quad (5)$$

Em que: $ST_{(n)}$ é o valor de soma térmica do dia “n” em °C dia⁻¹; ST é o valor de soma térmica necessária para atingir a CAD_f , definida quando as plantas atingirem o estágio de início da antese, em °C dia⁻¹. O fator F de forma de aprofundamento radicular foi extraído da bibliografia, conforme Dourado Neto et al. (1999) e Diggle (1988), o qual assumiu-se como sendo 0,8 para culturas de grãos em geral.

Os valores de CAD inicial (CAD_{in}) e final (CAD_f) foram calculados para o solo para cada sistema em estudo, utilizando valores de CC e PMP. A CAD_{in} foi determinada para a profundidade de 0,10 m, enquanto que a CAD_f foi determinada até a profundidade de 0,50 m, para as duas culturas, considerada como profundidade de maior efeito do sistema radicular.

A soma térmica diária (STd, °C dia) foi calculada pela equação descrita por McMaster & Wilhelm (1997):

$$STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia} \quad (6)$$

Em que: T_{med} é a temperatura média diária; T_b é a temperatura-base. Para a cultura do milho, foi utilizada a $T_b = 8\text{ °C}$ (BIRCH, HAMMER E RICKERT, 1998) e para soja utilizamos $T_b = 10\text{ °C}$.

Para o cálculo da temperatura média diária do ar, utilizou-se a fórmula:

$$T_{med} = (T_{max} + T_{min}) / 2 \quad (7)$$

Em que: T_{max} é a temperatura máxima do ar; e T_{min} é a temperatura mínima do ar.

A Soma térmica acumulada (STa , °C dia^{-1}) foi calculada por meio da seguinte equação:

$$STa = \sum_n^1 STd \quad (8)$$

Em que: “n” é a duração em dias do subperíodo de desenvolvimento ou do ciclo de cada cultura; ST_d é a soma térmica diária.

O armazenamento de água no solo (ARM, em mm) considerou o crescimento do sistema radicular da cultura, pois o aprofundamento da raiz a expõe ao contato com o solo mais úmido (assumido na CC) e, assim, o valor do armazenamento (ARM) do BHS foi computado por meio da seguinte equação:

$$ARM = \left[CAD \cdot e^{\left(\frac{Neg.Ac.}{CAD}\right)} \right] \cdot \left[1 + \left(\frac{PROF_n - PROF_{n-1}}{PROF_{n-1}} \right) \right] \quad (9)$$

Em que: Neg. Ac. = é o negativo acumulado do balanço hídrico sequencial da cultura, calculado a partir da diferença entre a chuva e a evapotranspiração máxima

(ETm), se este valor for menor que 0 mm; $PROF_n$ = profundidade do sistema radicular no dia “n” em mm; $PROF_{n-1}$ = profundidade do sistema radicular no dia “n-1” em mm;

A profundidade do sistema radicular no dia “n” foi calculada com a equação sigmoidal adaptada de Dourado Neto et al. (1999), descrita na sequência:

$$PROF_n = PROF_{in} + \left(\frac{PROF_f - PROF_{in}}{2} \right) \left\{ 1 - \cos \left[\left(\pi \frac{ST_n}{ST} \right)^2 \right] \right\} \quad (10)$$

Em que: $PROF_{in}$ é a profundidade inicial após a sementeira e logo após a germinação, a qual foi considerada como sendo 0,05 m, o que corresponde à profundidade de sementeira e a emissão da radícula, antes da emissão de raízes secundárias; $PROF_f$ é a profundidade radicular máxima efetiva na antese, o que corresponde a 70% da profundidade máxima da cultura, que foi considerada como 0,50 m para o milho e a soja. ST_n é a soma térmica, no início do crescimento radicular após a profundidade inicial, o que corresponde a soma térmica média entre o 14° e 15° dia após a sementeira, e a ST é a soma térmica total que vai da sementeira à antese.

Para cada um dos cinco sistemas de produção, os dados de rendimento de grãos de milho e soja, de toda a série histórica entre 1996 a 2017, foram correlacionados com os dados das variáveis hídricas extraídas do balanço hídrico e estimadas a partir dos dados meteorológicos primários, considerando o ciclo completo e subperíodos específicos para cada cultura.

4.3.4 Variáveis hídricas

A partir do BH e das variáveis primárias foram utilizadas as seguintes variáveis hídricas para correlacionar com o rendimento de grãos das culturas: armazenamento de água no solo a 100% da CAD (ARM), armazenamento de água no solo a 75% da CAD (ARM75), déficit hídrico (DEF), evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração

potencial (ET_o), evapotranspiração real (ET_r), negativo acumulado (NGA) e a precipitação pluvial (PREC).

4.3.5 Subperíodos

Para a cultura do milho as análises de correlação foram realizadas nos subperíodos: a) semeadura ao pendoamento em “VT” (SE_PE); b) 30 dias depois da semeadura até o pendoamento (30D_PE); c) 10 dias antes do pendoamento a 30 dias depois (10A_30D); d) pendoamento à maturação fisiológica em R6 (PE_MF); e e) Ciclo completo (CICLO). Para a soja os subperíodos considerados foram: a) semeadura ao início do florescimento (SE_R1); b) início do florescimento ao início da formação da vagem (R1_R3); c) início da formação da vagem até a vagem cheia (R3_R6); d) início do florescimento à maturação fisiológica (R1_MF); e) ciclo completo (CICLO). Devido a constatação da existência de padrões distintos de resposta do rendimento de grãos às variáveis hídricas, nas séries de dados de todos os sistemas de produção, os subperíodos foram avaliados separadamente de acordo com as fases do fenômeno ENOS: La Niña e El Niño e para anos considerados sem a presença dos respectivos fenômenos, os quais foram considerados como anos Neutros. A classificação dos anos de El Niño, La Niña e Neutros foi a mesma adotada no capítulo 1, a qual se encontra descrita no material e métodos do mesmo.

Para caracterizar os principais estádios de cada cultura, foi utilizada a escala fenológica de Ritchey et al., (1993) para milho, e a escala fenológica de Fehr e Caviness (1977) para a soja. As datas de semeadura e colheita da soja e do milho foram obtidas dos registros dos cadernos de campo do experimento. O período entre a semeadura e a emergência foi considerado de sete dias para ambas as culturas. No milho o número de dias para alcançar o pendoamento e o ciclo completo foram obtidos em referências bibliográficas de acordo com os híbridos utilizados quando possível ou assumiu-se o valor de híbrido mais utilizado na série histórica. Na soja os estádios de R1 (início do florescimento) e ciclo também foram obtidos em referências bibliográficas para cada uma das cultivares utilizadas. A duração dos demais estádios da soja, foram estimados

considerando o grupo de maturação e a data de semeadura conforme descrito em Trentin et al. (2013). Os híbridos de milho e cultivares de soja, para os quais não foram encontradas informações na literatura sobre o número de dias para atingir a maturação fisiológica, foi estipulado como sendo entre 10 a 15 dias antes da data da colheita.

Na análise de correlação foram utilizadas as abordagens paramétrica e não paramétrica, com os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman, respectivamente. No caso do coeficiente de correlação de Pearson foram atendidas todas as pressuposições estatísticas antes da realização dos testes. Quando foi detectada a presença de outliers, os pontos foram retirados da análise sempre que considerados como alavancas fortes de influência nas respostas. Também foram calculados o grau de significância e os intervalos de confiança para cada correlação analisada. As análises estatísticas foram realizadas em ambiente do software R, utilizando funcionalidades dos pacotes do mesmo. A intensidade das correlações foi classificada conforme Dancey & Reidy (2006), da seguinte maneira: correlações fracas, valores variando entre 0,10 a 0,39; correlações médias/moderadas de 0,40 a 0,69 e correlações fortes/elevadas de 0,70 a 1,0.

4.4 Resultados e Discussão

A análise de correlação da série histórica dos rendimentos de grãos de milho e soja, com as variáveis hídricas, não identificou diferenças significativas entre os sistemas de produção de grãos com ILP avaliados, independentemente do subperíodo do ciclo da cultura em que a análise foi feita. Este resultado foi observado, tanto na abordagem paramétrica, com o coeficiente de Pearson, quanto na abordagem não paramétrica, representada pelo coeficiente de Spearman. Apesar de não haver diferença significativa entre os sistemas ILP, estes responderam às variáveis hídricas, sendo observadas tanto correlações significativas diretas, quanto inversamente proporcionais para ambos os coeficientes, testados nas duas culturas e nos subperíodos avaliados durante o ciclo de crescimento e desenvolvimento das mesmas.

No subperíodo 10A-30D do milho foi observado o maior número de correlações significativas entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas, em comparação aos demais subperíodos. Este resultado confirma a importância deste subperíodo crítico para a cultura do milho (MATZENAUER et al., 1995; BERGAMASCHI et al., 2004 e BERGAMASCHI et al., 2006), pois é quando a maior parte do potencial de rendimento de grãos estabelecido começa a ser expressado. Em consequência dos processos fisiológicos ligados à formação e ao enchimento de grãos, o déficit hídrico é extremamente crítico nesta fase do desenvolvimento da planta. (ZINSELMEIER et al., 1995). Neste subperíodo, o milho está com sua máxima área foliar, consequentemente, elevada transpiração. Adicionalmente também ocorre a maior oferta de radiação solar devido ao ciclo da cultura se encontrar bem próximo ao solstício de verão. O efeito do vento sobre a cultura, também contribui para o déficit hídrico por elevar a demanda de água, como consequência das trocas de ar saturado de vapor d'água por ar quente e seco (BERGAMASCHI, et al., 2006).

Todas as correlações do rendimento de grãos de milho, com as variáveis hídricas estudadas, foram significativas no subperíodo de 10A-30D, conforme demonstram os coeficientes de correlação de Pearson e Spearman, exceto para a ETr no caso daquele de Spearman (Tabelas 1 e 2). As correlações com o NGA foram diretamente proporcionais, com intensidade variando de moderadas a fortes, conforme classificação de Dancey & Reidy (2006), dependendo do sistema ILP. As correlações com o NGA também foram as maiores entre todas as variáveis hídricas avaliadas para este subperíodo. As correlações do rendimento de grãos com as variáveis ETm e ETo também foram classificadas entre moderadas a fortes, sendo que, junto com o NGA, foram as mais elevadas para este subperíodo, porém, apresentando variação inversamente proporcional. Também foram observadas correlações diretamente proporcionais do rendimento de grãos com as variáveis ARM, ARM75, ETr/ETm e PREC nas duas abordagens (paramétrica e não paramétrica), sendo que para ARM, ARM75, as correlações foram fracas e médias, e para a ETr/ETm e a PREC, foram consideradas médias em todos os sistemas ILP.

Somente foram observadas correlações diretamente proporcionais com ETr, pela abordagem paramétrica de Pearson, contudo foram classificadas como fracas ou médias. As correlações mais fracas do rendimento de grãos, observadas com a razão ETr/ETm em relação às demais variáveis hídricas, em certa medida, contrastam com o observado por Bergamaschi et al., 2006, onde a razão ETr/ETm explicou quase 80% das variações na produção de grãos, neste mesmo subperíodo, sendo responsável pela maior redução na produção em consequência de déficits hídricos. Entretanto, este resultado foi baseado em experimento que utilizou dados de 10 anos de cultivos de milho, avaliados em um único sistema de produção. O experimento também contou com diferentes tratamentos de irrigação, promovendo diferentes condições de disponibilidade hídrica no solo para a planta.

Tabela 1 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo de 10 dias antes e 30 dias depois do pendoamento do milho (10A_30D). Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
ARM	0,50**	0,29	0,52**	0,48**	0,59***
ARM75	0,45**	0,23	0,41*	0,36	0,45**
DEF	-0,51**	-0,57***	-0,58***	-0,43*	-0,50**
ETm	-0,66***	-0,64***	-0,72***	-0,61***	-0,71***
ETo	-0,66***	-0,64***	-0,72***	-0,60***	-0,71***
ETr	0,38*	0,57***	0,43**	0,38*	0,39*
ETr/ETm	0,50***	0,68***	0,65***	0,52**	0,54*
NGA	0,71***	0,68***	0,78***	0,67***	0,77***
PREC	0,48**	0,49**	0,58***	0,47**	0,58***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sosseseadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo de 10 dias antes e 30 dias depois do pendoamento do milho (10A_30D). Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
ARM	0,47**	0,37*	0,44**	0,36*	0,50**
ARM75	0,50**	0,37*	0,51**	0,37*	0,52**
DEF	-0,50**	-0,54***	-0,63***	-0,51**	-0,55***
ETm	-0,58***	-0,47**	-0,65***	-0,48**	-0,64***
ETo	-0,58***	-0,47**	-0,65***	-0,49**	-0,65***
ETr/ETm	0,50**	0,57***	0,64***	0,53**	0,55***
NGA	0,63***	0,57***	0,74***	0,56***	0,69***
PREC	0,54***	0,54***	0,70***	0,58***	0,66***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

O segundo subperíodo em que o rendimento de grãos do milho apresentou mais correlações significativas com as variáveis hídricas foi do pendoamento à maturação fisiológica (PE-MF). Porém, houve diferença no número de correlações entre as abordagens paramétricas (Tabela 3) e não paramétricas (Tabela 4). Enquanto que pela abordagem não paramétrica foram observadas correlações com sete variáveis hídricas (DEF, ETm, ETo, ETr, ETr/ETm, NGA e PREC), na abordagem paramétrica foram observadas correlações com cinco variáveis hídricas (ETm, ETo, ETr/ETm, NGA e PREC). O rendimento de grãos apresentou correlações médias e inversamente proporcionais para as variáveis ETm e ETo, sendo mais elevadas na abordagem paramétrica do que na não paramétrica. Através da análise paramétrica de Pearson, o rendimento de grãos também apresentou correlações fortes e diretamente proporcionais para a variável NGA, sendo os valores melhores do que aqueles obtidos pelo coeficiente de Spearman. As correlações foram moderadas e diretamente proporcionais com a razão ETr/ETm e a variável PREC, em ambos os coeficientes. Neste subperíodo, o rendimento de grãos apresentou correlação com as variáveis DEF e ETr somente através da análise não paramétrica. As correlações encontradas com a DEF foram inversamente

proporcionais e de média intensidade (-0,62 a -0,48), enquanto as correlações para a ETr, foram diretamente proporcionais, variando de fracas a moderadas (0,30 a 0,50).

Tabela 3 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo entre o pendoamento à maturação fisiológica do milho (PE_MF). Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
ETm	-0,64***	-0,61***	-0,65****	-0,56***	-0,63***
ETo	-0,64***	-0,61***	-0,65****	-0,56***	-0,63***
ETr/ETm	0,42*	0,51**	0,47**	0,41*	0,53**
NGA	0,69****	0,66***	0,72****	0,64***	0,69****
PREC	0,49**	0,41*	0,61***	0,58***	0,62***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 4 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo entre o pendoamento à maturação fisiológica do milho (PE_MF). Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,50**	-0,48**	-0,62***	-0,58***	-0,54***
ETm	-0,44**	-0,32	-0,46**	-0,39*	-0,49**
ETo	-0,44**	-0,32	-0,46**	-0,39*	-0,49**
ETr	0,38*	0,51**	0,44**	0,48**	0,30
ETr/ETm	0,51**	0,53**	0,64***	0,60***	0,57***
NGA	0,51**	0,44**	0,56***	0,47**	0,53**
PREC	0,51**	0,48**	0,62***	0,63***	0,63***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Ao analisar o ciclo completo da cultura do milho, foi possível observar que as correlações do rendimento de grãos com as variáveis hídricas, diminuíram em relação aos subperíodos de 10A-30D e PE-MF. Este resultado é condizente com o descrito em diversos trabalhos (MATZENAUER, 1994; BERGAMASCHI et al., 2004 e BERGAMASCHI et al., 2006), que demonstram que a produtividade do milho está intimamente relacionada com as variáveis hídricas, principalmente na fase que inicia alguns dias antes do pendoamento até o início do enchimento de grãos. Porém, estes resultados também indicam que estas correlações seguiram significativas até a maturação fisiológica. O rendimento de grãos apresentou correlações diretamente proporcionais e de médias intensidade com as variáveis DEF, ET_m, ET_o e ET_r/ET_m, tanto para o coeficiente de Pearson (tabela 5), quanto para o de Spearman (Tabela 6). O rendimento de grãos apresentou correlação diretamente proporcional ao NGA em ambos coeficientes testados, e assim como ocorreu nos subperíodos 10A-30D e PE-PF, apresentou os valores mais elevados, em relação às demais variáveis hídricas, também para este subperíodo.

A elevada correlação do rendimento de grãos com a variável NGA, pode ser um indicativo de que esta variável hídrica tenha realmente efeito sobre a produtividade de grãos e deve ser estudada mais detalhadamente. O NGA implica na capacidade da planta em retirar a água da reserva do solo, e este por sua vez, de armazená-la, fator intimamente ligado ao tipo de manejo de solo e cultural utilizados ao longo do tempo (LOOSE, 2016; KORCELSKI, 2019).

Os subperíodos SE-PE e 30D-PE, estão inseridos na fase vegetativa da cultura. Ambos apresentaram respostas semelhantes às correlações entre o rendimento de grãos de milho e as variáveis hídricas. Entre as nove variáveis hídricas avaliadas, o rendimento de grãos apresentou correlação diretamente proporcional para os dois subperíodos somente com a variável ARM75, independente do coeficiente utilizado. Entretanto, as correlações foram classificadas como fracas e moderadas, tanto para os coeficientes de Pearson, quanto para aquele de Spearman.

Os resultados observados nestes dois subperíodos convergem com os apresentados no trabalho de Bergamaschi et al., (2006), em que os autores sustentam que, durante o período vegetativo, o déficit hídrico reduz o crescimento do milho em função de decréscimos da área foliar e da biomassa. Porém, segundo os mesmos autores, esse período atinge com menor intensidade os componentes do rendimento em relação às fases reprodutivas. Assim, os efeitos sobre a produtividade de grãos poderão ser minimizados posteriormente, caso as condições hídricas se tornarem favoráveis, o que poderá garantir um melhor rendimento de grãos. Contudo, se o déficit hídrico ocorrer entre a pré-floração e o início do enchimento de grãos, considerado o período crítico para esta cultura (MORIZET & TOGOLA, 1984), a recuperação da capacidade produtiva da cultura não poderá não ser atingida totalmente, uma vez que os subperíodos da fase reprodutiva são muito mais rápidos do que os verificados durante o crescimento vegetativo. Portanto, estas características da cultura do milho, podem explicar, ao menos parcialmente, porque praticamente não foram encontradas correlações significativas entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas nestes dois subperíodos.

A correlação observada somente com a variável ARM75 nos subperíodos SE-PE e 30D-PE, sugere uma relação com o crescimento radicular, pois este ocorre somente durante a fase vegetativa da cultura, além desta variável hídrica ser um indicativo da água disponível no solo e facilmente absorvível pela planta, variando conforme a profundidade da raiz.

Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao ciclo completo da cultura. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,41*	-0,61***	-0,51**	-0,40*	-0,39*
ETm	-0,68****	-0,68****	-0,72****	-0,65***	-0,69****
ETo	-0,57***	-0,58***	-0,60***	-0,58***	-0,60***
ETr/ETm	0,30	0,53**	0,46**	0,40*	0,36
NGA	0,65****	0,67****	0,74****	0,66****	0,68****

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5:

grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real e NGA: negativo acumulado. Significância: $p = 0,10$ (*); $p = 0,05$ (**); $p = 0,01$ (***) e $p < 0,001$ (****).

Tabela 6 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao ciclo completo da cultura. Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,45**	-0,52**	-0,59***	-0,54***	-0,50**
ETm	-0,60***	-0,60***	-0,71****	-0,60***	-0,61***
ETo	-0,55***	-0,63***	-0,64***	-0,61***	-0,59***
ETr/ETm	0,34	0,42*	0,49**	0,42**	0,40*
NGA	0,58***	0,59***	0,70****	0,60***	0,59***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real e NGA: negativo acumulado. Significância: $p = 0,10$ (*); $p = 0,05$ (**); $p = 0,01$ (***) e $p < 0,001$ (****).

A análise da cultura da soja, quando considerada a série histórica completa, os cinco sistemas de produção não apresentaram diferenças entre as correlações do rendimento de grãos com as variáveis hídricas, tanto para a sucessão ao trigo, quanto em sucessão à aveia branca.

Em comparação ao milho, a soja, independente da sucessão, apresentou menor número de correlações significativas entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas. Foram observadas entre duas a quatro correlações significativas em praticamente todos os subperíodos da cultura, tanto na fase vegetativa, quanto na reprodutiva, sendo que o ciclo completo da cultura, apresentou menor quantidade e menor intensidade de correlações significativas, quando comparado aos demais subperíodos durante o ciclo. Nesta condição, ocorreram correlações significativas com três variáveis hídricas (DEF,

ETr/ETm e PREC), tanto na soja após o trigo (Tabelas 7 e 8), quanto na soja após a aveia branca (Tabelas 9 e 10). Com a variável DEF, o rendimento de grãos apresentou correlação inversamente proporcional e de média intensidade, porém as correlações com as variáveis ETr/ETm e PREC foram diretamente proporcional e com coeficientes moderados. Os valores das correlações foram similares entre os coeficientes de Pearson, e de Spearman.

Tabela 7 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de soja após o trigo, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao ciclo completo da cultura. Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,45**	-0,47**	-0,41*	-0,44**	-0,48**
ETr/ETm	0,49**	0,50**	0,43**	0,46**	0,55***
PREC	0,48**	0,47**	0,44*	0,44*	0,61***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETr: evapotranspiração real e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 8 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de soja após o trigo, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao ciclo completo da cultura. Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,43**	-0,47**	-0,43**	-0,45**	-0,45**
ETr/ETm	0,44**	0,47**	0,42*	0,44**	0,51**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima e ETr: evapotranspiração real. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao ciclo completo da cultura. Safras de 1996/97 à 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,51**	-0,50**	-0,48**	-0,40*	-0,45**
ETr/ETm	0,56***	0,53**	0,52**	0,43**	0,52**
PREC	0,52**	0,47**	0,58***	0,48**	0,56**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETr: evapotranspiração real e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 10 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao ciclo completo da cultura. Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,54***	-0,46**	-0,45**	-0,43**	-0,44**
ETr/ETm	0,57***	0,46**	0,49**	0,43**	0,49**
PREC	0,52**	0,42*	0,53**	0,36	0,52**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETr: evapotranspiração real e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

No subperíodo R3-R6, que vai da formação do legume até o enchimento completo do grão, as correlações do rendimento de grãos foram significativas com quatro variáveis hídricas, em ambas sucessões analisadas. As correlações foram diretamente proporcionais entre o rendimento de grãos e a razão ETr/ETm, as quais apresentaram os maiores coeficientes para o subperíodo, sendo classificados com intensidade média a elevada. As correlações com variáveis ETr e PREC também foram diretamente proporcionais, porém com valores inferiores. A variável DEF apresentou correlações moderadas, porém,

inversamente proporcional ao rendimento de grãos. Os coeficientes de Pearson (tabelas 11 e 12) e de Spearman (Tabelas 13 e 14) foram similares em ambas sucessões.

Tabela 11 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de soja após o trigo, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R3-R6 da cultura. Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,53**	-0,57***	-0,52**	-0,53**	-0,56***
ETr	0,49**	0,47**	0,47**	0,44**	0,57***
ETr/ETm	0,63***	0,65***	0,62***	0,59***	0,68***
PREC	0,46**	0,46**	0,43**	0,39*	0,55***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETr: evapotranspiração real e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 12 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R3-R6 da cultura. Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,58***	-0,58***	-0,51**	-0,49**	-0,49**
ETr	0,52**	0,46**	0,47**	0,40*	0,49**
ETr/ETm	0,68***	0,65***	0,59***	0,53**	0,58***
PREC	0,53**	0,46**	0,41*	0,35	0,43**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETr: evapotranspiração real e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 13 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de soja após o trigo, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R3-R6 da cultura. Safras de 1996/97 a 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,55***	-0,58***	-0,57***	-0,57***	-0,56***
ETr	0,53**	0,53**	0,48**	0,49**	0,65***
ETr/ETm	0,66****	0,66****	0,63***	0,63***	0,68****
PREC	0,45**	0,47**	0,47**	0,43**	0,58***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETr: evapotranspiração real e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 14 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R3-R6 da cultura. Safras de 1996/97 à 2017/18. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,62***	-0,56***	-0,50**	-0,53**	-0,51**
ETr	0,58***	0,48**	0,56***	0,50**	0,55***
ETr/ETm	0,73****	0,64***	0,62***	0,61***	0,57***
PREC	0,56***	0,49**	0,44**	0,43**	0,45**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETr: evapotranspiração real e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

O subperíodo R1-MF, engloba todo o estágio reprodutivo da cultura, desde o início do florescimento até a maturação fisiológica do grão. Após a maturação fisiológica, ocorre praticamente só a perda de água do grão até o ponto de colheita. Este subperíodo

mostrou resultados muito similares ao R3-R6, tanto na soja após o trigo, quanto na soja após a aveia branca. Os coeficientes de Pearson e de Spearman foram similares para as variáveis analisadas.

O subperíodo SE-R1, avaliou toda a fase vegetativa da cultura da soja, o qual apresentou correlações do rendimento de grãos com variáveis hídricas que não ocorreram nos subperíodos concentrados nas fases reprodutivas, como a ETm, a ETo e o NGA, em ambas sucessões. As correlações entre o rendimento de grãos e as variáveis ETm e ETr exibiram valores médios e inversamente proporcionais para as duas variáveis. Enquanto que as correlações com a ETr, nos estádios reprodutivos, foram diretamente proporcionais e maiores, na fase vegetativa (SE-R1), foram inversamente proporcionais e com coeficientes menores. Contudo, a significância desta variável, oscilou de 5% a 10% entre os sistemas de produção. A correlação com a variável hídrica NGA, também ocorreu somente na fase vegetativa, sendo diretamente proporcional e com coeficientes fracos a médios.

O subperíodo de R1-R3, determina o início do estágio reprodutivo da cultura, através do início da floração (R1) e vai até o início da formação da vagem (R3). Este subperíodo não apresentou correlações significativas para o coeficiente paramétrico de Pearson, tanto na soja após o trigo, quanto na soja após a aveia branca. Na análise paramétrica, representada pelo coeficiente de Spearman, foram observadas correlações com coeficientes moderados e diretamente proporcionais com as variáveis PREC e ETr/ETm, e correlações de intensidade médias e inversamente proporcionais com a variável DEF. Os valores das correlações da razão ETr/ETm e as respectivas significâncias foram similares para a soja em ambas sucessões. Porém, as variáveis PREC e DEF apresentaram correlações ligeiramente superiores na soja após a aveia branca, em comparação às observadas na sucessão com o trigo.

Ao analisar estes resultados, observa-se que dentro do subperíodo reprodutivo da soja, ocorreram maior número de correlações entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas, as quais também possuem valores maiores e mais significativos em R3-R6, do

que para R1-R3, sugerindo que este subperíodo é mais determinante para o rendimento de grãos, em se tratando do efeito das relações hídricas.

Estes resultados são condizentes com os descritos por Montoya et al. (2017) que afirmam que déficits hídricos durante a floração da cultura (R1 e R2) podem reduzir o rendimento de grãos em apenas 6% quando ocorrer a perda de 50% das folhas da planta, enquanto a partir do estágio R4, marca o início do período mais crítico para a planta quanto a determinação do rendimento. Adicionalmente, Antonello (2019) destaca que no estágio R5, período de enchimento de grãos, a planta atinge altura e índice de área foliar (IAF) máximos, e que devido a estas características, estresses hídricos durante este período também podem causar reduções significativas no rendimento de grãos da cultura.

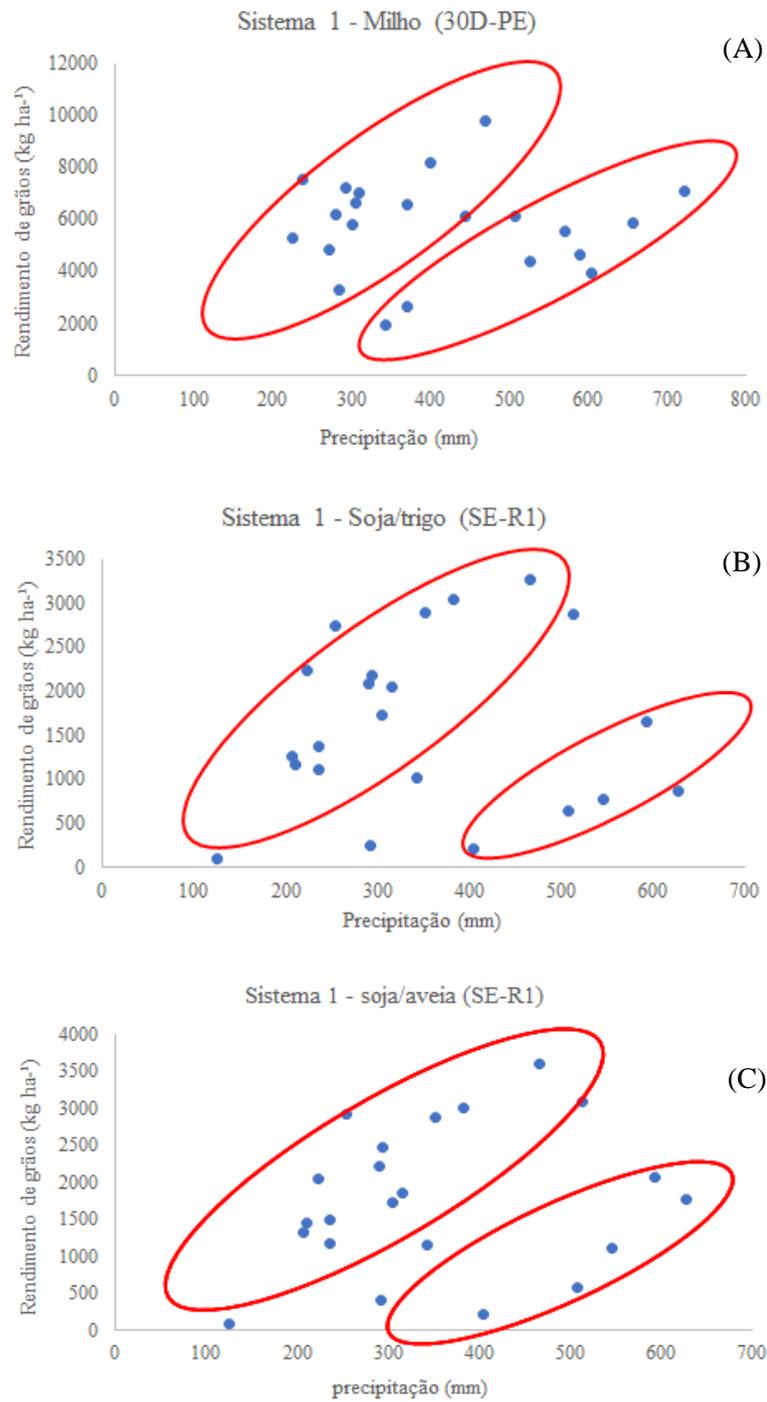
Relação semelhante, também foi observada entre R1-R3 e o estágio vegetativo (SE-R1) da soja. Um maior número de correlações com variáveis hídricas, foram encontradas no subperíodo SE-R1 do que no R1-R3. Apesar de serem variáveis diferentes para os dois subperíodos, este resultado sugere que o estabelecimento do rendimento de grãos da soja, pode depender tanto ou mais da disponibilidade hídrica ainda no final da fase vegetativa, provavelmente alguns dias antes do início da floração, do que propriamente durante a fase R1-R3. Esta hipótese, pode ser amparada por estudos como o de Manavalan et al. (2009) em que os autores demonstraram que, quando as plantas de soja não são irrigadas no final da fase vegetativa e início da reprodutiva, apresentam aumento no crescimento radicular, especialmente nas camadas mais profundas do solo. Hirasawa et al. (1998) também observaram que as plantas de soja submetidas à seca antes da floração, apresentaram maior rendimento de grãos do que aquelas estressadas após a floração, porque já haviam desenvolvido um sistema radicular vigoroso, antes do florescimento. Müller et al. (2021), afirmam que, se uma planta desenvolver mais o sistema radicular, durante o início de desenvolvimento vegetativo, estaria em vantagem para manter o turgor sob condições de seca, em relação às plantas com menor crescimento radicular.

O fato da correlação com variável hídrica NGA aparecer somente no subperíodo SE-R1 e não nos subperíodos reprodutivos, é um indicativo que converge com os resultados apresentados nos trabalhos acima citados (MANALAVAN et al., 2009; MÜLLER et al., 2021), pois esta variável está diretamente associada a quantidade de água extraída do solo e, portanto, com o crescimento radicular. Nos subperíodos reprodutivos, as principais correlações foram com as variáveis ETr/ETm e PREC. Este resultado sugere que para a fase vegetativa, a capacidade de armazenamento de água no solo e conseqüentemente, de sua extração pela planta, é mais importante do que na fase reprodutiva. Também indica que a fase reprodutiva da soja, é mais dependente das precipitações pluviiais e da capacidade das plantas na regulação da evapotranspiração, a qual afeta indiretamente a razão ETr/ETm.

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas entre os sistemas de produção com base nas correlações entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas, ao longo de toda a série histórica, observou-se padrões distintos de respostas do rendimento de grãos em relação a variáveis hídricas, dentro das séries históricas (Figura 1). Conforme exemplificado na Figura 1, observou-se dois agrupamentos de dados distintos para ambas culturas e/ou sistemas de sucessão (no caso da soja). Isso indica que as respostas das plantas cultivadas nos sistemas de produção com ILP foram influenciadas de maneira diferente na presença e/ou ausência de algum fenômeno climatológico. A PREC foi a variável que melhor demonstrou essa diferença de padrão, mas ele esteve presente também para as outras variáveis hídricas avaliadas no presente trabalho.

Para investigar a possível causa e buscar resultados mais precisos das correlações entre as variáveis hídricas e o rendimento de grãos das duas culturas, as séries de dados foram divididas de acordo com a presença das fases do fenômeno ENOS (El Niño e La Niña) ou sua ausência (Neutro). Na série histórica de 1996/97 a 2017/18, seis safras de milho e soja se desenvolveram em condições de neutralidade (sem a presença das Fases ENOS), nove safras ocorrem condições de La Niña e sete safras estiveram sob influência de El Niño.

Figura 1 - Relação entre precipitação pluvial (mm) e o rendimento de grãos de milho (A), soja após o trigo (B) e soja após a aveia branca (C), em diferentes subperíodos das culturas.



Anos Neutros

Em anos sem a influência das fases do fenômeno ENOS, o rendimento de grãos de milho apresentou correlações fortes e diretamente proporcionais somente com a variável hídrica ARM75, em todos os sistemas. As correlações foram significativas apenas na análise não paramétrica conforme o coeficiente de Spearman, portanto, indicando uma resposta não linear a variável ARM75 (Tabela 15). Outra observação é que estas correlações aconteceram em todos os subperíodos avaliados, tanto os que englobam somente as fases vegetativas, quanto os que predominam as fases reprodutivas, incluindo o ciclo da cultura. Esta observação pode indicar que a capacidade de armazenamento de água no solo a 75% da capacidade de campo tem forte relação com o rendimento de grãos ao longo de todo o ciclo da cultura. Para o coeficiente de Pearson, observou-se poucas correlações significativas distribuídas aleatoriamente entre os sistemas de produção, porém, não diferindo significativamente entre eles, por estarem dentro do mesmo intervalo de confiança.

Tabela 15 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de milho, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a 5 subperíodos da cultura em anos Neutros. Passo Fundo, RS – 2022.

Subperíodo	Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
10A_30D	ARM75	0,94***	1,00****	0,89**	0,89**	1,00****
30D_PE	ARM75	0,83**	1,00****	0,83**	0,83**	0,83**
CICLO	ARM75	0,94***	1,00****	0,94***	0,94***	0,94***
PE_MF	ARM75	0,89**	0,94***	1,00****	0,94***	0,94***
SE_PE	ARM75	0,83**	0,94***	0,83**	0,83**	0,83**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. Subperíodos: 10A_30D: 10 dias antes e 30 depois do pendoamento; 30D_PE: 30 dias depois da semeadura ao pendoamento; PE_MF: Pendoamento à maturação fisiológica; SE_PE: Semeadura ao pendoamento; CICLO: ciclo completo da cultura. Variável hídrica - ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Os anos Neutros, tendem a apresentar maior variabilidade climática e meteorológica do que anos classificados em uma das fases do fenômeno ENOS

(BERLATO & FONTANA, 2005; ALBERTO et al., 2006; MATZENAUER, RADIN & MALUF, 2017). Estes anos podem se comportar tanto como anos de El Niño (mais chuvosos), como anos de La Niña (mais secos) e ainda assim, estarem dentro da classificação de neutralidade para estes fenômenos. Portanto, devido a esta maior variabilidade nas condições meteorológicas destes anos, provavelmente, o método de correlação linear de Pearson não foi o mais adequado para captar eventuais correlações das variáveis hídricas com o rendimento de grãos, em comparação ao método não paramétrico de Spearman.

Na soja, em ambas sucessões, assim como ocorreu no milho, observou-se poucas correlações significativas entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas pelo coeficiente de Pearson. Entre os sistemas de produção não houve diferença significativa, conforme demonstram os intervalos de confiança dos coeficientes de correlação de Pearson.

Quando utilizado o coeficiente não paramétrico de Spearman, foi observada uma concentração de correlações significativas no subperíodo R3-R6. O rendimento de grãos apresentou correlações fortes e inversamente proporcionais à variável DEF, em todos os sistemas de produção e em ambas sucessões da cultura. Este resultado sugere que o déficit hídrico, neste subperíodo, está altamente relacionado com o rendimento de grãos de soja, e que sua resposta é não linear a esta variável. O rendimento de grãos de soja, em ambas sucessões, apresentou correlações inversamente proporcionais com as variáveis ET_m e ET_o, porém, os seus valores, mesmo dentro do intervalo de confiança, variaram bastante entre os sistemas de produção. Enquanto os sistemas 2 (misto), 3 (perenes de inverno) e 4 (perenes de verão) apresentaram correlações significativas fortes com estas variáveis, os sistemas 1 (grãos) e 5 (alfafa) apresentaram correlações fracas e médias, tanto na soja em sucessão ao trigo (Tabela 16), quanto na sucessão com a aveia branca (Tabela 17).

Para o subperíodo R3-R6, a variável que apresentou as correlações mais elevadas foi o NGA, sendo diretamente proporcional ao rendimento de grãos. As correlações foram fortes em, praticamente, todos os sistemas, com exceção para o sistema 5 que apresentou

correlação média a fraca. Os resultados foram similares entre as duas sucessões da soja. Além das correlações do rendimento de grãos com a variável NGA serem muito fortes, elas apareceram somente em anos Neutros, não ocorrendo em anos de fenômenos ENOS, nem quando considerada a série histórica total. Esta observação, demonstra que as variáveis hídricas possivelmente influenciam o rendimento de grãos de maneira específica e em diferentes subperíodos, de acordo com as condições meteorológicas predominantes ao longo do desenvolvimento da cultura.

Tabela 16 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de soja em sucessão ao trigo, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R3_R6 da cultura em anos Neutros. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,94***	-0,77*	-0,77*	-0,83**	-0,83**
ETm	-0,66	-0,94***	-0,94***	-0,83**	-0,26
ETo	-0,66	-0,94***	-0,94***	-0,83	-0,26
NGA	0,83**	1,00****	1,00****	0,94***	0,49

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; NGA: negativo acumulado. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 17 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de soja em sucessão a aveia branca, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R3_R6 da cultura em anos Neutros. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,89**	-0,83**	-0,83**	-0,94***	-0,49
ETm	-0,43	-0,83**	-0,89**	-0,66	-0,49
ETo	-0,43	-0,83**	-0,89**	-0,66	-0,49
NGA	0,66	0,94***	0,94***	0,83**	0,60

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; NGA: negativo acumulado. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Uma possível explicação para esta correlação ser encontrada somente em anos Neutros, é que em anos de El Niño há maior probabilidade de aumento no volume e na distribuição das precipitações pluviométricas, portanto, nestas condições, o solo estará mais frequentemente próximo a capacidade de campo. Por outro lado, em anos de La Niña, há maior probabilidade de redução das precipitações pluviais, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade de água armazenada no solo, gerando períodos mais prolongados de déficit hídrico. Entretanto, anos Neutros, mesmo podendo ter uma variação na frequência e volume de precipitações pluviométricas, estas ficam dentro de certos limites, pois os extremos, levariam a classificar o período em uma das fases do fenômeno ENOS. Sendo assim, em anos de neutralidade, a capacidade de água armazenada no solo e posteriormente extraída pela planta, ganha importância em relação às demais variáveis hídricas, podendo influenciar fortemente o rendimento de grãos.

Outro aspecto importante revelado ao analisar as correlações agrupadas segundo a influência dos fenômenos ENOS é que, provavelmente, são nas variáveis hídricas relacionadas as propriedades solo como o ARM, AMR75 e NGA, sob condições não extremas de variabilidade climática, onde os sistemas de produção podem exercer maior influência na estabilidade da disponibilidade hídrica e conseqüentemente no rendimento de grãos.

Anos de La Niña

Os anos de La Niña, tem maior probabilidade de estiagem, pela redução da quantidade de chuvas. Ao longo da série histórica de vinte e dois anos, nove safras de verão foram classificadas como sob influência deste fenômeno.

Na cultura do milho, o rendimento de grãos em anos de La Niña, assim como ocorreu para a série histórica completa, apresentou o maior número de correlações com variáveis hídricas no subperíodo 10A-30D. Contudo, enquanto que na série completa, as

correlações foram classificadas como fracas e moderadas, em anos de La Niña as correlações foram mais elevadas, variando de moderadas a fortes, tanto para o coeficiente de Pearson (Tabela 18), quanto para o coeficiente de Spearman (Tabela 19). A variável que apresentou as correlações mais elevadas foi o NGA através do coeficiente não paramétrico de Spearman. As correlações do rendimento de grãos com esta variável foram diretamente proporcionais e variaram de 0,78 a 0,92 dependendo do sistema de produção. As correlações com as variáveis ETm e ETo foram elevadas e inversamente proporcionais ao rendimento de grãos, com valores similares entre o método de Pearson e o de Spearman. As correlações com a variável DEF, também foram fortes e inversamente proporcionais ao rendimento de grãos, porém, somente ocorreram na análise não paramétrica (Coeficiente de Spearman). As correlações com a variável PREC foram diretamente proporcionais, fortes e similares entre os dois coeficientes. As correlações com a razão ETm/ETr também foram diretamente proporcionais, porém, ocorreram somente para o coeficiente de Spearman, variando de 0,65 a 0,87 entre os sistemas de produção.

Tabela 18 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de milho, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo 10A_30D da cultura em anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
ETm	-0,82***	-0,69**	-0,81***	-0,79**	-0,90****
ETo	-0,82***	-0,69**	-0,81***	-0,79**	-0,91****
NGA	0,82**	0,55	0,86***	0,82**	0,87***
PREC	0,71**	0,80***	0,66*	0,69**	0,72**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 19 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de milho, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo 10A_30D da cultura em anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,78**	-0,90****	-0,80***	-0,83***	-0,72**
ETm	-0,83***	-0,67**	-0,85***	-0,72**	-0,88***
ETo	-0,83***	-0,67**	-0,85***	-0,72**	-0,88***
ETr/ETm	0,72**	0,87***	0,75**	0,82***	0,65*
NGA	0,83***	0,78**	0,92****	0,85***	0,85***
PREC	0,72**	0,82***	0,78**	0,75**	0,67**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Em função dos resultados apresentados, pode-se presumir que o aumento no valor das correlações entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas ocorrido em anos de La Niña, em comparação à série histórica completa, deve-se a maior probabilidade de períodos mais secos e de maior radiação solar durante o desenvolvimento da cultura, ocorridos em anos sob influência deste fenômeno, consequentemente, o aumentando a evapotranspiração das plantas e a absorção das reservas de água do solo.

O segundo subperíodo que apresentou maior quantidade de correlações entre as variáveis hídricas e o rendimento corrigido de grãos, em anos de La Niña, foi o PE-MF. Este resultado demonstra que, sob os efeitos climatológicos de La Niña, as variáveis hídricas ganham importância maior nos períodos reprodutivos da cultura do milho. Em anos de La Niña, os valores das correlações do rendimento de grãos com as variáveis hídricas, foram maiores do que os observados na série histórica completa, mostrando que, provavelmente, as variáveis hídricas, respondem de diferentes maneiras e intensidades sobre o rendimento de grãos, conforme as condições meteorológicas predominantes, durante o desenvolvimento da cultura.

No subperíodo PE-MF, o rendimento de grãos apresentou correlações significativas com somente três variáveis hídricas pelo coeficiente de Pearson (Tabela

20). As correlações foram inversamente proporcionais com a ETm (-0,83 a -,073) e a ETo (-0,83 a -,073), e diretamente proporcionais para o NGA (0,77 a 0,87), sendo as três classificadas como fortes. Entretanto, os valores destas correlações lineares, foram maiores do que as encontradas pelo método não paramétrico. Quando utilizado o método de Spearman (Tabela 21), além das três variáveis já citadas anteriormente, o coeficiente também mostrou correlações inversamente proporcionais com as variáveis DEF (-0,88 a -0,65) e positivas com a razão ETr/ETm (0,67 a 0,75), indicando que estas duas variáveis, provavelmente não interferem linearmente sobre o rendimento de grãos da cultura.

Tabela 20 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo entre o pendoamento à maturação fisiológica do milho (PE_MF) em anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
ETm	-0,79**	-0,73**	-0,81***	-0,81***	-0,83***
ETo	-0,79**	-0,73**	-0,81***	-0,81***	-0,83***
NGA	0,77**	0,83***	0,83***	0,87***	0,81***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 21 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo entre o pendoamento à maturação fisiológica do milho (PE_MF) em anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,70**	-0,77**	-0,72**	-0,88***	-0,65*
ETm	-0,73**	-0,62*	-0,73**	-0,67**	-0,80***
ETo	-0,73**	-0,62*	-0,73**	-0,67**	-0,80***
ETr/ETm	0,67**	0,75**	0,68**	0,85***	0,60*
NGA	0,68**	0,68**	0,68**	0,75**	0,67**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Quanto ao ciclo completo da cultura, em anos de La Niña, as correlações encontradas, foram praticamente as mesmas que ocorreram nos subperíodos que englobam as fases reprodutivas do milho. A variável hídrica que apresentou as maiores correlações, para o ciclo completo da cultura, foi a ETm para ambos os coeficientes utilizados. A variável DEF também apresentou correlações fortes e inversamente proporcionais, porém, estas foram observadas somente para o coeficiente de Spearman, mostrando não ter uma resposta linear. As correlações fortes encontradas para estas duas variáveis, provavelmente deve-se pela maior demanda evaporativa observadas em períodos de La Niña. Para o coeficiente linear de Pearson, a variável hídrica NGA apresentou correlações fortes e diretamente proporcionais ao rendimento de grãos. Estas correlações foram menores na série completa de anos, e praticamente não apareceram em anos Neutros e anos de El Niño. Estes resultados sugerem que o NGA, por representar a água extraída do solo, ganha importância, principalmente, em períodos mais secos, os quais ocorrem com maior frequência em anos de La Niña (BERLATO, FARENZENA & FONTANA, 2005, ALBERTO et al., 2006, MATZENAUER, RADIN & MALUF., 2017). A razão ETr/ETm também apresentou correlações fortes e diretamente proporcional ao rendimento de grãos, sendo que os valores foram semelhantes entre os coeficientes de Pearson e de Spearman.

Para os dois subperíodos que englobam apenas a fase vegetativa do milho, SE-PE e 30D-PE, a única variável hídrica que apresentou correlação diretamente proporcional com o rendimento de grãos, foi o ARM. Ambos os coeficientes avaliados apresentaram correlações fortes, porém, o coeficiente de Pearson apresentou valores ligeiramente superior ao de Spearman, variando, entre os sistemas, de 0,80 a 0,87 para o subperíodo de 30D-PE e de 0,71 a 0,80 para o subperíodo de SE-PE. Esta variável não apresentou correlações significativas para anos Neutros ou de El Niño, nem mesmo quando considerada a série histórica completa. Os coeficientes elevados da correlação, é um indicativo de que o ARM, assim como observado com o NGA nos demais subperíodos, ganha importância quando o milho se desenvolve em condições de menor quantidade e frequência de precipitações pluviais, fato que ocorre com maior probabilidade em anos de La Niña.

A cultura da soja, sob influência de La Niña, praticamente não apresentou correlações significativas entre as variáveis hídricas e o rendimento de grãos, tanto no ciclo completo da cultura, como nos subperíodos avaliados, independente da sucessão e do coeficiente utilizado. As poucas correlações observadas, ocorreram somente para alguns sistemas nos subperíodos R1-MF e R3-R6, para as variáveis ETr e ETm. Entretanto, os intervalos de confiança mostraram que não houve diferença significativa entre os sistemas de produção, em relação a estas variáveis.

Possivelmente, a grande variabilidade no rendimento de grãos observados em anos sob influência de La Niña, pode ter dificultado o estabelecimento de correlações significativas com as variáveis hídricas, tanto para o coeficiente paramétrico de Pearson, quanto para o coeficiente não paramétrico de Spearman.

Anos de El Niño

No milho, o subperíodo 10A-30D, sob condições de El Niño, foi o que apresentou o maior número de correlações e também as mais elevadas, entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas. As maiores correlações ocorreram com as variáveis NGA (0,71 à 1,00) e ETm (-0,71 à -1,00). As demais variáveis hídricas também apresentaram correlações fortes em todos os sistemas. A única exceção foi para o sistema 2, que, apesar de não diferir significativamente, apresentou sempre as menores correlações com as variáveis hídricas, em relação aos demais sistemas de produção. Enquanto as variáveis ARM75, NGA e PREC apresentaram correlações diretamente proporcionais ao rendimento de grãos, as correlações das variáveis DEF, ETm e ETo foram inversamente proporcionais ao rendimento de grãos. Neste subperíodo, o coeficiente de Spearman (Tabela 22), além de um maior número de correlações, apresentou valores mais elevados do que os encontrados pela análise paramétrica de Pearson (Tabela 23).

Tabela 22 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo entre 10 dias antes e 30 dias depois do pendoamento (10D_30D) em anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
ARM75	0,68*	0,32	0,93***	0,82**	0,93***
DEF	-0,79**	-0,43	-0,89***	-0,86**	-0,75*
ETm	-0,96****	-0,71*	-1,00****	-0,96****	-0,96****
ETo	-0,89***	-0,61	-0,96****	-0,93***	-1,00****
ETr/ETm	0,82**	0,46	0,89***	0,89***	0,82**
NGA	0,96****	0,71*	1,00****	0,96****	0,96****
PREC	0,79**	0,43	0,89***	0,86**	0,96****

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 23 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura-pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo entre 10 dias antes e 30 dias depois do pendoamento do milho (10A_30D) em anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
ETm	-0,95***	-0,49	-0,89**	-0,94***	-0,96***
ETo	-0,94***	-0,47	-0,88**	-0,93***	-0,97***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

As correlações mais elevadas observadas em anos sob influência de El Niño, com a maioria das variáveis hídricas, podem ter como possível explicação, o fato do milho ser uma planta do tipo C4, o que lhe permite maior capacidade fotossintética e que, sob influência deste fenômeno, apresenta também maior probabilidade de ter suas necessidades hídricas atendidas pelo aumento da frequência e quantidade das

precipitações pluviárias. Essa hipótese, pode ser embasada em trabalhos como o de Bergamaschi et al. (2004), em que os autores afirmam que, por ser uma espécie de metabolismo C4, o milho tende a expressar sua elevada produtividade quando a máxima área foliar coincidir com a maior disponibilidade de radiação solar, desde que não haja déficit hídrico.

Essa condição permite a máxima fotossíntese possível, porém aumenta a necessidade hídrica da cultura, já que o elevado fluxo energético incidente também eleva a evapotranspiração. Ademais, Bergamaschi et al., (2001) observaram que, para as condições do Estado do Rio Grande do Sul, o milho necessita em torno de 7 mm por dia de água durante o florescimento, quando este ocorre próximo ao solstício de verão. Este resultado é congruente com o observado em nosso trabalho, no qual o subperíodo 10A-3D apresentou o maior número de correlações fortes entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas em comparação aos demais subperíodos.

Para os demais subperíodos da cultura do milho, ocorreram poucas correlações significativas entre as variáveis hídricas e o rendimento de grãos, em um ou outro sistema, porém, dentro do mesmo intervalo de confiança entre os sistemas de produção.

Para a soja, independente da cultura antecessora, o subperíodo R1-R3, foi o que apresentou o maior número de correlações do rendimento de grãos com as variáveis hídricas. A maior correlação ocorreu com a razão E_{Tr}/E_{Tm} , que variou de 0,89 a 0,93 ($p < 0,001$), seguidas das correlações com as variáveis NGA, PREC e ARM, as quais foram fortes e diretamente proporcionais ao rendimento de grãos. As variáveis DEF, E_{Tm} e E_{To} apresentaram igualmente correlações fortes, porém, inversamente proporcionais ao rendimento de grãos. Assim como observado para o milho, neste subperíodo, a análise não paramétrica de Spearman (Tabelas 24 e 25) identificou um maior número de correlações do que o coeficiente linear de Pearson (Tabelas 26 e 27).

Tabela 24 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de soja em sucessão ao trigo, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R1_R3 da cultura em anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
ARM	0,68*	0,79**	0,79**	0,68*	0,79**
DEF	-0,79**	-0,86**	-0,86**	-0,79**	-0,86**
ETm	-0,79**	-0,75*	-0,75*	-0,79**	-0,75*
ETo	-0,75*	-0,68*	-0,68*	-0,75*	-0,68*
ETr/ETm	0,89***	0,93***	0,93***	0,89***	0,93***
NGA	0,79**	0,86**	0,86**	0,79**	0,86**
PREC	0,79**	0,89***	0,89***	0,79**	0,89***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: $p = 0,10$ (*); $p = 0,05$ (**); $p = 0,01$ (***) e $p < 0,001$ (****).

Tabela 25 - Coeficiente de correlação de Spearman entre rendimento de grãos de soja em sucessão a aveia branca, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R1_R3 da cultura em anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

Subperíodo	Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
R1_R3	ARM	0,79**	0,79**	0,79**	0,68*	0,79**
R1_R3	DEF	-0,86**	-0,86**	-0,86**	-0,79**	-0,86**
R1_R3	ETm	-0,75*	-0,75*	-0,75*	-0,79**	-0,75*
R1_R3	ETo	-0,68*	-0,68*	-0,68*	-0,75*	-0,68*
R1_R3	ETr/ETm	0,93***	0,93***	0,93***	0,89***	0,93***
R1_R3	NGA	0,86**	0,86**	0,86**	0,79**	0,86**
R1_R3	PREC	0,89***	0,89***	0,89***	0,79**	0,89***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: $p = 0,10$ (*); $p = 0,05$ (**); $p = 0,01$ (***) e $p < 0,001$ (****).

Tabela 26 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de soja em sucessão ao trigo, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R1_R3 da cultura em anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
DEF	-0,79*	-0,86**	-0,83**	-0,77*	-0,91**
ETr	0,62	0,71*	0,73*	0,69*	0,75*
ETr/ETm	0,80*	0,88**	0,84*	0,78*	0,90**
NGA	0,82**	0,85**	0,83**	0,83**	0,92***
PREC	0,87**	0,83**	0,78*	0,71*	0,83**

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 27 - Coeficiente de correlação de Pearson entre rendimento de grãos de soja em sucessão a aveia branca, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas ao subperíodo R1_R3 da cultura em anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

Variável	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4	Sistema 5
ARM	0,79**	0,79**	0,79**	0,68*	0,79**
DEF	-0,86**	-0,86**	-0,86**	-0,79**	-0,86**
ETm	-0,75*	-0,75*	-0,75*	-0,79**	-0,75*
ETo	-0,68*	-0,68*	-0,68*	-0,75*	-0,68*
ETr/ETm	0,93***	0,93***	0,93***	0,89***	0,93***
NGA	0,86**	0,86**	0,86**	0,79**	0,86**
PREC	0,89***	0,89***	0,89***	0,79**	0,89***

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: Armazenamento de água no solo a 100% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Nos anos de El Niño, os quais apresentam maior probabilidade de aumento na quantidade e frequência de precipitações pluviométricas, foram observadas correlações elevadas entre o rendimento de grãos e variáveis hídricas, que não foram observados em anos de La Niña e anos Neutros, neste subperíodo. Quando avaliada a série histórica completa, o subperíodo R3-R6 apresentou maior número de correlações com as variáveis hídricas do que com o subperíodo R1-R3. Provavelmente, a probabilidade de maior disponibilidade hídrica em anos de El Niño durante esta fase, permite com que a planta sustente um maior número de flores e, conseqüentemente, de legumes que poderão influenciar posteriormente o rendimento de grãos, caso mantida as condições hídricas necessárias nos ciclos posteriores. As altas correlações encontradas em quase todas variáveis hídricas neste subperíodo, é um indicativo que a cultura, nesta condição específica, está expressando com maior intensidade seu potencial produtivo.

Apesar do rendimento de grãos no subperíodo R3-R6 ter exibido um número menor de correlações hídricas em anos de El Niño em comparação a série histórica completa, ainda assim, apresentou correlações fortes com variáveis hídricas importantes. As maiores correlações para este subperíodo, ocorreram com a variável DEF, as quais variaram de -0,93 à -0,86 pelo coeficiente de Spearman, portanto, inversamente proporcionais ao rendimento de grãos. Outra variável hídrica que apresentou forte correlação pelo mesmo coeficiente, porém, diretamente proporcional, foi a razão E_{Tr}/E_{Tm} , que variou de 0,79 a 0,89.

O subperíodo R1-MF, apresentou correlações com as mesmas variáveis hídricas e com os valores praticamente iguais aos observados no subperíodo R3-R6, para ambos coeficientes testados, tanto para a soja após o trigo, como na soja após a aveia branca.

O rendimento de grãos, considerando o ciclo completo da soja, apresentou correlações fortes com as variáveis hídricas DEF, E_{Tr}/E_{Tm} e ARM75. A maior correlação foi com a DEF, que variou de -0,89 a -0,96. As variáveis E_{Tr}/E_{Tm} e ARM75 também apresentaram correlações fortes, porém, diretamente proporcionais ao rendimento de grãos. As correlações mais fortes foram obtidas pelo coeficiente não

paramétrico de Spearman, independente se a cultura antecessora foi o trigo ou a aveia branca.

As tabelas contendo todas as correlações de Pearson e Spearman, entre o rendimento de grãos de milho e soja (ambas sucessões) e as variáveis hídricas, para todos os subperíodos avaliados, e os seus respectivos intervalos de confiança encontram-se no anexo I.

4.5 Conclusões

Os sistemas de integração lavoura pecuária não diferiram entre si, em relação às correlações entre as variáveis hídricas e o rendimento de grãos de milho e soja, tanto pelo coeficiente linear de Pearson, quanto pelo coeficiente não paramétrico de Spearman. Entretanto, dentro dos mesmos sistemas, as variáveis hídricas que apresentam correlações com o rendimento de grãos, variam de acordo com o fenômeno meteorológico predominante durante o desenvolvimento da cultura, especialmente aqueles classificados como La Niña e El Niño. Este resultado indica que análises de séries históricas longas, que não levam em consideração as condições climatológicas predominantes durante o desenvolvimento da cultura, podem dificultar o estabelecimento de correlações entre as variáveis hídricas e o rendimento de grãos das culturas desenvolvidas sob condições meteorológicas específicas, sendo estas de menor intensidade ou até mesmo não captadas pela análise estatística.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante salientar que esta tese avaliou o potencial de mitigação dos sistemas ILP aos efeitos dos fenômenos ENOS e a variabilidade hídrica, somente sobre aspecto do rendimento de grãos de culturas de verão, neste caso, milho e soja. Conseqüentemente, a análise foi feita sobre um componente muito importante, porém, limitado em relação a todos os componentes que integram um sistema ILP.

Parte da resiliência às variações climatológicas e ambientais observadas em sistemas integrados de produção se dá, entre outros fatores, pela maior diversificação de culturas e das atividades econômicas que podem compor estes sistemas, fazendo com que eventuais perdas em uma determinada cultura ou atividade seja compensada ou amenizada por outra. Portanto, o fato de não encontrarmos diferenças significativas entre os sistemas ILP e o sistema de produção de grãos, quanto a capacidade de mitigação dos efeitos destes fenômenos, não diminui a importância destes para seu enfrentamento, uma vez que, o rendimento de grãos das culturas de verão, apesar de importante, é mais um componente dentre diversos outros que também compõem um sistema integrado de produção, como por exemplo a produção de matéria seca, a produção de pastagem, o rendimento de grãos das culturas de inverno, a produção de leite ou carne, entre outros, e que não foram objeto de estudo deste trabalho.

Outro fator a ser considerado é a alta qualidade do tratamento utilizado como testemunha neste experimento (sistema 1), o qual pode não estar refletindo de maneira adequada a realidade de sistemas exclusivos de produção de grãos observados na grande maioria das propriedades rurais do Estado do Rio Grande do Sul. O sistema 1 (grãos) foi conduzido seguindo rigorosamente todos aspectos agrônômicos, em especial, o cuidado com a fertilidade do solo e a cobertura de solo para a manutenção do sistema de plantio direto na palha, diferindo dos sistemas ILP apenas pela não inserção da componente pastagem.

Para uma análise criteriosa dos efeitos de sistemas ILP sobre as propriedades edáficas e, conseqüentemente, sobre a produção vegetal, é imprescindível a realização de experimentos de longa duração. Alterações em características, como por exemplo, o teor de matéria orgânica, costumam ser pequenas no curto prazo, porém, cumulativas, ganham importância ao longo do tempo. Além disso, quando se estuda o efeito das variações climatológicas sobre as culturas, também deve-se considerar períodos maiores de tempo, e as características do local que se deseja avaliar, afim de obter informações mais confiáveis. Estes aspectos que foram observados na realização deste estudo, aumentando sua relevância, pois, além de considerar uma série histórica produtiva de vinte e dois anos, as informações foram coletadas em cinco diferentes sistemas de produção.

Contudo, há espaço para o aprimoramento e busca de novos conhecimentos sobre sistemas ILP de longa duração, pois, se por um lado temos informações coletadas diretamente no experimento e variáveis ambientais medidas diariamente através de estação meteorológica, garantindo maior confiabilidade das análises, por outro lado, alguns parâmetros tiveram que ser estimados indiretamente, pois, à época de sua instalação a quase trinta anos, o experimento tinha outros objetivos. Este estudo, mesmo tendo uma abordagem mais generalista e mesmo exploratória, expôs informações importantes sobre o uso de sistemas ILP como mitigadores dos efeitos das variações climatológicas sobre as culturas, as quais servirão de direcionadoras de pesquisas mais aprofundadas e com outras abordagens metodológicas.

Um exemplo de resultado que deve ser analisado mais detalhadamente é o das correlações elevadas encontradas entre o rendimento de grãos e algumas variáveis hídricas, obtidas pela análise não paramétrica, tanto na soja, quanto no milho. As correlações não paramétricas (Spearman), também denominadas como monotônicas, indicam que a correlação entre estes dois fatores tem um ponto de inflexão, onde a partir deste, não há mais resposta a esta variável. Análises futuras poderão eventualmente identificar esses pontos de inflexão na curva de resposta às variáveis hídricas, podendo então, estabelecer alguns parâmetros que possam diferir melhor os sistemas de ILP quanto ao poder de mitigação, principalmente sobre o rendimento de grãos.

6 CONCLUSÃO GERAL

Os sistemas ILP não apresentaram diferenças no rendimento de grãos das duas culturas em resposta aos efeitos das fases do fenômeno ENOS. Os sistemas ILP, não foram capazes de mitigar os efeitos dos eventos ENOS na variabilidade dos rendimentos, em comparação ao sistema de produção exclusiva de grãos. Os sistemas ILP também não diferiram entre si, quanto às correlações entre o rendimento de grãos e as variáveis hídricas, tanto pelo coeficiente linear, quanto pelo coeficiente não paramétrico. Entretanto, as variáveis hídricas que apresentam correlações com o rendimento de grãos, variam de acordo com o fenômeno meteorológico predominante durante o desenvolvimento da cultura, especialmente aqueles classificados como La Niña e El Niño. Este resultado indica que ao analisar séries históricas longas, deve-se levar em consideração as condições meteorológicas predominantes durante as fases de desenvolvimento das culturas, a fim de diminuir a probabilidade de não serem captadas correlações importantes entre as variáveis hídricas e o rendimento de grãos.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, I.; TANG, D.; WANG, T. F.; WANG, T. M.; WANG, B. **Precipitation trends over time using Mann-Kendall and Spearman's rho tests in Swat river basin, Pakistan.** *Advances in Meteorology*, v. 2016, 431860, 2015.
- ALBERTO, C. M.; STRECK, N. A.; HELDWEIN, A. B.; BURIOL, A.; MEDEIROS, S. L. P. **Água no solo e rendimento do trigo, soja e milho associados ao El Niño Oscilação Sul.** *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.41, n.7, p.1067-1075, 2006.
- ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 300 p. (FAO Irrig. and Drain. Paper, n. 56). 1998.
- ALMEIDA, I. R. de. **Variabilidade pluviométrica interanual e produção de soja no Estado do Paraná.** 200f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.
- ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I. HENAO, A.; LANA, M.A. **Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems.** *Agron. Sustain. Dev.*, 35, pp. 869-890, 2015.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil.** *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. **Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 24, p. 857-865, 2000.
- ANGELETTI, M. da P.; SOUSA, J. L. de; COSTA, H.; DE PAULA, E.; MUNIZ, E. S.; LAURETT, L.; GONÇALVES, H. C. G. **Plantas para cobertura de solo e manejo da biodiversidade em agroecossistemas da agricultura familiar no Espírito Santo.** *Cadernos de Agroecologia, Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF*, v. 13, n. 1: 7 p. 2018.
- ANGHINONI, I.; MARTINS, A. P.; COSTA, S. E. V. G. A.; BONETTI, J. A.; CECAGNO, D.; ASSMANN, J. M.; NEUFELD, A.; ALVEIDA, H. S. de.; JAQUES, R. J. S.; CASSOL, L. C.; SOUZA, E. D. de.; CONTE, O.; LEVIEN, T.; FLORES, J. P. C.; TREIN, C. R.; FERREIRA, E. V. O.; BAYER, C.; REICHERT, J. M.; INDA JR. A. V.; CANER, L.; CARVALHO, P. C. O solo no contexto. In. *Boletim Técnico: Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil – 15 anos de resultados.* Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

ANTONELLO, M. **Simulação do balanço hídrico e rendimento de grãos da soja em condições irrigada e de sequeiro no Rio Grande do Sul.** Dissertação, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2019. 66p.

ARSEGO, D. A.; FERRAZ, S. E. T.; STRECK, N. A.; CARDOSO, A. O.; ZANON, A. J. **Estudo do impacto de diferentes índices associados ao El Niño Oscilação Sul na produtividade de soja no Rio Grande do Sul.** Ciência e Natura, Santa Maria, v.40, Edição especial X, Workshop Brasileiro de Micrometeorologia, 2018, p. 82-87.

ASBAG, F. T.; GORTTAPEH, A. H. FAVAZ-MOGHADAM, M.; REZAIE, S. FEGHNABI, F.; EIZADKHAH, M.; JAHANNAVAR S. D. PARVIZI S. AND MOGHADAM-POUR, N. **Effects of planting date and irrigation management on sunflower yield and yield components.** Research Journal of Biological Sciences. V. 4 n. 3, p. 306-308, 2009.

ASSIS, J. M. O.; LACERDA, F. F.; SOBRAL, M. C. M. **Análise de detecção de tendências no padrão pluviométrico na bacia do Rio Capibaribe.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.2, p. 320-331, 2012.

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; YANAGI, S. N. M.; SACRAMENTO NETTO, O. B. **Tendências de temperaturas mínimas e máximas de ar no estado de Minas Gerais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 49, n. 4, p. 247-256, 2014.

AYOADE, J. O. **O Clima e a Agricultura.** In: AYOADE, Johnson Olaniyi. Introdução à Climatologia para os Trópicos. Tradução Maria Juraci Zani dos Santos. 13ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 261-285.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; SILVA, V. P. da; MORAES, A. de; MARTINEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTO, H. P. dos; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. **Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.46, n.10, pi-xi, 2011.

BALBINOT-JUNIOR, A. A.; MORAES, A. de.; VEIGA, M. da.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. **Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas.** Ciência Rural, Santa Maria, RS, 2009.

BAPTISTA, R.L., BERLATO, M.A. **Relações do rendimento de grãos de feijão safra do Estado do Rio Grande do Sul com a precipitação pluvial, a temperatura e o El Niño Oscilação Sul (ENOS).** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 307-314, 2004.

BERGAMASCHI, H., DALMAGO, G. A., COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I., MÜLLER, A. G., FRANÇA, S. SANTOS, A. O., RADIN. B., BIANCHI, C. A. M., PEREIRA, P. G. **Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.41, n2, p.243-249. 2006.

BERGAMASCHI, H., DALMAGO, G. A., BERGONCI, J. I., BIANCHI, C. A. M., MÜLLER, A. G., COMIRAN, F., & HECKLER, B. M. M. **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39(9), 831-839, 2004.

BERGAMASHI, H. **Variations on the Brazilian soybean production related to the drought occurrences – Preliminary analysis.** In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, Buenos Aires. Actas proceedings. Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora, p.2153-2158, 1989.

BERLATO, M. A., & FONTANA, D. C. **El niño e a agricultura da região Sul do Brasil.** Passo Fundo: Embrapa. 2011.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. **Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.423-432, 2005.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura.** Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003. 110p.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **Variabilidade interanual de precipitação pluvial e rendimento de soja no Estado do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Agrometeorologia. V.7, p.119-125, 1999.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8ª Edição, Viçosa: Editora UFV, 2006.

BIANCHI, C. A. M. **Avaliação de indicadores da condição hídrica em milho sob diferentes níveis de água, em semeadura direta e convencional.** 2004. 109f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BIRCH, C. J.; HAMMER, G.; RICKERT, K. J. **Temperature and photoperiod sensitivity in five cultivars of maize (Ze mays) until tasseling initiation.** Field Crops Research Oxford, v. 55, 1998. p. 93-107.

BRAIDA, J. A.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M. **Matéria orgânica e seu efeito na física no solo**. Tópicos em Ciência do Solo, v. 7, p. 221-278, 2011.

BUENO, N. M. M.; JADOSKI, S. O.; LIMA, V. A. de; BUENO, J. C. M. **El Niño-Southern Oscillation and frost occurrence in the Guarapuava-PR region**. Research, Society and Development. v.9, n. 1, 2020.

CALEGARI, A. **Crop rotation and cover crop on no-tillage. II World Congress on Conservation Agriculture**. Agronomic Institute – IAPAR. Londrina, Paraná, Brazil, 2020.

CALEGARI, A. **Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes**. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, v. 1, 2014.

CANALI, L. B.; SÁ, J. C. de M.; SANTOS, J. B. dos; FERREIRA, A. O.; BRIEDIS, C.; TIVET, F. **Proposta de um protocolo para a validação e certificação da qualidade do SPDP relacionada à redução das emissões de CO** In: CANALLI, L.B. ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2010. p. 85-94.

CANE, M. A. **Understanding and predicting the world's climate system**. In: ROSENZWEIG, C.; BOOTE, K.J.; HOLLINGER, S.; IGLESIAS, A.; PHILLIPS, J. (Ed.). **Impacts of El Niño and climate variability on agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 2001. p.1-20.

CARVALHO, P. C. de.; MORAES, A. de.; PONTES, L. S.; ANGHINONI, I.; SULC, R. M.; BATELLO, C. **Definições e terminologias para sistemas integrados de produção agropecuária**. Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 5 (Especial), p. 1040-1046, 2014.

CARVALHO, P. C. de.; ANGHINONI, I.; MARTINS, A. P.; KUNRATH, T. R. **Atualidades e perspectivas para os sistemas integrados de produção agropecuária**. In: **Boletim técnico: Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil – 15 anos de resultados**. 2ª Edição, Porto Alegre, RS, 2015.

CARVALHO, P. C. de.; ANGHINONI, I.; KUNRATH, T. R.; MARTINS, A. P. **A integração soja-pecuária no Sul do Brasil**. In: **Boletim técnico: Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil – 15 anos de resultados**. 2ª Edição, Porto Alegre, RS, 2015.

CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T. **Variações climáticas na precipitação no Sul do Brasil no clima presente e futuro.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.30, n. 1, p. 81-88, 2015.

CHATTOPADHYAY, R., SHIVSAIAJIT, D., & GOSWAMI, B. N. **A Modal Rendition of ENSO Diversity.** Scientific Reports, 9(1), 1-11, 2019.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - CFSRS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 2.ed. Passo Fundo, SBCS - Núcleo Regional Sul / Embrapa/CNPT, 128 p., 1989.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica das safras.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/seri-historica-das-safras>. Acessado em 12 de fevereiro de 2022.

CONTE, O.; FLORES, J. P. C.; CASSOL, L. C.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; LEVIEN, R.; WESP, C. L. **Evolução de atributos físicos de solo em sistemas de integração lavoura-pecuária.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, n.10, p. 1301-1309, 2011.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; ALVES, R. C. M. **Tendências climáticas das temperaturas do ar no estado do Rio Grande do Sul,** Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física.** v.09, n.03 (2016) 868-880.

CUSTÓDIO, M.S. **Índice de nebulosidade do estado do Rio Grande do Sul: climatologia e impactos do El Niño Oscilação Sul.** Ciência e Natura, Santa Maria, RS, v. 38, n. 1, p. 382-392, 2016.

COSTA, J. L. da S.; RAVA, C. A. **Influência da braquiária no manejo de doenças do feijoeiro com origem no solo.** In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 523-536.

CUNHA, G. R.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A. **Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.6, n.1, p.111-119, 1998.

CUNHA, G. R.; DALMAGO, G. A.; ESTEFANEL, V. **ENSO Influences on wheat crop in Brazil.** **Revista Brasileira de Agrometeorologia,** Santa Maria, v.7, n.1, p. 127-138, 1999.

CUNHA, G. R.; HAAS, J. C.; DALMAGO, G. A. **Cartas de perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 52p.

CUNHA, G. R.; DALMAGO, G. A.; ESTEFANEL, V.; PASINATO, A.; MOREIRA, M. B. **El Niño – Oscilação do Sul e seus impactos sobre a cevada no Brasil**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.9, n.1, p. 137-145, 2001.

DANCEY, C. REIDY, J. **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed. 2006.

DEBIASI, H., FRANCHINI, J. C., CONTE, O., BALBINOT JUNIOR, A. A., TORRES, E., SARAIVA, O. F., & DE OLIVEIRA, M. C. N. **Sistemas de preparo do solo: trinta anos de pesquisas na Embrapa Soja**. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E), 2013.

DENG, S.; LI, M.; SUN, H.; CHEN, Y.; QU, L. ZHANG, X. **Exploring temporal and spatial variability of precipitation of Weizhou Island, South China**. Journal of Hydrology: Regional Studies, v. 9, p. 183-198, 2017.

DOMIT, L. A.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; HIGASHIBARA, R.; DALBOSCO, M.; MARIANO, D. C.; ZORZENONI, T. O.; GUIMARÃES, M. F. **Tempo de adoção do sistema plantio direto e a relação com atributos do solo**. Revista, Agrarian, Dourados, v.7, n. 26, p. 560-569, 2014.

DOURADO NETO, D.; GARCIA, A. G.; FANCELLI, A. L.; FRIZZONE, J. A.; REICHARDT, K. **Balance hídrico cíclico y secuencial: estimación de almacenamiento de agua em el suelo**. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 56, n.3, p. 537-546, 1999.

DUHAN, D.; PANDEY, A. **Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901 – 2002 at Madhya Pradish, India**. Atmospheric Research, v. 122, p. 136-149, 2013.

EVAN. L. T. **Crop evolution adaptation and yield**. Cambridge University Press, v. 8, n. 12, 1993. 461p.

FANCELLI, A, L.; LIMA, U. A. **Milho: produção, pré-processamento e transformação industrial**. São Paulo: FEALQ, 112p, 1982.

FEDERIZZI, L. C.; LANGE, C. E. **Estimation of soybean genetic progress in the South of Brazil using multi environmental yield trial**. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.66, n.3, p.309-316, 2009.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1997, 12 p.

FERREIRA, D. B. **Relações entre a variabilidade da precipitação e a produtividade agrícola de soja e milho nas regiões sul e sudeste do Brasil**. São José dos Campos: INPE, Dissertação de mestrado, INPE, 2005. 123p.

FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S. **Climatologia do Número de Dias com Precipitação Pluvial no Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.10, n.1, p.135-145, 2002.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. **Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a Precipitação do Estado do Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, n.1, p.127-132, 1997.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A. **Relação entre El Niño Oscilação Sul (ENOS), Precipitação e Rendimento de Milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Pesquisa Agropecuária Gaúcha, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 39-46, 1996.

FONTANELI, R. S.; SANTO, H. P. dos; MORI, C. **Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos com pastagens, sob sistema plantio direto**. Ciência Rural, Santa Maria, v.36, n.1, 2006.

GAJIC, B.; KRESOVIC, B.; TAPANAROVA, A.; ZIVOIC, L.; TODOROVIC, M. **Effect of irrigation regime on yield, harvest index and water productivity of soybean grown under different precipitation condition in a temperate environment**. Agricultural Water Manegement, v. 210, p. 224 – 231, 2018.

GARRETT, R.D.; NILES, M.T.; GIL, J.D.B.; GAUDIN, A.; CHAPLIN-KRAMER, R.; ASSMANN, A.; ASSMAN, T.S.; BREWER, K.; CARVALHO, P.C.F.; CORTNER, O.; DYNER, R.; GARBACH, K.; KEBREAB, E.; MUELLER, N.; PETERSON, C.; REIS, J.C.; SNOW, V.; VALENTIM, J. **Social and ecological analysis of commercial integrated crop livestock systems: current knowledge and remaining uncertainty**. Agric. Syst., 155, pp. 136-146, 2017.

GLANTZ, M.H. **Currents of change: impacts of El Niño and La Niña on climate and society**. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 252p.

GOCIC, M.; TRAJKOVIC, S. **Analysis of precipitation and drought data in Servia over the period 1980-2010**. Journal of Hidrology, v. 494, p. 32-42, 2013.

GRIMM, A. M. **El Niño, Novamente**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 30, n. 4, 351 - 357, 2015.

GRISSINI, P.; TORRION, J. A.; YANG, H. S.; REES, J.; ANDERSEN, D.; CASSMAN, K. G.; SPECHT, J. E. **Soybean yield gap and water productivity in the Western U. S. corn belt**. *Field Crops Research*, v. 179, p. 150-163, 2015.

GUEDES, H. A.S.; PRIEBE, P. dos S.; MANKE, E. B. Tendências em Séries Temporais de Precipitação no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 34, n.2, 283-291, 2019.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. **Impactos do Fenômeno Enos Sobre a Temperatura no Brasil**. *Revista Espinhaço*, 2012 1(1): 34-40.

HENTZ, P.; CARVALHO, N. L.; LUZ, L. V.; BARCELLOS, A. L. **Ciclagem de nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 36. Ed. Especial II, 2014. P. 663 – 676.

HSIANG, S. M.; MENG, K. C. **“Tropical Economics”**. *American Economic Review*, 105(1), 257–61, 2015.

JAVED, T.; ZHANG, T.; BHATTARAI, N.; SHA, Z.; RASHID, S.; YUN, B.; AHMAD, S.; HENCHIRI, M.; KAMRAN, M. **Drought characterization across agricultural regions of China using standardized precipitation and vegetation water supply indices**. *Journal of Cleaner Production*, v. 313, 2021.

KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C. D. **Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro**. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 40, n. 7, p. 1550-1556, 2010.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México. p. 479, 1948.

KORCELSKI, C. **Propriedades químicas e físico hídricas de um latossolo vermelho sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Tese de doutorado, Universidade de Passo Fundo, RS, 119 p., 2019.

KUNRATH, T. R.; CARVALHO, P. C. F.; CADENAZZI, M.; BREDEMEIER, C.; ANGHINONI, I. **Grazing management in an integrated crop-livestock system: soybean development and grain yield**. *Revista Ciência Agronômica*, v. 46, n. 3. P. 645-653. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 2015.

KUNRATH, T. R. MARTINS, A. P.; NUNES, P. A. A.; SCHUSTER, M. Z.; COSTA, S. E. V. G.; BAGGIO, C.; SILVA, F. D. da.; LOPES, M. L. T.; AGUINAGA, A. A. Q.; SOUZA FILHO, W. S.; WESP, C. L.; ROCHA, L. M. da.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. **Fase pastagem**. In: **Boletim Técnico: Integração soja- bovino**

de corte no Sul do Brasil – 15 anos de resultado. 2ª Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** Brasil: E. Rima, 2000. 530 p.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. dos. **Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.10, p.1269-1276, 2011.

LOOSE, L. H. **Resposta agronômicas e morfofisiológicas do girassol ao déficit e excesso hídrico em dois solos.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS, 2016.

MALDANER, I. C. **Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica na cultura do girassol na Região Central do Rio Grande do Sul.** 2012. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2012.

MANAVALAN, L. P.; GUTTIKONDA, S. K.; TRAN, L. S. P.; NGUYEN, H. T. **Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean.** Plant and Cell Physiology, v. 50, p. 1260-1276, 2009.

MARCOLIN, C. D; KLEIN, V. A. **Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima.** Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 33, n. 2, p. 349-354, 2011.

MARTINS, J. D. **Modificações morfofisiológicas em plantas de milho submetidas a déficit hídrico.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T. de; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. **Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional.** Revista Brasileiro de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 13, n. 4, p. 397-405, 2009.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; CARGNELUTTI FILHO, A. **Rendimento de grãos de soja e de milho, no Rio Grande do Sul, não difere entre eventos El Niño Oscilação Sul.** Agrometeoros, Passo Fundo, v.26, n.1, p.123-129, 2018.

MATZENAUER, R.; RADIN, B. M.; MALUF, J. R. T. **O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul.** Revista Agrometeoros, v. 25, n.2, p.331-341, 2017.

MATZENAUER, R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; ANJOS, C. S. dos. **Probabilidade de ocorrer precipitação pluvial igual ou superior à evapotranspiração máxima na cultura do milho, no Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.12, n.1, p.185-191, 2004.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; RIBOLDI, J. **Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.3, p.85-92, 1995.

MCMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. **Growing degree-days one equation, two interpretations.** Agricultural and Forest Meteorology. V. 87, n 4, p. 291-300, 1997.

MEDICI, L. O.; AZEVEDO, R. A.; CANELLAS, L. P.; MACHADO, A. T.; PIMENTAL., C. **Stomatal conductance of maize under water and nitrogen deficits.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 42, n. 4, p. 599-601. 2007.

MEDEIROS, T. B. **Considerações sobre a integração lavoura-pecuária no Rio Grande do Sul.** In: V Simpósio sobre o Manejo da Pastagem, Piracicaba. ESALQ, 1978. P. 235-301.

MIGLIORINI, P.; WEZEL, A. **Converging and diverging principles and practices of organic agriculture regulations and agroecology. A review.** Agron. Sustain. Dev., 37, 2017, p. 63.

MONTOYA, F. C.; PINTOS, F.; OTERO, A. **Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soybean in the temperate humid climatic conditions.** Agricultural Water Managements. v.193, p. 30 – 45, 2017.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; DEISS, L. **A pesquisa em sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil.** Revista Ciência Agrônômica, v. 45, n. 5, p. 1024 – 1031, 2014.

MORECROFT, M. D.; CRICK, H.Q.P.; DUFFIELD, S. J.; MACGREGOR, N. **Resilience to climate change: translating principles into practice.** Journal of Applied Ecology, 49, p. 547-551, 2012.

MOREIRA, J. G. V.; NAGHENTTINI, M. **Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com erros dos tipos I e II: estudo de caso em séries de precipitações diárias máximas anuais do estado do Acre.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 4, p. 394-402, 2016.

MORIZET, J.; TOGOLA, D. **Effect et arrière-effect de la sécheresse sur la croissance de plusieurs génotypes de maïs.** In: CONFÉRENCE INTERNATIONALE DES

IRRIGATIONS ET DU DRAINAGE, 1984, Versailles. Les besoins en eau des cultures Paris: INRA, 1984. p.351-360.

MULLER, M.; SCHNEIDER, J. R.; KLEIN, V. A.; SILVA, E. da.; SILVA JÚNIOR, J. P.; SOUZA, A. M.; CHAVARRIA, G. **Soybean Root Growth in Response to Chemical, Physical and Biological Soil Variations**. *Frontiers in Plant Science*. 2021. v.12.

NOAA. **National Oceanic and Atmospheric Administration**. Cold & warm episodes by season. Disponível em: Acesso em: 04 de maio de 2020.

OLIVEIRA, K. S. S.; SILVA, M. G. A. J. **Onda circumpolar antártica: Influência na variabilidade climática do estado do Rio Grande do Sul**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 29, n. 2, p. 153-160, 2014.

PAYNE, R. W. **The Design and Analysis of Long-Term Rotation Experiments**. *Agronomy Journal*. V. 107. Issue 2. 2015.

PEREIRA, A. R. **Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather**. *Bragantia*, v. 64, n.1, p. 29-37, 2015.

PEREIRA, H. P. DOS; FONTANELI, R. S.; PIRES, J. L. F.; FONTANELI, R. S.; BIAZUS, V.; VERDI, A. C.; VARGAS, A. M. **Rendimento de grãos e Características agrônômicas de soja em função de pastagens perenes em sistema de plantio direto**. *Bragantia*, Campinas, v. 73, n. 3, p.319-326, 2014.

PETERSON, C. A.; EVINER, V. T.; GAUDIN, A. C. M. **Ways forward for resilience research in agroecosystems**. *Agric. Syst.* 162, 2018. Pp. 19-27.

POLANIA, J; PORCHERIEDER, C.; RAO, L.; BEEBE, S. **Root traits and their potential links to plant ideotypes to improve drought resistance in common bean**. *Theoretical and Experimental Plant Physiologi*. v. 29, p. 143-154, 2017.

POLZIN, D.; HASTENRATH, S. **Climate of Brazil's nordeste and tropical atlantic sector: preferred time scales of variability**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 29, n.2, p. 153-160, 2014.

PINTO, J.E.S.S.; NETTO, A. O. A. **Clima Geografia e agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar**. São Cristovão: Ed.UFS, 2008.

PRADO, H. do. **Pedologia fácil: aplicação na agricultura**. 2ª Edição, Piracicaba: H. do Prado, 2008.

PUCHALSKI, L. A. **Efeitos Associados ao El Niño e La Niña na Temperatura Média Precipitação Pluvial e no Déficit Hídrico no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2000. 83p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Agrometeorologia Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RAO, I. M.; MILES, J. W.; BEEBE, S. E.; AND HORST, W. J. **Root adaptations to soils with low fertility and aluminium toxicity.** Ann. Bot. 118, p. 593–605, 2016.

RAPIDEL, B.; RIPOCHE, A.; ALLINNE, C.; METAY, A.; DEHEUVELS, O.; LAMANDA, N.; BLAZY, J. M.; VALDÉS-GOMÉZ, H.; GARY, C. **Analysis of ecosystem services trade-offs to design agroecosystems with perennial crops.** Agron. Sustain. Dev. v. 35, 2015. pp. 1373-1390.

RAY, D. K.; GERBER, J.; MACDONALD, G. K.; & WEST, P. C. **Climate variation explains a third of global crop yield variability.** Nature Communications, 6(1), 1-9, 2015. doi: 10.1038/ncomms6989

RIBEIRO, A. G. A. **As escalas do clima.** Boletim de Geografia Teórica. Rio Claro, n.23, p. 288 – 294,1993.

RIBEIRO, B. S. M. R.; ZANON, A. J.; ALVES, A. F.; STRECK, N. A.; MARIN, F. R.; ANTOLIN, L. A. S.; FRIEDRICH, E. D.; PILECCO, I. B.; PUNTEL, S.; SARMENTO, L. F. V.; STRECK, I. L.; INKLMAN, V. B.; TAMIOSSO, Z. Z. **Qual o potencial de aumento de produção de milho na atual área agricultável do Brasil?** Revista Plantio Direto, Edição nº 181, Passo Fundo, RS, 2021.

RIBEIRO, R. E. P.; ÁVILA, P. L. R.; BRITO, J. I. B.; SANTOS, E. G.; SOUZA, L. F. **Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 7, n.5, p. 798-807, 2014.

RICHARDS, R. A. **Defining selection criteria to improve yield under drought-stress.** Plant Growth Regulation, v. 20, p. 157-166, 1996.

RIGHI, E. Z.; HEIDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; LUCAS, D. D. P.; STÜKER, P. E. **Balance of longwave radiation employing the rate of solar radiation for Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brazil.** Revista Ciência Agronômica, v.46, n. 1, p. 29-37, 2015.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O.; HERMAN, J. C. **How a corn plant develops,** Special Report, nº 48, Iowa State University, 1993.

ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. **Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n. 11, p. 1374- 1382, 2009.

SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. **O efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto.** Acta Scientiarum Agronomy, v. 31, p. 719-727, 2009.

SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; PIRES, J.; LAMPERT, E. A.; VARGAS, A. M.; VERDI, A. C. **Rendimento de grãos e características agrônômicas de soja em função de sistemas de rotação de culturas.** Bragantia, Campinas, 2014.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia Agrícola.** Balanço Hídrico. São Paulo: ESALQ/USP. 2012.

SENTELHAS, P. C.; BATTISTI, T.; CÂMARA, G. M. S.; FARIAS, J. R. B.; HAMPF, A. C.; NENDEL, C. **The soybean yield gap in Brazil – magnitude, cause and possible solutions for a sustainable production.** Journal of Agricultural Science, v. 157, p 1394-1411, 2015.

SHAO, Y.; WU, J.; YE, J.; LIU, Y. **Frequency analysis and its spatiotemporal characteristics of precipitation extreme events in China during 1951-2010.** Theoretical and Applied Climatology, v. 121, p. 775-787, 2015.

SIEBERT, S.; WEBBER, H.; REZAEI, E. E. **Weather impacts on crop yields - searching for simple answers to a complex problem.** Environmental Research Letters, 12(1), 1- 3, 2017. doi:10.1088 / 1748-9326 / aa7f15

SILVA, E. F.; LOURENTE, E. P. R.; MARCHETTI, N. M. E.; MERCANTE, F. M.; FERREIRA, A. K. T.; FUJI, G. C. **Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.46, n.10, p.1321-1331, 2011.

SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N.; FEITOSA, F. E. C. S.; SILVA, I. D. C.; ARAÚJO, M. L. S. **Evidência de mudanças climáticas na região de transição Amazônica-Cerrado no estado do Maranhão.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 3, p. 330-336, 2016.

SILVA, J. C da.; HEIDWEIN, A. B.; MARTIN, F. B.; MASS, G. F. **Simulação para determinação das épocas de semeadura com menor risco de estresse hídrico para o feijão na região central do Rio Grande do Sul.** Irriga. Botucatu, v. 11, n. 2, p. 188-197, 2006.

SILVA J. C. da. **Épocas de menor risco de estresse hídrico e térmico para o feijoeiro na região central do Rio Grande do Sul.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria, 64p. 2005.

SILVEIRA, D. C.; FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; REBESQUINI, R.; DALL'AGNOL, E.; PANISSON, F. T.; BOMBONATTO, M. C. P.; CEOLIN, M. E. T. **Plantas de cobertura de solo de inverno em sistemas de integração lavoura-pecuária.** Revista Plantio Direto. Ed. 173, Passo Fundo, RS, 2021.

SLOAT, L.L.; GERBER, J.S.; SAMBERG, L.H.; SMITH, W.K. HERRERO, M. FERREIRA, L.G.; GODDE, C.M; WEST, P.C. **Increasing importance of precipitation variability on global livestock grazing lands.** Nature Climate Change, v. 8, 2018.

SOUZA, G. M.; CARDOSO, V. J. M. **Toward a hierachical concept of plant stress.** Israel Journal of Plant Sciences, Jerusalem, v. 51, p. 29-37, 2003.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; TOMM, G. O. **Avaliações de alguns atributos físicos de solo em sistemas de produção de grãos, envolvendo pastagens sob plantio direto.** Revista Científica Rural, Santa Maria, v. 9, n. 1. 23-31, 2004.

STARK, F.; GONZÁLEZ-GARCÍA, E.; NAVEGANTES, L.; MIRANDA, T.; POCCARD-CHAPUIS, R.; ARCHIMÈDE, H.; MOULIN, C.H. **Crop-livestock integration determines the agroecological performance of mixed farming systems in Latino-Caribbean farms.** Agron. Sustain. Dev. 38, 4. 2018.

STORCK L.; BISOGNIN, D. A.; CARGNELUTTI FILHO, A. **Ganho genético decorrente da substituição anual de cultivares de milho.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.40, n.9, p.881-886, 2005.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2. ed. Porto Alegre: EMATER-RS, 2008. 222 p.

STRECK, N. A.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; BOSCO, L. C.; LAGO, I.; HELDWEIN, A. B. **O fenômeno El Niño Oscilação Sul e a variabilidade interanual da evaporação do tanque Classe A e da umidade relativa do ar em Santa Maria, RS.** Ciência Rural, Santa Maria, v.38, n.5, p.1452-1455, 2008.

SZYMCZAK, L. S.; CARVALHO, P. C.; LURETTE, A.; MORAES, A de; NUNES, P. A. A.; MARTINS, A. P.; MOULINA, C. H. **System diversification and grazing management as resilience-enhancing agricultural practices: The case of crop-livestock integration.** Agricultural Systems 184, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª edição Artmed, Porto Alegre, 2012. 954p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNE, N. H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros matérias**. Boletim técnico nº 5 (2ª edição). Departamento de solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 1995.

TERRA, L. G. **Tendências, agrupamentos e índices padronizado e de anomalia: uma análise da precipitação pluviométrico no Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, RS. 2021. 94f.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 104p, 1955.

TITONELL, P.; SHEPHERD, K. D.; VANLAUWE, B.; GILLER, K. E. **Unravelling the effects of soil and crop management on maize productivity in smallholder agricultural systems of western Kenya – an application of classification and regression tree analysis**. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.123, p.137-150, 2008.

TODESCHINI, M.H.; MILIOLI, A.S.; ROSA, A.C. **Soybean genetic progress in South Brazil: physiological, phenological and agronomic traits**. Euphytica, 215, 124, 2019.

TRENTIN, R.; HELDWEIN, A. B.; STRECK, N. A.; TRENTIN, G.; SILVA, J. C. da. **Subperíodos fenológicos e ciclo da soja conforme grupos de maturidade e datas de semeadura**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 48, n. 7, p. 703-713, 2013.

TRENTIN, G. **Parâmetros de irrigação por análise numérica para a cultura do milho na região central do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

VAN ITTERSUM, M. K.; CASSMAN, K.G.; GRASSINI, P.; WOLF, J.; TITTONELL, P. HOCHMAN, Z. **Yield gap analysis with local to global relevance: a review**. Field Crops Research, v. 143, n. 1, p 4-17, 2013.

VILLAFUERTE II, M. Q.; MATSUMOTO, J.; AKASAKA, I.; TAKAHASHI, H. G.; KUBOTA, H. **Long-term trends and variability of rainfall extremes in the Philippines**. Atmospheric Research, v. 137, p. 1-13, 2014.

WANG, C. **A review of ENSO theories**. National Science Review, 5(1), 813-825, 2018.doi: 10.1093/nsr/nwy104

ZHANG, W.; LI, H.; STUECKER, M. F.; JIN, F. F.; TURNER, A. G. **A new understanding of El Niño's impact over East Asia: Dominance of the ENSO combination mode.** Journal of Climate, 29(1), 4347–4359, 2016. doi:10.1175/JCLI-D-15-0104.1

ZANON, A. J., SILVA, M. D., TAGLIAPIETRA, E. L., CERA, J. C., BEXAIRA, K. P., RICHTER, G. L., STRECK, N. A. **Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades.** Santa Maria, RS. Palloti, 136 p. 2018.

ZHENG, H. CHEN, L.; HAN, X.; ZHAO, X.; MA, Y. **Classification and regression tree (CART) for analysis of soybean yield variability among fields in Northeast China: The importance of phosphorus application rates under drought conditions.** Agriculture, Ecosystems and Environment, v.132, p. 98-105, 2009.

ZINSELMEIER, C.; WESTGATE, M.E.; JONES, R.J. **Kernel set at low water potential does not vary with source/sink ratio in maize.** Crop Science, v.35, p.158-163, 1995.

ANEXOS

Anexo I - Tabelas das correlações de Person e Spearman entre o rendimento de grãos e variáveis hídricas, com seus respectivos intervalos de confiança e grau de significância.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	0,26 (-0,18 _ 0,61)	0,28 (-0,17 _ 0,64)	0,27 (-0,17 _ 0,62)	0,29 (-0,15 _ 0,63)	0,14 (-0,3 _ 0,53)
ARM75	0,28 (-0,16 _ 0,63)	0,18 (-0,27 _ 0,57)	0,23 (-0,21 _ 0,6)	0,21 (-0,24 _ 0,58)	0,24 (-0,2 _ 0,6)
DEF	-0,41 (-0,72 _ 0,04)	-0,61** (-0,83 _ -0,22)	-0,51* (-0,77 _ -0,08)	-0,40 (-0,72 _ 0,05)	-0,39 (-0,71 _ 0,06)
ETM	-0,68*** (-0,85 _ -0,36)	-0,68*** (-0,86 _ -0,35)	-0,72*** (-0,88 _ -0,43)	-0,65** (-0,84 _ -0,32)	-0,69*** (-0,86 _ -0,37)
ETO	-0,57** (-0,8 _ -0,19)	-0,58** (-0,81 _ -0,2)	-0,60** (-0,81 _ -0,23)	-0,58** (-0,8 _ -0,21)	-0,60** (-0,82 _ -0,24)
ETR	-0,10 (-0,52 _ 0,36)	0,30 (-0,18 _ 0,66)	-0,05 (-0,48 _ 0,4)	-0,12 (-0,53 _ 0,34)	-0,14 (-0,55 _ 0,32)
ETR_ETM	0,30 (-0,15 _ 0,65)	0,53* (0,11 _ 0,79)	0,46* (0,04 _ 0,75)	0,40 (-0,04 _ 0,71)	0,36 (-0,08 _ 0,69)
NGA	0,65*** (0,32 _ 0,84)	0,67*** (0,34 _ 0,86)	0,74*** (0,47 _ 0,89)	0,66*** (0,33 _ 0,85)	0,68*** (0,37 _ 0,86)
PREC	0,22 (-0,23 _ 0,6)	0,24 (-0,23 _ 0,62)	0,24 (-0,21 _ 0,61)	0,18 (-0,27 _ 0,57)	0,24 (-0,21 _ 0,61)
10A_30D					
ARM	0,50* (0,1 _ 0,76)	0,29 (-0,16 _ 0,64)	0,52* (0,13 _ 0,77)	0,48* (0,07 _ 0,75)	0,59** (0,23 _ 0,81)
ARM75	0,45* (0,03 _ 0,73)	0,23 (-0,23 _ 0,6)	0,41 (-0,02 _ 0,71)	0,36 (-0,08 _ 0,68)	0,45* (0,04 _ 0,73)
DEF	-0,51* (-0,78 _ -0,09)	-0,57* (-0,82 _ -0,15)	-0,58** (-0,82 _ -0,19)	-0,43 (-0,73 _ 0,02)	-0,5* (-0,77 _ -0,07)
ETM	-0,66*** (-0,85 _ -0,33)	-0,64** (-0,84 _ -0,28)	-0,72*** (-0,88 _ -0,43)	-0,61** (-0,82 _ -0,25)	-0,71*** (-0,87 _ -0,41)
ETO	-0,66*** (-0,85 _ -0,33)	-0,64** (-0,84 _ -0,28)	-0,72*** (-0,87 _ -0,42)	-0,60** (-0,82 _ -0,25)	-0,71*** (-0,87 _ -0,41)
ETR	0,38	0,57**	0,43*	0,38	0,39

	(-0,06 _ 0,69)	(0,19 _ 0,81)	(0,01 _ 0,72)	(-0,05 _ 0,69)	(-0,04 _ 0,7)
ETR_ETM	0,50*	0,68***	0,65**	0,52*	0,54*
	(0,09 _ 0,77)	(0,35 _ 0,86)	(0,3 _ 0,84)	(0,11 _ 0,78)	(0,14 _ 0,79)
NGA	0,71***	0,68***	0,78***	0,67***	0,77***
	(0,4 _ 0,87)	(0,35 _ 0,86)	(0,53 _ 0,9)	(0,35 _ 0,85)	(0,52 _ 0,9)
PREC	0,48*	0,49*	0,58**	0,47*	0,58**
	(0,06 _ 0,75)	(0,06 _ 0,76)	(0,2 _ 0,81)	(0,05 _ 0,75)	(0,2 _ 0,81)
30D_PE					
ARM	0,27	0,45*	0,45*	0,28	0,34
	(-0,17 _ 0,62)	(0,03 _ 0,74)	(0,03 _ 0,73)	(-0,16 _ 0,63)	(-0,09 _ 0,67)
ARM75	0,40	0,43*	0,48*	0,41	0,41
	(-0,03 _ 0,7)	(0 _ 0,73)	(0,07 _ 0,75)	(-0,01 _ 0,71)	(-0,01 _ 0,71)
DEF	0,01	-0,21	-0,11	-0,07	-0,08
	(-0,41 _ 0,43)	(-0,59 _ 0,25)	(-0,51 _ 0,32)	(-0,48 _ 0,36)	(-0,48 _ 0,36)
ETM	-0,19	-0,30	-0,20	-0,28	-0,16
	(-0,58 _ 0,26)	(-0,65 _ 0,17)	(-0,58 _ 0,25)	(-0,63 _ 0,18)	(-0,55 _ 0,29)
ETO	-0,07	-0,10	-0,10	-0,16	-0,11
	(-0,48 _ 0,36)	(-0,51 _ 0,35)	(-0,5 _ 0,34)	(-0,54 _ 0,28)	(-0,51 _ 0,33)
ETR	-0,14	0,14	-0,12	-0,22	-0,13
	(-0,54 _ 0,31)	(-0,32 _ 0,55)	(-0,52 _ 0,32)	(-0,59 _ 0,22)	(-0,52 _ 0,31)
ETR_ETM	-0,15	0,09	-0,07	-0,1	-0,06
	(-0,54 _ 0,29)	(-0,36 _ 0,50)	(-0,48 _ 0,36)	(-0,50 _ 0,34)	(-0,47 _ 0,37)
NGA	0,23	0,32	0,38	0,34	0,29
	(-0,21 _ 0,6)	(-0,13 _ 0,66)	(-0,04 _ 0,69)	(-0,09 _ 0,67)	(-0,15 _ 0,64)
PREC	0,01	0,03	0,09	-0,01	0,05
	(-0,41 _ 0,43)	(-0,41 _ 0,45)	(-0,34 _ 0,5)	(-0,43 _ 0,42)	(-0,38 _ 0,46)
PE_MF					
ARM	0,08	-0,06	-0,03	0,10	-0,09
	(-0,35 _ 0,49)	(-0,48 _ 0,38)	(-0,45 _ 0,39)	(-0,34 _ 0,5)	(-0,49 _ 0,34)
ARM75	-0,25	-0,39	-0,20	-0,23	-0,16
	(-0,61 _ 0,21)	(-0,71 _ 0,06)	(-0,58 _ 0,26)	(-0,6 _ 0,23)	(-0,55 _ 0,29)
DEF	-0,15	-0,24	-0,35	-0,23	-0,42
	(-0,58 _ 0,34)	(-0,65 _ 0,27)	(-0,7 _ 0,14)	(-0,63 _ 0,27)	(-0,74 _ 0,04)
ETM	-0,64**	-0,61**	-0,65***	-0,56**	-0,63**
	(-0,84 _ -0,3)	(-0,82 _ -0,24)	(-0,84 _ -0,32)	(-0,79 _ -0,18)	(-0,83 _ -0,28)
ETO	-0,64**	-0,61**	-0,65***	-0,56**	-0,63**
	(-0,84 _ -0,3)	(-0,82 _ -0,24)	(-0,84 _ -0,32)	(-0,79 _ -0,18)	(-0,83 _ -0,28)
ETR	0,22	0,46*	0,26	0,26	0,18
	(-0,25 _ 0,6)	(0,01 _ 0,76)	(-0,21 _ 0,63)	(-0,2 _ 0,63)	(-0,29 _ 0,58)
ETR_ETM	0,42	0,51*	0,47*	0,41	0,53*
	(-0,05 _ 0,73)	(0,06 _ 0,79)	(0,02 _ 0,76)	(-0,06 _ 0,73)	(0,11 _ 0,79)
NGA	0,69***	0,66**	0,72***	0,64**	0,69***
	(0,38 _ 0,86)	(0,32 _ 0,85)	(0,42 _ 0,87)	(0,29 _ 0,83)	(0,37 _ 0,86)
PREC	0,49*	0,41	0,61**	0,58**	0,62**

	(0,08 _ 0,75)	(-0,03 _ 0,72)	(0,25 _ 0,82)	(0,22 _ 0,81)	(0,27 _ 0,83)
	SE_PE				
ARM	0,25 (-0,19 _ 0,61)	0,48* (0,06 _ 0,76)	0,40 (-0,02 _ 0,7)	0,26 (-0,18 _ 0,62)	0,32 (-0,11 _ 0,66)
ARM75	0,36 (-0,07 _ 0,68)	0,40 (-0,04 _ 0,71)	0,44* (0,02 _ 0,73)	0,39 (-0,03 _ 0,7)	0,39 (-0,04 _ 0,7)
DEF	0,02 (-0,41 _ 0,44)	-0,22 (-0,59 _ 0,24)	-0,11 (-0,51 _ 0,33)	-0,07 (-0,48 _ 0,36)	-0,09 (-0,49 _ 0,35)
ETM	-0,16 (-0,55 _ 0,29)	-0,26 (-0,63 _ 0,2)	-0,17 (-0,56 _ 0,29)	-0,25 (-0,61 _ 0,21)	-0,13 (-0,53 _ 0,32)
ETO	-0,02 (-0,44 _ 0,4)	-0,06 (-0,48 _ 0,38)	-0,04 (-0,46 _ 0,38)	-0,12 (-0,52 _ 0,32)	-0,07 (-0,48 _ 0,36)
ETR	0,19 (-0,28 _ 0,58)	0,16 (-0,3 _ 0,57)	-0,09 (-0,49 _ 0,34)	0,03 (-0,41 _ 0,46)	0,12 (-0,32 _ 0,53)
ETR_ETM	-0,15 (-0,54 _ 0,29)	0,13 (-0,32 _ 0,54)	-0,06 (-0,47 _ 0,37)	-0,09 (-0,49 _ 0,35)	-0,02 (-0,44 _ 0,41)
NGA	0,22 (-0,22 _ 0,59)	0,31 (-0,14 _ 0,65)	0,37 (-0,06 _ 0,68)	0,34 (-0,1 _ 0,66)	0,29 (-0,15 _ 0,63)
PREC	0,04 (-0,39 _ 0,45)	0,09 (-0,36 _ 0,5)	0,10 (-0,33 _ 0,5)	0,01 (-0,41 _ 0,43)	0,07 (-0,36 _ 0,48)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 2. Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
DEF	-0,45* (-0,74 _ -0,03)	-0,52* (-0,78 _ -0,12)	-0,59** (-0,81 _ -0,21)	-0,54** (-0,79 _ -0,14)	-0,50* (-0,77 _ -0,09)
ETM	-0,60** (-0,82 _ -0,23)	-0,60* (-0,82 _ -0,22)	-0,71*** (-0,87 _ -0,4)	-0,60** (-0,82 _ -0,23)	-0,61** (-0,83 _ -0,25)
ETO	-0,55**	-0,63**	-0,64**	-0,61**	-0,59**

	(-0,79 _ -0,15)	(-0,83 _ -0,27)	(-0,84 _ -0,29)	(-0,82 _ -0,24)	(-0,82 _ -0,22)
ETR	0,15 (-0,3 _ 0,55)	0,29 (-0,16 _ 0,64)	0,26 (-0,19 _ 0,62)	0,17 (-0,28 _ 0,56)	0,12 (-0,33 _ 0,53)
ETR_ETM	0,34 (-0,11 _ 0,68)	0,42 (-0,02 _ 0,72)	0,49* (0,08 _ 0,76)	0,42* (-0,01 _ 0,72)	0,40 (-0,04 _ 0,71)
NGA	0,58** (0,20 _ 0,81)	0,59** (0,21 _ 0,82)	0,70*** (0,38 _ 0,87)	0,60** (0,23 _ 0,82)	0,59** (0,21 _ 0,81)
PREC	0,19 (-0,27 _ 0,57)	0,26 (-0,19 _ 0,62)	0,32 (-0,13 _ 0,66)	0,25 (-0,21 _ 0,62)	0,27 (-0,18 _ 0,63)
DEF	-0,45* (-0,74 _ -0,03)	-0,52* (-0,78 _ -0,12)	-0,59** (-0,81 _ -0,21)	-0,54** (-0,79 _ -0,14)	-0,50* (-0,77 _ -0,09)
ETM	-0,60** (-0,82 _ -0,23)	-0,60** (-0,82 _ -0,22)	-0,71*** (-0,87 _ -0,4)	-0,60** (-0,82 _ -0,23)	-0,61** (-0,83 _ -0,25)
ETO	-0,55** (-0,79 _ -0,15)	-0,63** (-0,83 _ -0,27)	-0,64** (-0,84 _ -0,29)	-0,61** (-0,82 _ -0,24)	-0,59** (-0,82 _ -0,22)

10A_30D

ARM	0,47* (0,05 _ 0,75)	0,37 (-0,08 _ 0,69)	0,44* (0,01 _ 0,73)	0,36 (-0,08 _ 0,69)	0,50* (0,08 _ 0,77)
ARM75	0,50* (0,08 _ 0,76)	0,37 (-0,07 _ 0,69)	0,51* (0,11 _ 0,77)	0,37 (-0,07 _ 0,69)	0,52* (0,11 _ 0,78)
DEF	-0,50* (-0,77 _ -0,09)	-0,54** (-0,79 _ -0,15)	-0,63** (-0,84 _ -0,28)	-0,51* (-0,77 _ -0,1)	-0,55** (-0,79 _ -0,15)
ETM	-0,58** (-0,81 _ -0,19)	-0,47* (-0,75 _ -0,05)	-0,65** (-0,84 _ -0,3)	-0,48* (-0,76 _ -0,07)	-0,64** (-0,84 _ -0,29)
ETO	-0,58** (-0,81 _ -0,2)	-0,47* (-0,75 _ -0,04)	-0,65*** (-0,85 _ -0,31)	-0,49* (-0,76 _ -0,07)	-0,65** (-0,84 _ -0,3)
ETR	0,25 (-0,21 _ 0,62)	0,42 (-0,01 _ 0,72)	0,32 (-0,13 _ 0,66)	0,31 (-0,14 _ 0,65)	0,24 (-0,21 _ 0,61)
ETR_ETM	0,50* (0,09 _ 0,77)	0,57** (0,18 _ 0,8)	0,64** (0,29 _ 0,84)	0,53* (0,12 _ 0,78)	0,55** (0,16 _ 0,79)
NGA	0,63** (0,27 _ 0,84)	0,57** (0,19 _ 0,81)	0,74*** (0,45 _ 0,89)	0,56** (0,16 _ 0,8)	0,69*** (0,36 _ 0,86)
PREC	0,54** (0,14 _ 0,79)	0,54** (0,14 _ 0,79)	0,70*** (0,38 _ 0,87)	0,58** (0,2 _ 0,81)	0,66*** (0,31 _ 0,85)
ARM	0,47* (0,05 _ 0,75)	0,37 (-0,08 _ 0,69)	0,44* (0,01 _ 0,73)	0,36 (-0,08 _ 0,69)	0,50* (0,08 _ 0,77)

30D_PE

ARM	0,32 (-0,13 _ 0,66)	0,27 (-0,18 _ 0,63)	0,47* (0,05 _ 0,75)	0,35 (-0,09 _ 0,68)	0,38 (-0,07 _ 0,7)
ARM75	0,43* (0 _ 0,73)	0,54** (0,14 _ 0,79)	0,52* (0,11 _ 0,78)	0,39 (-0,05 _ 0,71)	0,47* (0,04 _ 0,75)
DEF	0,01 (-0,43 _ 0,44)	-0,20 (-0,58 _ 0,26)	-0,14 (-0,54 _ 0,31)	-0,13 (-0,53 _ 0,32)	-0,05 (-0,47 _ 0,39)

ETM	-0,22 (-0,6 _ 0,24)	-0,42 (-0,72 _ 0,02)	-0,33 (-0,67 _ 0,12)	-0,36 (-0,68 _ 0,09)	-0,20 (-0,58 _ 0,26)
ETO	-0,05 (-0,47 _ 0,39)	-0,26 (-0,62 _ 0,19)	-0,13 (-0,53 _ 0,32)	-0,16 (-0,55 _ 0,29)	-0,05 (-0,47 _ 0,39)
ETR	-0,24 (-0,61 _ 0,22)	-0,13 (-0,53 _ 0,32)	-0,16 (-0,55 _ 0,29)	-0,29 (-0,64 _ 0,16)	-0,17 (-0,56 _ 0,28)
ETR_ETM	-0,12 (-0,53 _ 0,33)	0,07 (-0,38 _ 0,49)	-0,01 (-0,44 _ 0,42)	-0,04 (-0,47 _ 0,4)	-0,03 (-0,45 _ 0,41)
NGA	0,18 (-0,27 _ 0,57)	0,31 (-0,14 _ 0,66)	0,38 (-0,06 _ 0,7)	0,32 (-0,13 _ 0,66)	0,19 (-0,26 _ 0,57)
PREC	-0,05 (-0,48 _ 0,39)	0,05 (-0,39 _ 0,47)	0,09 (-0,36 _ 0,5)	-0,01 (-0,44 _ 0,43)	0,01 (-0,42 _ 0,44)
PE_MF					
ARM	0,04 (-0,4 _ 0,46)	0,05 (-0,39 _ 0,47)	0,02 (-0,42 _ 0,45)	0,12 (-0,33 _ 0,53)	-0,12 (-0,53 _ 0,33)
ARM75	-0,02 (-0,45 _ 0,41)	-0,07 (-0,49 _ 0,37)	0,04 (-0,4 _ 0,46)	-0,11 (-0,52 _ 0,34)	0 (-0,43 _ 0,43)
DEF	-0,50* (-0,77 _ -0,09)	-0,48* (-0,76 _ -0,06)	-0,62** (-0,83 _ -0,25)	-0,58** (-0,81 _ -0,19)	-0,54** (-0,79 _ -0,14)
ETM	-0,44* (-0,74 _ -0,01)	-0,32 (-0,66 _ 0,13)	-0,46* (-0,75 _ -0,04)	-0,39 (-0,7 _ 0,05)	-0,49* (-0,76 _ -0,07)
ETO	-0,44* (-0,74 _ -0,01)	-0,32 (-0,66 _ 0,13)	-0,46* (-0,75 _ -0,04)	-0,39 (-0,7 _ 0,05)	-0,49* (-0,76 _ -0,07)
ETR	0,38 (-0,06 _ 0,7)	0,51* (0,1 _ 0,77)	0,44* (0,01 _ 0,73)	0,48* (0,06 _ 0,76)	0,30 (-0,15 _ 0,65)
ETR_ETM	0,51* (0,1 _ 0,77)	0,53* (0,12 _ 0,78)	0,64** (0,28 _ 0,84)	0,60** (0,22 _ 0,82)	0,57** (0,19 _ 0,81)
NGA	0,50* (0,08 _ 0,76)	0,44* (0,01 _ 0,73)	0,56** (0,16 _ 0,8)	0,47* (0,05 _ 0,75)	0,53* (0,13 _ 0,79)
PREC	0,53* (0,12 _ 0,78)	0,48* (0,06 _ 0,76)	0,62** (0,25 _ 0,83)	0,63** (0,27 _ 0,83)	0,63** (0,27 _ 0,83)
SE_PE					
ARM	0,33 (-0,12 _ 0,67)	0,33 (-0,12 _ 0,67)	0,46* (0,03 _ 0,74)	0,33 (-0,12 _ 0,67)	0,37 (-0,08 _ 0,69)
ARM75	0,39 (-0,05 _ 0,7)	0,50* (0,08 _ 0,77)	0,48* (0,06 _ 0,76)	0,39 (-0,05 _ 0,71)	0,43* (0 _ 0,73)
DEF	-0,03 (-0,46 _ 0,41)	-0,22 (-0,6 _ 0,23)	-0,16 (-0,55 _ 0,3)	-0,12 (-0,53 _ 0,33)	-0,10 (-0,51 _ 0,35)
ETM	-0,21 (-0,59 _ 0,24)	-0,41 (-0,72 _ 0,03)	-0,33 (-0,67 _ 0,12)	-0,35 (-0,68 _ 0,1)	-0,20 (-0,59 _ 0,25)
ETO	-0,01 (-0,44 _ 0,43)	-0,22 (-0,6 _ 0,23)	-0,09 (-0,5 _ 0,36)	-0,13 (-0,53 _ 0,32)	-0,01 (-0,44 _ 0,42)
ETR	-0,19	-0,09	-0,12	-0,25	-0,12

	(-0,57 _ 0,27)	(-0,51 _ 0,35)	(-0,52 _ 0,33)	(-0,62 _ 0,21)	(-0,53 _ 0,33)
ETR_ETM	-0,06 (-0,48 _ 0,38)	0,06 (-0,38 _ 0,48)	0,13 (-0,32 _ 0,54)	0,05 (-0,39 _ 0,48)	0,09 (-0,35 _ 0,51)
NGA	0,20 (-0,26 _ 0,58)	0,34 (-0,11 _ 0,67)	0,39 (-0,05 _ 0,7)	0,33 (-0,12 _ 0,67)	0,22 (-0,24 _ 0,6)
PREC	0,02 (-0,41 _ 0,45)	0,13 (-0,32 _ 0,54)	0,15 (-0,31 _ 0,54)	0,06 (-0,38 _ 0,48)	0,08 (-0,37 _ 0,49)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ET0: Evapotranspiração potencial; ETR: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após o trigo, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
ARM	0,24 (-0,21 _ 0,6)	0,24 (-0,2 _ 0,6)	0,21 (-0,23 _ 0,58)	0,16 (-0,28 _ 0,55)	0,26 (-0,18 _ 0,62)
ARM75	0,30 (-0,14 _ 0,64)	0,29 (-0,15 _ 0,63)	0,26 (-0,18 _ 0,61)	0,31 (-0,13 _ 0,65)	0,23 (-0,22 _ 0,59)
DEF	-0,45* (-0,73 _ -0,04)	-0,47* (-0,75 _ -0,06)	-0,41 (-0,71 _ 0,01)	-0,44* (-0,72 _ -0,02)	-0,48* (-0,75 _ -0,08)
ETM	-0,16 (-0,55 _ 0,28)	-0,19 (-0,56 _ 0,26)	-0,12 (-0,52 _ 0,32)	-0,15 (-0,54 _ 0,29)	-0,07 (-0,47 _ 0,37)
ET0	-0,28 (-0,63 _ 0,16)	-0,30 (-0,64 _ 0,14)	-0,25 (-0,61 _ 0,19)	-0,28 (-0,62 _ 0,16)	-0,21 (-0,58 _ 0,24)
ETR	0,35 (-0,08 _ 0,67)	0,33 (-0,11 _ 0,66)	0,32 (-0,12 _ 0,65)	0,32 (-0,11 _ 0,66)	0,48* (0,07 _ 0,75)
ETR_ETM	0,49* (0,09 _ 0,76)	0,50* (0,1 _ 0,76)	0,43* (0,01 _ 0,72)	0,46* (0,04 _ 0,74)	0,55** (0,17 _ 0,79)
NGA	0,35 (-0,08 _ 0,68)	0,38 (-0,05 _ 0,69)	0,31 (-0,13 _ 0,65)	0,35 (-0,09 _ 0,67)	0,30 (-0,14 _ 0,64)
PREC	0,48* (0,05 _ 0,76)	0,47* (0,03 _ 0,76)	0,44 (-0,01 _ 0,74)	0,44 (0 _ 0,74)	0,61** (0,23 _ 0,83)

		R1-MF				
ARM	0,12 (-0,31 _ 0,52)	0,09 (-0,34 _ 0,49)	0,09 (-0,34 _ 0,5)	0,05 (-0,38 _ 0,46)	0,15 (-0,29 _ 0,54)	
ARM75	0,22 (-0,22 _ 0,59)	0,15 (-0,29 _ 0,53)	0,12 (-0,32 _ 0,51)	0,18 (-0,26 _ 0,56)	0,04 (-0,39 _ 0,45)	
DEF	-0,47* (-0,74 _ -0,06)	-0,47* (-0,75 _ -0,05)	-0,51* (-0,77 _ -0,1)	-0,50* (-0,76 _ -0,08)	-0,57** (-0,8 _ -0,19)	
ETM	0,08 (-0,35 _ 0,49)	0,06 (-0,37 _ 0,47)	0,09 (-0,35 _ 0,49)	0,07 (-0,36 _ 0,48)	0,11 (-0,33 _ 0,51)	
ETO	0,07 (-0,36 _ 0,48)	0,05 (-0,38 _ 0,46)	0,07 (-0,37 _ 0,48)	0,05 (-0,38 _ 0,46)	0,09 (-0,35 _ 0,49)	
ETR	0,55** (0,17 _ 0,79)	0,54** (0,15 _ 0,78)	0,52* (0,12 _ 0,77)	0,51* (0,11 _ 0,77)	0,58** (0,21 _ 0,81)	
ETR_ETM	0,59** (0,23 _ 0,81)	0,61** (0,25 _ 0,82)	0,57** (0,19 _ 0,8)	0,54** (0,16 _ 0,78)	0,62** (0,26 _ 0,82)	
NGA	0,05 (-0,39 _ 0,47)	0,04 (-0,4 _ 0,47)	0,08 (-0,36 _ 0,49)	0,08 (-0,37 _ 0,49)	0,10 (-0,35 _ 0,51)	
PREC	0,50* (0,11 _ 0,76)	0,49* (0,08 _ 0,75)	0,43* (0,01 _ 0,72)	0,41 (-0,01 _ 0,71)	0,57** (0,2 _ 0,8)	
		R1-R3				
ARM	0,28 (-0,16 _ 0,63)	0,23 (-0,21 _ 0,6)	0,29 (-0,15 _ 0,64)	0,25 (-0,19 _ 0,61)	0,35 (-0,08 _ 0,67)	
ARM75	0,26 (-0,18 _ 0,62)	0,29 (-0,15 _ 0,63)	0,34 (-0,09 _ 0,67)	0,36 (-0,07 _ 0,68)	0,26 (-0,19 _ 0,61)	
DEF	-0,30 (-0,65 _ 0,16)	-0,29 (-0,64 _ 0,16)	-0,31 (-0,66 _ 0,14)	-0,34 (-0,67 _ 0,11)	-0,27 (-0,63 _ 0,18)	
ETM	-0,34 (-0,67 _ 0,09)	-0,34 (-0,67 _ 0,1)	-0,33 (-0,66 _ 0,1)	-0,37 (-0,68 _ 0,06)	-0,32 (-0,65 _ 0,12)	
ETO	-0,31 (-0,65 _ 0,13)	-0,31 (-0,64 _ 0,13)	-0,33 (-0,66 _ 0,11)	-0,35 (-0,68 _ 0,08)	-0,33 (-0,66 _ 0,11)	
ETR	0,13 (-0,32 _ 0,53)	0,13 (-0,32 _ 0,53)	0,18 (-0,28 _ 0,57)	0,15 (-0,3 _ 0,55)	0,30 (-0,14 _ 0,64)	
ETR_ETM	0,46* (0,05 _ 0,74)	0,33 (-0,11 _ 0,67)	0,36 (-0,09 _ 0,68)	0,38 (-0,06 _ 0,7)	0,32 (-0,13 _ 0,66)	
NGA	0,38 (-0,05 _ 0,69)	0,38 (-0,05 _ 0,69)	0,36 (-0,07 _ 0,68)	0,40 (-0,03 _ 0,7)	0,38 (-0,05 _ 0,69)	
PREC	0,39 (-0,06 _ 0,7)	0,34 (-0,11 _ 0,67)	0,34 (-0,11 _ 0,67)	0,35 (-0,09 _ 0,68)	0,36 (-0,08 _ 0,69)	
		R3-R6				
ARM	0,13 (-0,31 _ 0,52)	0,14 (-0,3 _ 0,53)	0,09 (-0,34 _ 0,49)	0,08 (-0,36 _ 0,48)	0,05 (-0,38 _ 0,46)	
ARM75	-0,01 (-0,44 _ 0,42)	-0,07 (-0,49 _ 0,37)	-0,05 (-0,47 _ 0,39)	-0,01 (-0,44 _ 0,42)	-0,17 (-0,56 _ 0,28)	
DEF	-0,53* (-0,8 _ -0,26)	-0,57** (-0,8 _ -0,34)	-0,52* (-0,8 _ -0,24)	-0,53* (-0,8 _ -0,26)	-0,56** (-0,8 _ -0,34)	

	(-0,78_-0,14)	(-0,8_-0,19)	(-0,77_-0,13)	(-0,78_-0,14)	(-0,8_-0,18)
ETM	0,02	-0,02	0,03	-0,01	0,08
	(-0,4_0,44)	(-0,44_0,41)	(-0,4_0,45)	(-0,43_0,42)	(-0,35_0,49)
ETO	0,02	-0,02	0,03	-0,01	0,08
	(-0,4_0,44)	(-0,44_0,41)	(-0,4_0,44)	(-0,43_0,41)	(-0,35_0,48)
ETR	0,49*	0,47*	0,47*	0,44*	0,57**
	(0,08_0,75)	(0,05_0,74)	(0,06_0,74)	(0,02_0,73)	(0,19_0,8)
ETR_ETM	0,63**	0,65**	0,62**	0,59**	0,68***
	(0,28_0,83)	(0,31_0,84)	(0,26_0,82)	(0,22_0,81)	(0,36_0,86)
NGA	0,18	0,20	0,23	0,23	0,18
	(-0,28_0,56)	(-0,25_0,58)	(-0,23_0,6)	(-0,22_0,6)	(-0,28_0,57)
PREC	0,46*	0,46*	0,43*	0,39	0,55**
	(0,05_0,74)	(0,04_0,74)	(0,01_0,72)	(-0,04_0,7)	(0,16_0,79)
SE-R1					
ARM	0,33	0,37	0,33	0,24	0,42
	(-0,11_0,67)	(-0,07_0,69)	(-0,12_0,67)	(-0,22_0,61)	(-0,01_0,72)
ARM75	0,23	0,30	0,30	0,08	0,34
	(-0,22_0,6)	(-0,15_0,65)	(-0,15_0,65)	(-0,37_0,51)	(-0,1_0,67)
DEF	-0,18	-0,18	-0,11	-0,10	-0,21
	(-0,56_0,26)	(-0,56_0,26)	(-0,51_0,32)	(-0,5_0,33)	(-0,58_0,23)
ETM	-0,49*	-0,50*	-0,42*	-0,44*	-0,36
	(-0,76_-0,09)	(-0,76_-0,09)	(-0,72_0)	(-0,73_-0,03)	(-0,68_0,08)
ETO	-0,53*	-0,53*	-0,48*	-0,50*	-0,44*
	(-0,78_-0,15)	(-0,78_-0,15)	(-0,75_-0,07)	(-0,76_-0,1)	(-0,73_-0,02)
ETR	-0,42	-0,46*	-0,28	-0,44*	-0,28
	(-0,72_0,01)	(-0,74_-0,03)	(-0,64_0,19)	(-0,73_-0,01)	(-0,65_0,18)
ETR_ETM	0,13	0,12	0,07	0,06	0,22
	(-0,31_0,52)	(-0,32_0,52)	(-0,37_0,47)	(-0,37_0,47)	(-0,22_0,59)
NGA	0,46*	0,47*	0,42	0,42*	0,39
	(0,04_0,74)	(0,07_0,75)	(0_0,71)	(0_0,72)	(-0,04_0,7)
PREC	0,07	0,12	0,11	0,05	0,31
	(-0,36_0,48)	(-0,32_0,52)	(-0,33_0,5)	(-0,38_0,47)	(-0,12_0,65)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após o trigo, corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	0,20 (-0,25 _ 0,58)	0,21 (-0,25 _ 0,59)	0,22 (-0,24 _ 0,6)	0,09 (-0,36 _ 0,5)	0,29 (-0,16 _ 0,64)
ARM75	0,28 (-0,18 _ 0,63)	0,29 (-0,17 _ 0,64)	0,30 (-0,16 _ 0,65)	0,30 (-0,15 _ 0,65)	0,25 (-0,2 _ 0,62)
DEF	-0,43* (-0,73 _ 0)	-0,47* (-0,75 _ -0,05)	-0,43* (-0,73 _ 0)	-0,45* (-0,74 _ -0,02)	-0,45* (-0,74 _ -0,02)
ETM	-0,15 (-0,55 _ 0,3)	-0,18 (-0,57 _ 0,28)	-0,17 (-0,56 _ 0,29)	-0,17 (-0,56 _ 0,28)	0,01 (-0,42 _ 0,44)
ETO	-0,14 (-0,54 _ 0,31)	-0,18 (-0,57 _ 0,28)	-0,15 (-0,55 _ 0,3)	-0,17 (-0,56 _ 0,28)	-0,02 (-0,45 _ 0,41)
ETR	0,30 (-0,15 _ 0,65)	0,31 (-0,15 _ 0,65)	0,26 (-0,19 _ 0,62)	0,30 (-0,15 _ 0,65)	0,47* (0,05 _ 0,75)
ETR_ETM	0,44* (0,01 _ 0,73)	0,47* (0,05 _ 0,75)	0,42 (-0,02 _ 0,72)	0,44* (0 _ 0,73)	0,51* (0,09 _ 0,77)
NGA	0,32 (-0,13 _ 0,66)	0,35 (-0,09 _ 0,68)	0,29 (-0,16 _ 0,64)	0,33 (-0,12 _ 0,66)	0,23 (-0,22 _ 0,61)
PREC	0,34 (-0,11 _ 0,67)	0,39 (-0,06 _ 0,7)	0,35 (-0,1 _ 0,68)	0,35 (-0,1 _ 0,68)	0,61** (0,24 _ 0,82)
R1-MF					
ARM	0,19 (-0,26 _ 0,58)	0,14 (-0,31 _ 0,54)	0,19 (-0,26 _ 0,58)	0,09 (-0,36 _ 0,5)	0,28 (-0,17 _ 0,64)
ARM75	0,25 (-0,21 _ 0,62)	0,14 (-0,31 _ 0,54)	0,17 (-0,28 _ 0,56)	0,14 (-0,31 _ 0,54)	0,05 (-0,39 _ 0,47)
DEF	-0,47* (-0,75 _ -0,04)	-0,50* (-0,77 _ -0,09)	-0,50* (-0,77 _ -0,09)	-0,48* (-0,75 _ -0,05)	-0,53* (-0,78 _ -0,13)
ETM	0,15 (-0,3 _ 0,55)	0,12 (-0,33 _ 0,52)	0,10 (-0,34 _ 0,51)	0,11 (-0,34 _ 0,52)	0,20 (-0,26 _ 0,58)
ETO	0,15 (-0,3 _ 0,55)	0,12 (-0,33 _ 0,53)	0,10 (-0,35 _ 0,51)	0,10 (-0,35 _ 0,51)	0,18 (-0,28 _ 0,57)
ETR	0,53* (0,12 _ 0,78)	0,54* (0,13 _ 0,79)	0,52* (0,11 _ 0,78)	0,53* (0,12 _ 0,78)	0,64** (0,28 _ 0,84)
ETR_ETM	0,56** (0,16 _ 0,8)	0,60** (0,23 _ 0,82)	0,64** (0,28 _ 0,84)	0,54** (0,14 _ 0,79)	0,64** (0,29 _ 0,84)
NGA	0,06	0,09	0,09	0,08	0,05

	(-0,38 _ 0,48)	(-0,36 _ 0,5)	(-0,36 _ 0,5)	(-0,36 _ 0,5)	(-0,39 _ 0,47)
PREC	0,48*	0,47*	0,42	0,38	0,60**
	(0,07 _ 0,76)	(0,04 _ 0,75)	(-0,02 _ 0,72)	(-0,06 _ 0,7)	(0,23 _ 0,82)
----- R1-R3 -----					
ARM	0,30	0,25	0,29	0,24	0,33
	(-0,15 _ 0,65)	(-0,21 _ 0,61)	(-0,16 _ 0,64)	(-0,21 _ 0,61)	(-0,12 _ 0,66)
ARM75	0,22	0,27	0,36	0,34	0,25
	(-0,24 _ 0,59)	(-0,18 _ 0,63)	(-0,08 _ 0,69)	(-0,11 _ 0,67)	(-0,2 _ 0,62)
DEF	-0,42	-0,45	-0,44	-0,41	-0,41
	(-0,72 _ 0,02)	(-0,74 _ -0,02)	(-0,73 _ -0,01)	(-0,72 _ 0,03)	(-0,72 _ 0,02)
ETM	-0,32	-0,33	-0,30	-0,32	-0,25
	(-0,66 _ 0,13)	(-0,67 _ 0,12)	(-0,65 _ 0,15)	(-0,66 _ 0,13)	(-0,62 _ 0,2)
ETO	-0,28	-0,29	-0,28	-0,29	-0,26
	(-0,64 _ 0,17)	(-0,64 _ 0,17)	(-0,64 _ 0,17)	(-0,64 _ 0,16)	(-0,63 _ 0,19)
ETR	0,26	0,27	0,26	0,29	0,25
	(-0,2 _ 0,62)	(-0,19 _ 0,63)	(-0,19 _ 0,62)	(-0,17 _ 0,64)	(-0,21 _ 0,62)
ETR_ETM	0,45*	0,49*	0,47*	0,45*	0,41
	(0,03 _ 0,74)	(0,07 _ 0,76)	(0,04 _ 0,75)	(0,02 _ 0,74)	(-0,03 _ 0,72)
NGA	0,36	0,36	0,34	0,33	0,35
	(-0,09 _ 0,68)	(-0,08 _ 0,69)	(-0,1 _ 0,68)	(-0,12 _ 0,67)	(-0,1 _ 0,68)
PREC	0,45*	0,43*	0,38	0,37	0,41
	(0,02 _ 0,74)	(-0,01 _ 0,73)	(-0,06 _ 0,7)	(-0,07 _ 0,69)	(-0,02 _ 0,72)
----- R3-R6 -----					
ARM	0,18	0,15	0,18	0,18	0,15
	(-0,28 _ 0,57)	(-0,31 _ 0,54)	(-0,27 _ 0,57)	(-0,28 _ 0,57)	(-0,3 _ 0,55)
ARM75	0,18	0,04	0,03	0,08	-0,11
	(-0,27 _ 0,57)	(-0,4 _ 0,46)	(-0,41 _ 0,46)	(-0,37 _ 0,49)	(-0,52 _ 0,34)
DEF	-0,55**	-0,58**	-0,57**	-0,57**	-0,56**
	(-0,8 _ -0,16)	(-0,81 _ -0,2)	(-0,8 _ -0,18)	(-0,8 _ -0,18)	(-0,8 _ -0,17)
ETM	0,09	0,06	0,05	0,04	0,18
	(-0,36 _ 0,5)	(-0,38 _ 0,48)	(-0,39 _ 0,48)	(-0,4 _ 0,46)	(-0,27 _ 0,57)
ETO	0,08	0,05	0,04	0,02	0,17
	(-0,37 _ 0,49)	(-0,39 _ 0,47)	(-0,4 _ 0,47)	(-0,41 _ 0,45)	(-0,28 _ 0,56)
ETR	0,53*	0,53*	0,48*	0,49*	0,65**
	(0,13 _ 0,78)	(0,13 _ 0,78)	(0,06 _ 0,76)	(0,07 _ 0,76)	(0,3 _ 0,84)
ETR_ETM	0,66***	0,66***	0,63**	0,63**	0,68***
	(0,32 _ 0,85)	(0,32 _ 0,85)	(0,28 _ 0,84)	(0,27 _ 0,83)	(0,35 _ 0,86)
NGA	0,22	0,25	0,29	0,30	0,13
	(-0,23 _ 0,6)	(-0,2 _ 0,62)	(-0,16 _ 0,64)	(-0,16 _ 0,65)	(-0,32 _ 0,53)
PREC	0,45*	0,47*	0,47*	0,43*	0,58**
	(0,02 _ 0,74)	(0,04 _ 0,75)	(0,05 _ 0,75)	(-0,01 _ 0,72)	(0,2 _ 0,81)
----- SE-R1 -----					
ARM	0,17	0,25	0,22	0,18	0,25
	(-0,29 _ 0,56)	(-0,21 _ 0,62)	(-0,24 _ 0,6)	(-0,27 _ 0,57)	(-0,2 _ 0,62)

ARM75	0,24 (-0,22_0,61)	0,33 (-0,12_0,67)	0,24 (-0,21_0,61)	0,25 (-0,2_0,62)	0,25 (-0,2_0,62)
DEF	-0,14 (-0,54_0,31)	-0,16 (-0,55_0,3)	-0,10 (-0,51_0,35)	-0,10 (-0,51_0,34)	-0,20 (-0,58_0,25)
ETM	-0,48* (-0,76_-0,06)	-0,50* (-0,77_-0,09)	-0,42* (-0,72_0,01)	-0,41 (-0,72_0,03)	-0,39 (-0,7_0,05)
ETO	-0,54* (-0,79_-0,13)	-0,55** (-0,79_-0,15)	-0,51* (-0,77_-0,1)	-0,51* (-0,77_-0,09)	-0,50* (-0,77_-0,09)
ETR	-0,37 (-0,69_0,08)	-0,40 (-0,71_0,03)	-0,38 (-0,7_0,06)	-0,37 (-0,69_0,07)	-0,27 (-0,63_0,18)
ETR_ETM	0,06 (-0,38_0,48)	0,08 (-0,37_0,49)	0,04 (-0,4_0,46)	0,01 (-0,42_0,44)	0,17 (-0,29_0,56)
NGA	0,44* (0_0,73)	0,46* (0,03_0,74)	0,37 (-0,08_0,69)	0,39 (-0,06_0,7)	0,37 (-0,08_0,69)
PREC	0,07 (-0,37_0,49)	0,14 (-0,31_0,54)	0,10 (-0,34_0,51)	0,11 (-0,34_0,51)	0,34 (-0,11_0,67)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 5. Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
ARM	0,13 (-0,69_0,81)	0,08 (-0,72_0,79)	0,03 (-0,74_0,77)	-0,12 (-0,8_0,69)	0,07 (-0,72_0,78)
ARM75	0,83* (0,19_0,97)	0,85* (0,27_0,98)	0,82* (0,18_0,97)	0,85* (0,27_0,98)	0,84* (0,24_0,98)
DEF	-0,94** (-0,99_-0,54)	-0,87* (-0,99_-0,21)	-0,87* (-0,99_-0,19)	-0,66 (-0,96_0,33)	-0,93** (-0,99_-0,49)
ETM	-0,51 (-0,91_0,39)	-0,52 (-0,92_0,38)	-0,54 (-0,92_0,35)	-0,67 (-0,95_0,17)	-0,45 (-0,9_0,46)
ETO	-0,59 (-0,93_0,29)	-0,61 (-0,93_0,27)	-0,63 (-0,94_0,24)	-0,74 (-0,96_0,02)	-0,53 (-0,92_0,37)

ETR	0,43 (-0,47 _ 0,89)	0,38 (-0,52 _ 0,88)	0,36 (-0,54 _ 0,88)	0,16 (-0,68 _ 0,81)	0,48 (-0,43 _ 0,91)
ETR_ETM	0,95** (0,67 _ 0,99)	0,90** (0,44 _ 0,98)	0,89** (0,41 _ 0,98)	0,76* (0,03 _ 0,96)	0,95** (0,67 _ 0,99)
NGA	0,59 (-0,43 _ 0,95)	0,61 (-0,4 _ 0,95)	0,61 (-0,39 _ 0,95)	0,68 (-0,29 _ 0,96)	0,53 (-0,5 _ 0,94)
PREC	0,70 (-0,12 _ 0,95)	0,68 (-0,15 _ 0,95)	0,59 (-0,29 _ 0,93)	0,42 (-0,48 _ 0,89)	0,75 (-0,02 _ 0,96)

R1_MF

ARM	-0,20 (-0,83 _ 0,65)	-0,27 (-0,85 _ 0,61)	-0,33 (-0,87 _ 0,57)	-0,37 (-0,88 _ 0,53)	-0,32 (-0,87 _ 0,57)
ARM75	0,54 (-0,49 _ 0,94)	0,61 (-0,4 _ 0,95)	0,22 (-0,64 _ 0,83)	0,38 (-0,52 _ 0,88)	0,57 (-0,45 _ 0,94)
DEF	-0,94** (-0,99 _ -0,63)	-0,89** (-0,98 _ -0,43)	-0,88** (-0,98 _ -0,36)	-0,75* (-0,96 _ 0)	-0,94** (-0,99 _ -0,64)
ETM	-0,20 (-0,83 _ 0,65)	-0,16 (-0,82 _ 0,67)	-0,15 (-0,81 _ 0,68)	-0,26 (-0,85 _ 0,62)	-0,13 (-0,81 _ 0,69)
ETO	-0,22 (-0,84 _ 0,64)	-0,18 (-0,82 _ 0,66)	-0,17 (-0,82 _ 0,67)	-0,27 (-0,85 _ 0,61)	-0,15 (-0,81 _ 0,68)
ETR	0,56 (-0,34 _ 0,92)	0,55 (-0,35 _ 0,92)	0,54 (-0,35 _ 0,92)	0,38 (-0,52 _ 0,88)	0,60 (-0,28 _ 0,93)
ETR_ETM	0,82* (0,16 _ 0,97)	0,77* (0,05 _ 0,96)	0,75 (0 _ 0,96)	0,60 (-0,28 _ 0,93)	0,81* (0,15 _ 0,97)
NGA	0,64 (-0,22 _ 0,94)	0,57 (-0,32 _ 0,93)	0,53 (-0,37 _ 0,92)	0,52 (-0,39 _ 0,91)	0,58 (-0,31 _ 0,93)
PREC	0,49 (-0,41 _ 0,91)	0,47 (-0,43 _ 0,9)	0,38 (-0,52 _ 0,88)	0,27 (-0,6 _ 0,85)	0,47 (-0,44 _ 0,9)

R1-R3

ARM	0,72 (-0,07 _ 0,96)	0,67 (-0,17 _ 0,95)	0,64 (-0,22 _ 0,94)	0,54 (-0,36 _ 0,92)	0,66 (-0,18 _ 0,94)
ARM75	0,48 (-0,43 _ 0,91)	0,51 (-0,4 _ 0,91)	0,58 (-0,31 _ 0,93)	0,66 (-0,19 _ 0,94)	0,63 (-0,24 _ 0,94)
DEF	-0,85* (-0,98 _ -0,14)	-0,91* (-0,99 _ -0,37)	-0,80 (-0,98 _ 0,02)	-0,73 (-0,97 _ 0,21)	-0,94** (-0,99 _ -0,56)
ETM	-0,77 (-0,97 _ 0,12)	-0,77 (-0,97 _ 0,11)	-0,57 (-0,94 _ 0,45)	-0,67 (-0,96 _ 0,3)	-0,68 (-0,96 _ 0,29)
ETO	-0,72 (-0,97 _ 0,23)	-0,72 (-0,97 _ 0,22)	-0,50 (-0,93 _ 0,52)	-0,62 (-0,95 _ 0,38)	-0,63 (-0,95 _ 0,37)
ETR	0,73 (-0,05 _ 0,96)	0,74 (-0,03 _ 0,96)	0,79* (0,09 _ 0,97)	0,62 (-0,24 _ 0,94)	0,81* (0,14 _ 0,97)
ETR_ETM	0,86* (0,14 _ 0,98)	0,92** (0,42 _ 0,99)	0,82* (0,03 _ 0,98)	0,75 (-0,16 _ 0,97)	0,98*** (0,87 _ 1)
NGA	0,89** (0,42 _ 0,98)	0,90** (0,44 _ 0,98)	0,82* (0,17 _ 0,97)	0,77* (0,05 _ 0,96)	0,91** (0,52 _ 0,99)

PREC	0,87* (0,19_0,99)	0,83* (0,07_0,98)	0,76 (-0,13_0,97)	0,73 (-0,21_0,97)	0,76 (-0,14_0,97)
R3-R6					
ARM	0,08 (-0,78_0,84)	0,06 (-0,79_0,83)	-0,04 (-0,83_0,8)	0,12 (-0,77_0,85)	-0,04 (-0,83_0,8)
ARM75	0,34 (-0,65_0,9)	0,28 (-0,69_0,89)	0,35 (-0,64_0,91)	0,31 (-0,67_0,9)	0,20 (-0,73_0,87)
DEF	-0,91** (-0,99_-0,49)	-0,85* (-0,98_-0,27)	-0,86* (-0,98_-0,29)	-0,72 (-0,96_0,07)	-0,91** (-0,99_-0,5)
ETM	-0,13 (-0,8_0,69)	-0,13 (-0,8_0,69)	-0,07 (-0,78_0,72)	-0,25 (-0,85_0,62)	-0,06 (-0,78_0,72)
ETO	-0,13 (-0,8_0,69)	-0,13 (-0,8_0,69)	-0,07 (-0,78_0,72)	-0,25 (-0,85_0,62)	-0,06 (-0,78_0,72)
ETR	0,52 (-0,38_0,91)	0,48 (-0,43_0,91)	0,52 (-0,38_0,92)	0,31 (-0,58_0,86)	0,57 (-0,32_0,93)
ETR_ETM	0,82* (0,18_0,97)	0,76* (0,02_0,96)	0,77* (0,03_0,96)	0,59 (-0,29_0,93)	0,82* (0,19_0,97)
NGA	0,50 (-0,4_0,91)	0,47 (-0,44_0,9)	0,41 (-0,49_0,89)	0,50 (-0,4_0,91)	0,43 (-0,47_0,89)
PREC	0,46 (-0,45_0,9)	0,41 (-0,5_0,89)	0,39 (-0,51_0,88)	0,24 (-0,63_0,84)	0,41 (-0,5_0,89)
SE-R1					
ARM	0,54 (-0,35_0,92)	0,58 (-0,3_0,93)	0,60 (-0,28_0,93)	0,45 (-0,46_0,9)	0,70 (-0,11_0,95)
ARM75	0,26 (-0,7_0,88)	0,46 (-0,56_0,93)	0,58 (-0,43_0,95)	0,34 (-0,65_0,9)	0,59 (-0,43_0,95)
DEF	-0,29 (-0,89_0,68)	-0,37 (-0,91_0,63)	-0,46 (-0,93_0,56)	-0,49 (-0,93_0,54)	-0,32 (-0,9_0,66)
ETM	-0,62 (-0,94_0,24)	-0,69 (-0,95_0,12)	-0,74 (-0,96_0,02)	-0,83* (-0,97_-0,19)	-0,61 (-0,93_0,27)
ETO	-0,68 (-0,95_0,15)	-0,73 (-0,96_0,04)	-0,77* (-0,96_-0,05)	-0,86* (-0,98_-0,31)	-0,65 (-0,94_0,21)
ETR	-0,19 (-0,83_0,66)	-0,23 (-0,88_0,71)	-0,24 (-0,88_0,71)	-0,13 (-0,85_0,76)	-0,25 (-0,88_0,7)
ETR_ETM	0,10 (-0,77_0,84)	0,02 (-0,8_0,82)	-0,08 (-0,84_0,78)	0,05 (-0,79_0,83)	-0,1 (-0,84_0,78)
NGA	0,72 (-0,07_0,96)	0,79* (0,1_0,97)	0,84* (0,24_0,98)	0,86* (0,3_0,98)	0,78* (0,07_0,97)
PREC	0,56 (-0,34_0,92)	0,55 (-0,35_0,92)	0,52 (-0,38_0,92)	0,36 (-0,54_0,88)	0,67 (-0,17_0,95)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração

potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: $p = 0,10$ (*); $p = 0,05$ (**); $p = 0,01$ (***) e $p < 0,001$ (****).

Tabela 6. Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
ARM	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)
ARM75	0,64 (-0,24 _ 0,94)	0,64 (-0,24 _ 0,94)	0,86* (0,27 _ 0,98)	0,86* (0,27 _ 0,98)	0,82* (0,15 _ 0,97)
DEF	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,89** (-0,99 _ -0,4)	-0,96*** (-1 _ -0,76)
ETM	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)
ETO	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)
ETR	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,46 (-0,47 _ 0,91)
ETR_ETM	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,89** (0,4 _ 0,99)
NGA	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,82* (0,15 _ 0,97)	0,75 (-0,04 _ 0,96)
PREC	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,68 (-0,18 _ 0,95)
	R1-MF				
ARM	-0,07 (-0,79 _ 0,73)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)
ARM75	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,64 (-0,24 _ 0,94)
DEF	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,89** (-0,99 _ -0,4)	-0,96*** (-1 _ -0,76)
ETM	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)
ETO	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)
ETR	0,68	0,68	0,68	0,54	0,68

	(-0,18 _ 0,95)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,18 _ 0,95)
ETR_ETM	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,89** (0,4 _ 0,99)
NGA	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,32 (-0,59 _ 0,87)
PREC	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,57 (-0,34 _ 0,93)
R1-R3					
ARM	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,79* (0,05 _ 0,97)
ARM75	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,64 (-0,24 _ 0,94)	0,68 (-0,18 _ 0,95)
DEF	-0,86* (-0,98 _ -0,27)	-0,86* (-0,98 _ -0,27)	-0,86* (-0,98 _ -0,27)	-0,79* (-0,97 _ -0,05)	-0,86* (-0,98 _ -0,27)
ETM	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,79* (-0,97 _ -0,05)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)
ETO	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)
ETR	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,43 (-0,5 _ 0,9)	0,50 (-0,43 _ 0,92)
ETR_ETM	0,93** (0,56 _ 0,99)	0,93** (0,56 _ 0,99)	0,93** (0,56 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,93** (0,56 _ 0,99)
NGA	0,86* (0,27 _ 0,98)	0,86* (0,27 _ 0,98)	0,86* (0,27 _ 0,98)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,86* (0,27 _ 0,98)
PREC	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,89** (0,4 _ 0,99)
R3-R6					
ARM	-0,39 (-0,89 _ 0,53)	-0,39 (-0,89 _ 0,53)	-0,39 (-0,89 _ 0,53)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)	-0,39 (-0,89 _ 0,53)
ARM75	0,07 (-0,73 _ 0,79)	0,07 (-0,73 _ 0,79)	0,04 (-0,75 _ 0,78)	0,21 (-0,66 _ 0,84)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)
DEF	-0,93** (-0,99 _ -0,56)	-0,93** (-0,99 _ -0,56)	-0,93** (-0,99 _ -0,56)	-0,86* (-0,98 _ -0,27)	-0,93** (-0,99 _ -0,56)
ETM	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)
ETO	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)
ETR	0,54 (-0,39 _ 0,92)	0,54 (-0,39 _ 0,92)	0,54 (-0,39 _ 0,92)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,54 (-0,39 _ 0,92)
ETR_ETM	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,89** (0,4 _ 0,99)
NGA	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,46 (-0,47 _ 0,91)
PREC	0,68	0,68	0,68	0,57	0,68

	(-0,18 _ 0,95)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,18 _ 0,95)
	SE-R1				
ARM	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,36 (-0,56 _ 0,88)
ARM75	0,61 (-0,3 _ 0,94)	0,71 (-0,11 _ 0,96)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,43 (-0,5 _ 0,9)	0,54 (-0,39 _ 0,92)
DEF	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,64 (-0,94 _ 0,24)	-0,57 (-0,93 _ 0,34)
ETM	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,64 (-0,94 _ 0,24)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)
ETO	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,82* (-0,97 _ -0,15)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)
ETR	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)
ETR_ETM	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,43 (-0,5 _ 0,9)	0,39 (-0,53 _ 0,89)
NGA	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,75 (-0,04 _ 0,96)
PREC	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,14 (-0,7 _ 0,82)	0,29 (-0,61 _ 0,86)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 7 - Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos Neutros. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
ARM	-0,09 (-0,97 _ 0,95)	0,12 (-0,85 _ 0,91)	-0,07 (-0,97 _ 0,96)	0,53 (-0,49 _ 0,94)	0,07 (-0,87 _ 0,90)
ARM75	0,67 (-0,82 _ 0,99)	0,98** (0,75 _ 1)	0,86 (-0,59 _ 1)	0,87 (-0,05 _ 0,99)	0,96** (0,5 _ 1)

DEF	0,61 (-0,85 _ 0,99)	-0,46 (-0,95 _ 0,71)	-0,06 (-0,97 _ 0,96)	-0,37 (-0,91 _ 0,63)	-0,24 (-0,93 _ 0,81)
ETM	0,85 (-0,62 _ 1)	-0,57 (-0,97 _ 0,63)	0,58 (-0,86 _ 0,99)	-0,67 (-0,96 _ 0,31)	-0,48 (-0,96 _ 0,7)
ETO	0,05 (-0,96 _ 0,96)	-0,74 (-0,98 _ 0,4)	-0,40 (-0,98 _ 0,91)	-0,88* (-0,99 _ -0,22)	-0,62 (-0,97 _ 0,57)
ETR	-0,31 (-0,98 _ 0,93)	-0,89 (-1 _ 0,48)	0,47 (-0,9 _ 0,99)	-0,38 (-0,91 _ 0,62)	-0,29 (-0,93 _ 0,8)
ETR_ETM	-0,90 (0 _ 0)	-0,10 (-0,97 _ 0,95)	-0,98 (0 _ 0)	-0,80 (-0,99 _ 0,29)	-0,87 (-1 _ 0,54)
NGA	-0,83 (-1 _ 0,65)	0,41 (-0,74 _ 0,95)	-0,45 (-0,98 _ 0,9)	0,68 (-0,3 _ 0,96)	0,29 (-0,8 _ 0,93)
PREC	0,40 (-0,91 _ 0,98)	0,43 (-0,73 _ 0,95)	0,73 (-0,78 _ 0,99)	0,68 (-0,29 _ 0,96)	0,30 (-0,79 _ 0,94)
10A_30D					
ARM	0,55 (-0,87 _ 0,99)	-0,29 (-0,93 _ 0,8)	-0,10 (-0,97 _ 0,95)	0,42 (-0,6 _ 0,92)	-0,09 (-0,9 _ 0,86)
ARM75	0,65 (-0,83 _ 0,99)	0,82 (-0,23 _ 0,99)	0,60 (-0,85 _ 0,99)	0,83* (0,05 _ 0,98)	0,89* (0,02 _ 0,99)
DEF	0,56 (-0,87 _ 0,99)	-0,70 (-0,98 _ 0,47)	-0,10 (-0,97 _ 0,95)	-0,26 (-0,88 _ 0,7)	-0,59 (-0,97 _ 0,61)
ETM	0,96* (0,04 _ 1)	-0,40 (-0,95 _ 0,75)	0,87 (-0,55 _ 1)	-0,27 (-0,89 _ 0,7)	-0,35 (-0,94 _ 0,77)
ETO	0,96* (0,04 _ 1)	-0,38 (-0,94 _ 0,76)	0,87 (-0,55 _ 1)	-0,25 (-0,88 _ 0,7)	-0,33 (-0,94 _ 0,78)
ETR	0,21 (0 _ 0)	0,47 (-0,9 _ 0,99)	0*** (0 _ 0)	-0,21 (-0,97 _ 0,94)	0,97 (0 _ 0)
ETR_ETM	-0,32 (-0,98 _ 0,93)	0,64 (-0,55 _ 0,97)	0,28 (-0,93 _ 0,98)	0,15 (-0,75 _ 0,86)	0,54 (-0,66 _ 0,96)
NGA	-0,91 (-1 _ 0,42)	0,50 (-0,68 _ 0,96)	-0,78 (-1 _ 0,73)	0,39 (-0,61 _ 0,91)	0,48 (-0,7 _ 0,96)
PREC	0,02 (-0,96 _ 0,96)	0,45 (-0,71 _ 0,95)	0,71 (-0,79 _ 0,99)	0,41 (-0,6 _ 0,92)	0,34 (-0,77 _ 0,94)
30D_PE					
ARM	-0,20 (-0,97 _ 0,94)	-0,27 (-0,93 _ 0,8)	0,49 (-0,89 _ 0,99)	-0,32 (-0,9 _ 0,66)	-0,34 (-0,94 _ 0,77)
ARM75	0,84 (-0,63 _ 1)	0,84 (-0,15 _ 0,99)	0,75 (-0,75 _ 0,99)	0,82* (0,02 _ 0,98)	0,67 (-0,51 _ 0,98)
DEF	0,53 (-0,88 _ 0,99)	0,22 (-0,82 _ 0,92)	-0,24 (-0,98 _ 0,94)	0,33 (-0,66 _ 0,9)	0,40 (-0,75 _ 0,95)
ETM	-0,65 (-0,99 _ 0,83)	-0,06 (-0,9 _ 0,87)	-0,94 (-1 _ 0,21)	-0,57 (-0,95 _ 0,45)	0,01 (-0,88 _ 0,88)
ETO	-0,69 (-0,99 _ 0,81)	-0,16 (-0,91 _ 0,84)	-0,93 (-1 _ 0,26)	-0,60 (-0,95 _ 0,41)	-0,10 (-0,9 _ 0,86)

ETR	-0,91 (-1_0,42)	-0,26 (-0,93_0,81)	-0,39 (-0,98_0,91)	-0,69 (-0,96_0,28)	-0,40 (-0,95_0,74)
ETR_ETM	-0,29 (-0,98_0,93)	-0,09 (-0,9_0,86)	0,50 (-0,89_0,99)	-0,41 (-0,92_0,6)	-0,26 (-0,93_0,81)
NGA	0,16 (-0,95_0,97)	-0,43 (-0,95_0,73)	0,57 (-0,87_0,99)	0,43 (-0,58_0,92)	-0,54 (-0,96_0,66)
PREC	0,39 (-0,91_0,98)	0,14 (-0,85_0,91)	0,86 (-0,58_1)	0,66 (-0,32_0,96)	0,02 (-0,88_0,89)
PE_MF					
ARM	-0,06 (-0,97_0,96)	0,18 (-0,84_0,92)	-0,34 (-0,98_0,92)	0,54 (-0,48_0,94)	0,16 (-0,84_0,91)
ARM75	0,56 (-0,87_0,99)	0,91 (-0,41_1)	0,96* (-0,03_1)	0,57 (-0,87_0,99)	0,68 (-0,81_0,99)
DEF	0,58 (-0,86_0,99)	-0,65 (-0,97_0,54)	0,14 (-0,95_0,97)	-0,65 (-0,96_0,34)	-0,51 (-0,96_0,67)
ETM	0,90 (-0,47_1)	-0,43 (-0,95_0,73)	0,91 (-0,43_1)	-0,38 (-0,91_0,63)	-0,38 (-0,95_0,76)
ETO	0,90 (-0,47_1)	-0,43 (-0,95_0,73)	0,91 (-0,43_1)	-0,38 (-0,91_0,63)	-0,38 (-0,95_0,76)
ETR	0,55 (-0,87_0,99)	0,28 (-0,8_0,93)	0,94 (-0,18_1)	0,30 (-0,68_0,89)	0,03 (-0,87_0,89)
ETR_ETM	-0,15 (-0,97_0,95)	0,70 (-0,48_0,98)	0,31 (-0,93_0,98)	0,77 (-0,11_0,97)	0,54 (-0,65_0,96)
NGA	-0,93 (-1_0,27)	0,47 (-0,7_0,96)	-0,72 (-0,99_0,78)	0,57 (-0,44_0,95)	0,39 (-0,75_0,95)
PREC	0,03 (-0,96_0,96)	0,42 (-0,73_0,95)	0,42 (-0,91_0,98)	0,51 (-0,52_0,93)	0,26 (-0,81_0,93)
SE_PE					
ARM	0,03 (-0,96_0,96)	-0,18 (-0,92_0,84)	0,66 (-0,83_0,99)	-0,36 (-0,91_0,64)	-0,21 (-0,92_0,82)
ARM75	0,83 (-0,64_1)	0,75 (-0,39_0,98)	0,76 (-0,75_0,99)	0,78 (-0,09_0,97)	0,58 (-0,62_0,97)
DEF	0,53 (-0,88_0,99)	0,24 (-0,81_0,93)	-0,24 (-0,98_0,94)	0,43 (-0,58_0,92)	0,42 (-0,73_0,95)
ETM	-0,68 (-0,99_0,81)	-0,06 (-0,89_0,87)	-0,96* (-1_0,05)	-0,52 (-0,94_0,5)	0 (-0,88_0,88)
ETO	-0,74 (-0,99_0,77)	-0,14 (-0,91_0,85)	-0,96* (-1_0)	-0,49 (-0,93_0,53)	-0,10 (-0,9_0,86)
ETR	-0,93 (-1_0,29)	-0,28 (-0,93_0,8)	-0,45 (-0,99_0,9)	-0,72 (-0,97_0,22)	-0,42 (-0,95_0,74)
ETR_ETM	-0,30 (-0,98_0,93)	-0,25 (-0,93_0,81)	0,49 (-0,89_0,99)	-0,70 (-0,96_0,25)	-0,39 (-0,95_0,75)
NGA	0,29 (-0,93_0,98)	-0,40 (-0,95_0,75)	0,69 (-0,8_0,99)	0,38 (-0,63_0,91)	-0,49 (-0,96_0,69)

PREC	0,77 (-0,74 _ 0,99)	0,32 (-0,78 _ 0,94)	0,93 (-0,26 _ 1)	0,70 (-0,27 _ 0,96)	0,27 (-0,80 _ 0,93)
------	------------------------	------------------------	---------------------	------------------------	------------------------

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festa + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 8 - Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos Neutros. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,26 (-0,72 _ 0,89)	0,60 (-0,44 _ 0,95)	0,60 (-0,44 _ 0,95)	0,37 (-0,65 _ 0,91)
ARM75	0,94** (0,54 _ 0,99)	1*** (1 _ 1)	0,94** (0,54 _ 0,99)	0,94** (0,54 _ 0,99)	0,94** (0,54 _ 0,99)
DEF	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)	-0,37 (-0,91 _ 0,65)	-0,37 (-0,91 _ 0,65)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)
ETM	-0,49 (-0,93 _ 0,56)	-0,43 (-0,93 _ 0,61)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,43 (-0,93 _ 0,61)
ETO	-0,83* (-0,98 _ -0,02)	-0,71 (-0,97 _ 0,26)	-0,94** (-0,99 _ -0,54)	-0,94** (-0,99 _ -0,54)	-0,71 (-0,97 _ 0,26)
ETR	-0,60 (-0,95 _ 0,44)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,31 (-0,9 _ 0,69)	-0,43 (-0,93 _ 0,61)	-0,60 (-0,95 _ 0,44)
ETR_ETM	-0,37 (-0,91 _ 0,65)	-0,43 (-0,93 _ 0,61)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,60 (-0,95 _ 0,44)
NGA	0,60 (-0,44 _ 0,95)	0,49 (-0,56 _ 0,93)	0,71 (-0,26 _ 0,97)	0,71 (-0,26 _ 0,97)	0,49 (-0,56 _ 0,93)
PREC	0,66 (-0,36 _ 0,96)	0,49 (-0,56 _ 0,93)	0,83* (0,02 _ 0,98)	0,83* (0,02 _ 0,98)	0,49 (-0,56 _ 0,93)
10A_30D					
ARM	0,43 (-0,61 _ 0,93)	0,49 (-0,56 _ 0,93)	0,20 (-0,75 _ 0,88)	0,20 (-0,75 _ 0,88)	0,49 (-0,56 _ 0,93)
ARM75	0,94** (0,54 _ 0,99)	1*** (1 _ 1)	0,89* (0,23 _ 0,99)	0,89* (0,23 _ 0,99)	1*** (1 _ 1)
DEF	-0,37	-0,49	-0,49	-0,54	-0,49

	(-0,91 _ 0,65)	(-0,93 _ 0,56)	(-0,93 _ 0,56)	(-0,94 _ 0,51)	(-0,93 _ 0,56)
ETM	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)
ETO	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)
ETR	0,37 (-0,65 _ 0,91)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,03 (-0,81 _ 0,83)	0,03 (-0,81 _ 0,83)	0,26 (-0,72 _ 0,89)
ETR_ETM	0,37 (-0,65 _ 0,91)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,49 (-0,56 _ 0,93)
NGA	0,20 (-0,75 _ 0,88)	0,31 (-0,69 _ 0,9)	0,26 (-0,72 _ 0,89)	0,26 (-0,72 _ 0,89)	0,31 (-0,69 _ 0,9)
PREC	0,49 (-0,56 _ 0,93)	0,66 (-0,36 _ 0,96)	0,66 (-0,36 _ 0,96)	0,66 (-0,36 _ 0,96)	0,66 (-0,36 _ 0,96)
30D_PE					
ARM	-0,31 (-0,9 _ 0,69)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)
ARM75	0,83* (0,02 _ 0,98)	1*** (1 _ 1)	0,83* (0,02 _ 0,98)	0,83* (0,02 _ 0,98)	0,83* (0,02 _ 0,98)
DEF	0,43 (-0,61 _ 0,93)	0,31 (-0,69 _ 0,9)	0,31 (-0,69 _ 0,9)	0,14 (-0,77 _ 0,86)	0,31 (-0,69 _ 0,9)
ETM	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,49 (-0,93 _ 0,56)	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,49 (-0,93 _ 0,56)
ETO	-0,77 (-0,98 _ 0,14)	-0,71 (-0,97 _ 0,26)	-0,83* (-0,98 _ -0,02)	-0,83* (-0,98 _ -0,02)	-0,71 (-0,97 _ 0,26)
ETR	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,49 (-0,93 _ 0,56)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)
ETR_ETM	-0,43 (-0,93 _ 0,61)	-0,31 (-0,9 _ 0,69)	-0,43 (-0,93 _ 0,61)	-0,37 (-0,91 _ 0,65)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)
NGA	0,26 (-0,72 _ 0,89)	0,14 (-0,77 _ 0,86)	0,37 (-0,65 _ 0,91)	0,37 (-0,65 _ 0,91)	0,14 (-0,77 _ 0,86)
PREC	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,49 (-0,56 _ 0,93)	0,66 (-0,36 _ 0,96)	0,66 (-0,36 _ 0,96)	0,49 (-0,56 _ 0,93)
PE_MF					
ARM	0,66 (-0,36 _ 0,96)	0,43 (-0,61 _ 0,93)	0,60 (-0,44 _ 0,95)	0,60 (-0,44 _ 0,95)	0,43 (-0,61 _ 0,93)
ARM75	0,89* (0,23 _ 0,99)	0,94** (0,54 _ 0,99)	1*** (1 _ 1)	0,94** (0,54 _ 0,99)	0,94** (0,54 _ 0,99)
DEF	-0,31 (-0,9 _ 0,69)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,49 (-0,93 _ 0,56)	-0,49 (-0,93 _ 0,56)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)
ETM	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)
ETO	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)
ETR	0,43	0,60	0,31	0,31	0,09

	(-0,61 _ 0,93)	(-0,44 _ 0,95)	(-0,69 _ 0,9)	(-0,69 _ 0,9)	(-0,79 _ 0,85)
ETR_ETM	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,60 (-0,44 _ 0,95)	0,77 (-0,14 _ 0,98)	0,77 (-0,14 _ 0,98)	0,60 (-0,44 _ 0,95)
NGA	0,49 (-0,56 _ 0,93)	0,43 (-0,61 _ 0,93)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,43 (-0,61 _ 0,93)
PREC	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,37 (-0,65 _ 0,91)	0,71 (-0,26 _ 0,97)	0,71 (-0,26 _ 0,97)	0,37 (-0,65 _ 0,91)
SE_PE					
ARM	-0,37 (-0,91 _ 0,65)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)
ARM75	0,83* (0,02 _ 0,98)	0,94** (0,54 _ 0,99)	0,83* (0,02 _ 0,98)	0,83* (0,02 _ 0,98)	0,83* (0,02 _ 0,98)
DEF	0,60 (-0,44 _ 0,95)	0,31 (-0,69 _ 0,9)	0,31 (-0,69 _ 0,9)	0,31 (-0,69 _ 0,9)	0,54 (-0,51 _ 0,94)
ETM	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,49 (-0,93 _ 0,56)	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,49 (-0,93 _ 0,56)
ETO	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,60 (-0,95 _ 0,44)	-0,77 (-0,98 _ 0,14)	-0,77 (-0,98 _ 0,14)	-0,60 (-0,95 _ 0,44)
ETR	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,49 (-0,93 _ 0,56)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)
ETR_ETM	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,43 (-0,93 _ 0,61)	-0,43 (-0,93 _ 0,61)	-0,37 (-0,91 _ 0,65)	-0,43 (-0,93 _ 0,61)
NGA	0,26 (-0,72 _ 0,89)	0,14 (-0,77 _ 0,86)	0,37 (-0,65 _ 0,91)	0,37 (-0,65 _ 0,91)	0,14 (-0,77 _ 0,86)
PREC	0,77 (-0,14 _ 0,98)	0,71 (-0,26 _ 0,97)	0,83* (0,02 _ 0,98)	0,83* (0,02 _ 0,98)	0,71 (-0,26 _ 0,97)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 9 - Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após o trigo corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos Neutros. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	-0,93 (-1 _ 0,31)	0,17 (-0,84 _ 0,92)	0,02 (-0,83 _ 0,92)	0,26 (-0,81 _ 0,93)	0,71 (-0,24 _ 0,97)
ARM75	-0,54 (-0,99 _ 0,88)	0,36 (-0,76 _ 0,94)	0,42 (-0,74 _ 0,95)	0,32 (-0,78 _ 0,94)	0,35 (-0,64 _ 0,9)
DEF	0,40 (-0,91 _ 0,98)	-0,69 (-0,98 _ 0,5)	-0,44 (-0,95 _ 0,72)	-0,62 (-0,97 _ 0,58)	-0,93 (-0,99 _ -0,48)
ETM	0,52 (-0,88 _ 0,99)	-0,84 (-0,99 _ 0,16)	-0,53 (-0,96 _ 0,66)	-0,53 (-0,96 _ 0,66)	-0,72 (-0,97 _ 0,22)
ETO	0,29 (-0,93 _ 0,98)	-0,27 (-0,98 _ 0,93)	-0,62 (-0,97 _ 0,58)	-0,65 (-0,97 _ 0,54)	-0,20 (-0,92 _ 0,83)
ETR	-0,71 (0 _ 0)	0,06 (0 _ 0)	-0,80 (-1 _ 0,7)	-0,95 * (-1 _ 0,11)	-0,95* (-1 _ -0,42)
ETR_ETM	-0,29 (-0,98 _ 0,93)	0,59 (-0,61 _ 0,97)	0,14 (-0,85 _ 0,91)	0,40 (-0,74 _ 0,95)	0,09 (0,33 _ 0,99)
NGA	-0,35 (-0,98 _ 0,92)	0,05 (-0,96 _ 0,96)	0,58 (-0,61 _ 0,97)	0,68 (-0,51 _ 0,98)	0,35 (-0,77 _ 0,94)
PREC	-0,35 (-0,98 _ 0,92)	-0,03 (-0,89 _ 0,88)	-0,74 (-0,98 _ 0,41)	-0,55 (-0,96 _ 0,65)	0,32 (-0,66 _ 0,9)
R1-MF					
ARM	-0,66 (-0,99 _ 0,82)	-0,24 (-0,93 _ 0,82)	0,18 (-0,84 _ 0,92)	0,29 (-0,8 _ 0,93)	0,70 (-0,27 _ 0,96)
ARM75	-0,45 (-0,99 _ 0,9)	0,40 (-0,74 _ 0,95)	0,29 (-0,8 _ 0,93)	0,42 (-0,74 _ 0,95)	0,44 (-0,58 _ 0,92)
DEF	0,37 (-0,92 _ 0,98)	-0,66 (-0,97 _ 0,54)	0,95 (-0,14 _ 1)	0,56 (-0,87 _ 0,99)	-0,87 (-0,99 _ 0,04)
ETM	0,55 (-0,87 _ 0,99)	-0,85 (-0,99 _ 0,11)	-0,71 (-0,98 _ 0,47)	-0,64 (-0,97 _ 0,56)	-0,74 (-0,97 _ 0,18)
ETO	0,48 (-0,89 _ 0,99)	-0,30 (-0,98 _ 0,93)	-0,77 (-0,98 _ 0,34)	-0,68 (-0,98 _ 0,5)	-0,32 (-0,94 _ 0,78)
ETR	0,07 (0 _ 0)	-0,69 (-0,99 _ 0,81)	0,14 (-0,95 _ 0,97)	0,45 (-0,9 _ 0,98)	-0,78 (-0,98 _ 0,32)
ETR_ETM	-0,34 (-0,98 _ 0,92)	0,53 (-0,66 _ 0,96)	0,55 (-0,64 _ 0,96)	0,7 (-0,47 _ 0,98)	0,90* (0,34 _ 0,99)
NGA	-0,44 (-0,98 _ 0,9)	0,19 (-0,94 _ 0,97)	0,77 (-0,35 _ 0,98)	0,80 (-0,29 _ 0,99)	0,49 (-0,69 _ 0,96)

PREC	-0,17 (-0,97 _ 0,95)	-0,33 (-0,94 _ 0,78)	0,17 (-0,84 _ 0,92)	0,36 (-0,76 _ 0,94)	0,66 (-0,32 _ 0,96)
R1-R3					
ARM	0,61 (-0,85 _ 0,99)	0,43 (-0,73 _ 0,95)	0,08 (-0,86 _ 0,9)	0,15 (-0,84 _ 0,91)	0,63 (-0,37 _ 0,95)
ARM75	0,99** (0,72 _ 1)	0,90* (0,08 _ 0,99)	-0,05 (-0,89 _ 0,87)	0,42 (-0,91 _ 0,98)	0,32 (-0,66 _ 0,9)
DEF	-0,98* (-1 _ -0,25)	-0,69 (-0,98 _ 0,49)	-0,03 (-0,89 _ 0,88)	-0,06 (-0,89 _ 0,87)	-0,04 (-0,82 _ 0,8)
ETM	-0,90 (-1 _ 0,46)	-0,97** (-1 _ -0,61)	-0,64 (-0,97 _ 0,55)	-0,58 (-0,97 _ 0,62)	-0,73 (-0,97 _ 0,21)
ETO	-0,82 (-1 _ 0,66)	-0,88 (-0,99 _ 0,02)	-0,29 (-0,93 _ 0,8)	-0,21 (-0,92 _ 0,83)	-0,65 (-0,96 _ 0,34)
ETR	0,95 (-0,13 _ 1)	0,08 (-0,86 _ 0,9)	-0,24 (-0,93 _ 0,81)	-0,19 (-0,92 _ 0,83)	-0,60 (-0,95 _ 0,41)
ETR_ETM	0,96* (0,01 _ 1)	0,67 (-0,52 _ 0,98)	0,03 (-0,87 _ 0,89)	0,05 (-0,87 _ 0,89)	-0,04 (-0,82 _ 0,8)
NGA	0,95 (-0,13 _ 1)	0,82 (-0,23 _ 0,99)	0,52 (-0,67 _ 0,96)	0,51 (-0,68 _ 0,96)	0,59 (-0,43 _ 0,95)
PREC	0,86 (-0,58 _ 1)	0,46 (-0,71 _ 0,95)	0,35 (-0,77 _ 0,94)	0,28 (-0,8 _ 0,93)	0,18 (-0,74 _ 0,87)
R3-R6					
ARM	-0,80 (-1 _ 0,7)	-0,25 (-0,93 _ 0,81)	0,26 (-0,81 _ 0,93)	0,38 (-0,75 _ 0,95)	0,56 (-0,46 _ 0,94)
ARM75	-0,47 (-0,99 _ 0,9)	-0,02 (-0,89 _ 0,88)	0,51 (-0,68 _ 0,96)	0,50 (-0,69 _ 0,96)	0,20 (-0,73 _ 0,87)
DEF	-0,60 (-0,99 _ 0,85)	-0,92* (-0,99 _ -0,17)	-0,81 (-1 _ 0,68)	-0,53 (-0,99 _ 0,88)	-0,80 (-0,99 _ 0,28)
ETM	-0,13 (-0,97 _ 0,95)	-0,90* (-0,99 _ -0,08)	-0,80 (-0,99 _ 0,27)	-0,66 (-0,97 _ 0,53)	-0,56 (-0,94 _ 0,46)
ETO	-0,17 (-0,97 _ 0,95)	-0,91* (-0,99 _ -0,17)	-0,82 (-0,99 _ 0,23)	-0,67 (-0,98 _ 0,52)	-0,57 (-0,94 _ 0,45)
ETR	-0,66 (0 _ 0)	-0,79 (-1 _ 0,71)	0,04 (-0,96 _ 0,96)	-0,02 (-0,96 _ 0,96)	-0,56 (-0,97 _ 0,64)
ETR_ETM	0,33 (-0,92 _ 0,98)	0,76 (-0,38 _ 0,98)	0,84 (-0,17 _ 0,99)	0,12 (-0,95 _ 0,97)	0,93** (0,47 _ 0,99)
NGA	0,20 (-0,94 _ 0,97)	0,93* (0,29 _ 1)	0,90* (0,1 _ 0,99)	0,87 (-0,06 _ 0,99)	0,68 (-0,3 _ 0,96)
PREC	-0,21 (-0,97 _ 0,94)	-0,24 (-0,93 _ 0,81)	0,01 (-0,88 _ 0,88)	0,20 (-0,83 _ 0,92)	0,67 (-0,32 _ 0,96)
SE-R1					
ARM	0,46 (0 _ 0)	0,19 (-0,74 _ 0,87)	-0,09 (-0,97 _ 0,95)	0,14 (-0,95 _ 0,97)	0,50 (-0,68 _ 0,96)
ARM75	-0,97	0,30	0,39	0,33	0,06

	(0_0)	(-0,68_0,89)	(-0,75_0,95)	(-0,92_0,98)	(-0,79_0,83)
DEF	0,53 (-0,88_0,99)	0,02 (-0,8_0,82)	0,98** (0,76_1)	0,93* (0,24_1)	-0,26 (-0,89_0,7)
ETM	0,17 (-0,95_0,97)	-0,22 (-0,88_0,72)	0,54 (-0,65_0,96)	0,32 (-0,78_0,94)	-0,29 (-0,89_0,68)
ETO	-0,38 (-0,98_0,92)	-0,20 (-0,87_0,73)	0,75 (-0,39_0,98)	0,53 (-0,66_0,96)	-0,46 (-0,93_0,56)
ETR	-0,56 (0_0)	-0,34 (-0,9_0,65)	0,17 (0_0)	-0,83 (0_0)	0,86 (-0,57_1)
ETR_ETM	-0,21 (-0,97_0,94)	0 (-0,81_0,81)	-0,94* (-1_-0,35)	-0,79 (-0,99_0,3)	0,29 (-0,68_0,89)
NGA	-0,10 (-0,97_0,95)	0,26 (-0,7_0,88)	-0,72 (-0,98_0,44)	-0,53 (-0,96_0,66)	0,39 (-0,61_0,91)
PREC	-0,68 (-0,99_0,81)	0,53 (-0,66_0,96)	-0,92 (-1_0,38)	-0,69 (-0,99_0,8)	0,67 (-0,51_0,98)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festa + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 10 - Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após trigo corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos Neutros. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
ARM	0,49 (-0,56_0,93)	0,49 (-0,56_0,93)	0,49 (-0,56_0,93)	0,43 (-0,61_0,93)	0,89 (0,23_0,99)
ARM75	0,20 (-0,75_0,88)	0,66 (-0,36_0,96)	0,66 (-0,36_0,96)	0,60 (-0,44_0,95)	0,49 (-0,56_0,93)
DEF	-0,66 (-0,96_0,36)	-0,49 (-0,93_0,56)	-0,49 (-0,93_0,56)	-0,60 (-0,95_0,44)	-0,83 (-0,98_-0,02)
ETM	-0,54 (-0,94_0,51)	-0,83* (-0,98_-0,02)	-0,83* (-0,98_-0,02)	-0,71 (-0,97_0,26)	-0,49 (-0,93_0,56)
ETO	-0,54 (-0,94_0,51)	-0,83* (-0,98_-0,02)	-0,83* (-0,98_-0,02)	-0,71 (-0,97_0,26)	-0,49 (-0,93_0,56)
ETR	-0,60	-0,77	-0,77	-0,83*	-0,26

	(-0,95_0,44)	(-0,98_0,14)	(-0,98_0,14)	(-0,98_-0,02)	(-0,89_0,72)
ETR_ETM	0,66 (-0,36_0,96)	0,49 (-0,56_0,93)	0,49 (-0,56_0,93)	0,60 (-0,44_0,95)	0,83 (0,02_0,98)
NGA	0,54 (-0,51_0,94)	0,83* (0,02_0,98)	0,83* (0,02_0,98)	0,71 (-0,26_0,97)	0,49 (-0,56_0,93)
PREC	-0,20 (-0,88_0,75)	-0,60 (-0,95_0,44)	-0,60 (-0,95_0,44)	-0,43 (-0,93_0,61)	0,26 (-0,72_0,89)
R1-MF					
ARM	0,26 (-0,72_0,89)	0,03 (-0,81_0,83)	0,03 (-0,81_0,83)	0,09 (-0,79_0,85)	0,77 (-0,14_0,98)
ARM75	0,37 (-0,65_0,91)	0,54 (-0,51_0,94)	0,54 (-0,51_0,94)	0,49 (-0,56_0,93)	0,37 (-0,65_0,91)
DEF	-0,66* (-0,96_0,36)	-0,49 (-0,93_0,56)	-0,49 (-0,93_0,56)	-0,60 (-0,95_0,44)	-0,83* (-0,98_-0,02)
ETM	-0,49 (-0,93_0,56)	-0,77 (-0,98_0,14)	-0,77 (-0,98_0,14)	-0,60 (-0,95_0,44)	-0,60 (-0,95_0,44)
ETO	-0,49 (-0,93_0,56)	-0,77 (-0,98_0,14)	-0,77 (-0,98_0,14)	-0,60 (-0,95_0,44)	-0,60 (-0,95_0,44)
ETR	-0,20 (-0,88_0,75)	-0,26 (-0,89_0,72)	-0,37 (-0,91_0,65)	-0,26 (-0,89_0,72)	-0,26 (-0,89_0,72)
ETR_ETM	0,66 (-0,36_0,96)	0,49 (-0,56_0,93)	0,49 (-0,56_0,93)	0,60 (-0,44_0,95)	0,83* (0,02_0,98)
NGA	0,54 (-0,51_0,94)	0,83* (0,02_0,98)	0,83* (0,02_0,98)	0,71 (-0,26_0,97)	0,49 (-0,56_0,93)
PREC	0,49 (-0,56_0,93)	0,20 (-0,75_0,88)	0,20 (-0,75_0,88)	0,31 (-0,69_0,9)	0,89* (0,23_0,99)
R1-R3					
ARM	0,60 (-0,44_0,95)	0,09 (-0,79_0,85)	0,09 (-0,79_0,85)	0,31 (-0,69_0,9)	0,66 (-0,36_0,96)
ARM75	0,66 (-0,36_0,96)	0,49 (-0,56_0,93)	0,60 (-0,44_0,95)	0,83* (0,02_0,98)	0,09 (-0,79_0,85)
DEF	-0,54 (-0,94_0,51)	-0,54 (-0,94_0,51)	-0,54 (-0,94_0,51)	-0,60 (-0,95_0,44)	0,09 (-0,79_0,85)
ETM	-0,94** (-0,99_-0,54)	-0,71 (-0,97_0,26)	-0,71 (-0,97_0,26)	-0,89* (-0,99_-0,23)	-0,54 (-0,94_0,51)
ETO	-0,83* (-0,98_-0,02)	-0,54 (-0,94_0,51)	-0,54 (-0,94_0,51)	-0,71 (-0,97_0,26)	-0,49 (-0,93_0,56)
ETR	-0,26 (-0,89_0,72)	-0,31 (-0,9_0,69)	-0,31 (-0,9_0,69)	-0,20 (-0,88_0,75)	-0,77 (-0,98_0,14)
ETR_ETM	0,54 (-0,51_0,94)	0,54 (-0,51_0,94)	0,26 (-0,72_0,89)	0,60 (-0,44_0,95)	-0,37 (-0,91_0,65)
NGA	0,83* (0,02_0,98)	0,54 (-0,51_0,94)	0,54 (-0,51_0,94)	0,71 (-0,26_0,97)	0,49 (-0,56_0,93)
PREC	0,77	0,49	0,49	0,66	0,31

	(-0,14 _ 0,98)	(-0,56 _ 0,93)	(-0,56 _ 0,93)	(-0,36 _ 0,96)	(-0,69 _ 0,9)
R3-R6					
ARM	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	0,09 (-0,79 _ 0,85)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	0,49 (-0,56 _ 0,93)
ARM75	0,14 (-0,77 _ 0,86)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,37 (-0,65 _ 0,91)	0,14 (-0,77 _ 0,86)
DEF	-0,94** (-0,99 _ -0,54)	-0,77 (-0,98 _ 0,14)	-0,77 (-0,98 _ 0,14)	-0,83* (-0,98 _ -0,02)	-0,83* (-0,98 _ -0,02)
ETM	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,94** (-0,99 _ -0,54)	-0,94** (-0,99 _ -0,54)	-0,83* (-0,98 _ -0,02)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)
ETO	-0,66 (-0,96 _ 0,36)	-0,94** (-0,99 _ -0,54)	-0,94** (-0,99 _ -0,54)	-0,83* (-0,98 _ -0,02)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)
ETR	-0,26 (-0,89 _ 0,72)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,54 (-0,94 _ 0,51)	-0,49 (-0,93 _ 0,56)	0,09 (-0,79 _ 0,85)
ETR_ETM	0,89* (0,23 _ 0,99)	0,60 (-0,44 _ 0,95)	0,60 (-0,44 _ 0,95)	0,71 (-0,26 _ 0,97)	0,94** (0,54 _ 0,99)
NGA	0,83* (0,02 _ 0,98)	1*** (1 _ 1)	1*** (1 _ 1)	0,94** (0,54 _ 0,99)	0,49 (-0,56 _ 0,93)
PREC	0,26 (-0,72 _ 0,89)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	0,09 (-0,79 _ 0,85)	0,77 (-0,14 _ 0,98)
SE-R1					
ARM	0,26 (-0,72 _ 0,89)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,49 (-0,56 _ 0,93)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)
ARM75	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	0,43 (-0,61 _ 0,93)	0,54 (-0,51 _ 0,94)	0,31 (-0,69 _ 0,9)	0,14 (-0,77 _ 0,86)
DEF	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,09 (-0,85 _ 0,79)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)
ETM	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)
ETO	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,14 (-0,86 _ 0,77)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)
ETR	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,03 (-0,83 _ 0,81)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)	0,09 (-0,79 _ 0,85)
ETR_ETM	0,03 (-0,81 _ 0,83)	0,03 (-0,81 _ 0,83)	0,03 (-0,81 _ 0,83)	0,09 (-0,79 _ 0,85)	0,09 (-0,79 _ 0,85)
NGA	0,14 (-0,77 _ 0,86)	0,20 (-0,75 _ 0,88)	0,20 (-0,75 _ 0,88)	0,26 (-0,72 _ 0,89)	0,14 (-0,77 _ 0,86)
PREC	-0,37 (-0,91 _ 0,65)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,20 (-0,88 _ 0,75)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)	-0,26 (-0,89 _ 0,72)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 11 - Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos Neutros. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	0,38 (-0,75 _ 0,95)	0,14 (-0,85 _ 0,91)	0,57 (-0,45 _ 0,94)	0,29 (-0,79 _ 0,93)	0,40 (-0,61 _ 0,92)
ARM75	0,21 (-0,82 _ 0,92)	0,25 (-0,81 _ 0,93)	0,68 (-0,29 _ 0,96)	0,19 (-0,83 _ 0,92)	0,40 (-0,61 _ 0,91)
DEF	-0,75 (-0,98 _ 0,39)	-0,75 (-0,98 _ 0,39)	-0,79 (-0,98 _ 0,07)	-0,64 (-0,97 _ 0,56)	-0,83* (-0,98 _ -0,06)
ETM	-0,33 (-0,94 _ 0,78)	-0,76 (-0,98 _ 0,36)	-0,90* (-0,99 _ -0,32)	-0,42 (-0,95 _ 0,73)	-0,76 (-0,97 _ 0,14)
ETO	-0,43 (-0,95 _ 0,73)	0,09 (-0,95 _ 0,97)	-0,67 (-0,98 _ 0,52)	-0,54 (-0,96 _ 0,66)	-0,34 (-0,94 _ 0,77)
ETR	-0,95 (-1 _ 0,16)	-0,87 (-1 _ 0,55)	-0,95* (-1 _ 0,08)	-0,96* (-1 _ 0,05)	-0,90* (-0,99 _ -0,1)
ETR_ETM	0,60 (-0,6 _ 0,97)	0,68 (-0,51 _ 0,98)	0,67 (-0,3 _ 0,96)	0,43 (-0,73 _ 0,95)	0,82* (0,02 _ 0,98)
NGA	0,53 (-0,66 _ 0,96)	-0,18 (-0,97 _ 0,94)	0,61 (-0,59 _ 0,97)	0,58 (-0,61 _ 0,97)	0,42 (-0,73 _ 0,95)
PREC	-0,21 (-0,92 _ 0,83)	0,12 (-0,85 _ 0,91)	-0,19 (-0,87 _ 0,73)	-0,44 (-0,95 _ 0,72)	0,12 (-0,76 _ 0,85)
R1-MF					
ARM	0,56 (-0,64 _ 0,97)	-0,16 (-0,91 _ 0,84)	0,32 (-0,67 _ 0,9)	0,39 (-0,75 _ 0,95)	0,27 (-0,69 _ 0,89)
ARM75	0,32 (-0,78 _ 0,94)	0,31 (-0,79 _ 0,94)	0,62 (-0,39 _ 0,95)	0,31 (-0,79 _ 0,94)	0,50 (-0,52 _ 0,93)
DEF	-0,02 (-0,96 _ 0,96)	-0,73 (-0,98 _ 0,44)	-0,62 (-0,97 _ 0,58)	0,52 (-0,88 _ 0,99)	-0,79 (-0,99 _ 0,31)
ETM	-0,45 (-0,95 _ 0,71)	-0,75 (-0,98 _ 0,39)	-0,94** (-0,99 _ -0,56)	-0,56 (-0,97 _ 0,64)	-0,72 (-0,97 _ 0,23)
ETO	-0,50 (-0,96 _ 0,68)	0,29 (-0,93 _ 0,98)	-0,88* (-0,99 _ 0)	-0,62 (-0,97 _ 0,58)	-0,14 (-0,91 _ 0,85)
ETR	0,41 (-0,91 _ 0,98)	-0,65 (-0,99 _ 0,83)	-0,60 (-0,97 _ 0,6)	0,33 (-0,92 _ 0,98)	-0,55 (-0,96 _ 0,65)
ETR_ETM	0,83 (-0,21 _ 0,99)	0,62 (-0,58 _ 0,97)	0,71 (-0,23 _ 0,97)	0,74 (-0,42 _ 0,98)	0,75 (-0,17 _ 0,97)
NGA	0,67 (-0,52 _ 0,98)	-0,24 (-0,98 _ 0,94)	0,80 (-0,28 _ 0,99)	0,74 (-0,42 _ 0,98)	0,40 (-0,75 _ 0,95)

PREC	0,69 (-0,49_0,98)	-0,14 (-0,91_0,85)	0,13 (-0,76_0,85)	0,49 (-0,69_0,96)	0,30 (-0,67_0,89)
R1-R3					
ARM	0,42 (-0,74_0,95)	0,59 (-0,61_0,97)	0,35 (-0,65_0,9)	0,29 (-0,8_0,93)	0,59 (-0,43_0,95)
ARM75	0,12 (-0,85_0,91)	0,96** (0,53_1)	0,94* (0,33_1)	0,17 (-0,84_0,92)	0,69 (-0,27_0,96)
DEF	0,10 (-0,86_0,9)	-0,66 (-0,99_0,83)	-0,23 (-0,88_0,72)	0,01 (-0,88_0,88)	-0,50 (-0,93_0,52)
ETM	-0,43 (-0,95_0,73)	-0,98** (-1_-0,73)	-0,87* (-0,99_-0,21)	-0,57 (-0,97_0,63)	-0,88* (-0,99_-0,25)
ETO	-0,21 (-0,92_0,82)	-0,92* (-0,99_-0,19)	-0,72 (-0,97_0,22)	-0,27 (-0,93_0,8)	-0,77 (-0,97_0,11)
ETR	-0,31 (-0,94_0,79)	0,17 (-0,84_0,92)	-0,51 (-0,93_0,52)	-0,27 (-0,93_0,81)	-0,15 (-0,86_0,75)
ETR_ETM	-0,13 (-0,91_0,85)	0,72 (-0,44_0,98)	0,19 (-0,74_0,87)	-0,02 (-0,89_0,88)	0,44 (-0,58_0,92)
NGA	0,43 (-0,73_0,95)	0,88 (-0,03_0,99)	0,69 (-0,27_0,96)	0,52 (-0,67_0,96)	0,81 (-0,02_0,98)
PREC	0,24 (-0,81_0,93)	0,52 (-0,67_0,96)	0,28 (-0,69_0,89)	0,32 (-0,78_0,94)	0,37 (-0,63_0,91)
R3-R6					
ARM	0,50 (-0,68_0,96)	-0,25 (-0,93_0,81)	0,33 (-0,66_0,9)	0,41 (-0,74_0,95)	0,26 (-0,7_0,89)
ARM75	0,36 (-0,76_0,94)	-0,16 (-0,91_0,84)	0,46 (-0,56_0,93)	0,39 (-0,75_0,95)	0,19 (-0,73_0,87)
DEF	-0,53 (-0,99_0,88)	-0,91* (-0,99_-0,14)	-0,94* (-1_-0,32)	-0,73 (-0,99_0,77)	-0,77 (-0,98_0,36)
ETM	-0,34 (-0,94_0,78)	-0,77 (-0,98_0,36)	-0,94** (-0,99_-0,53)	-0,55 (-0,96_0,65)	-0,68 (-0,96_0,29)
ETO	-0,35 (-0,94_0,77)	-0,79 (-0,99_0,3)	-0,95** (-0,99_-0,59)	-0,56 (-0,97_0,64)	-0,70 (-0,96_0,26)
ETR	0,22 (-0,94_0,98)	-0,81 (-1_0,67)	-0,42 (-0,95_0,73)	0,05 (-0,96_0,96)	-0,90* (-0,99_-0,09)
ETR_ETM	0,95* (0,45_1)	0,80 (-0,27_0,99)	0,79 (-0,29_0,99)	0,56 (-0,87_0,99)	0,75 (-0,16_0,97)
NGA	0,64 (-0,56_0,97)	0,83 (-0,19_0,99)	0,94** (0,51_0,99)	0,78 (-0,32_0,98)	0,75 (-0,15_0,97)
PREC	0,56 (-0,63_0,97)	-0,07 (-0,9_0,87)	0,10 (-0,77_0,84)	0,34 (-0,77_0,94)	0,30 (-0,68_0,89)
SE-R1					
ARM	-0,08 (-0,97_0,95)	0,76 (-0,75_0,99)	0,40 (-0,74_0,95)	0 (-0,96_0,96)	0,85 (-0,14_0,99)
ARM75	-0,17	0,10	0,70	0,45	0,09

	(-0,91_0,84)	(-0,86_0,9)	(-0,47_0,98)	(-0,9_0,99)	(-0,78_0,84)
	0,87	-0,81	-0,22	0,95*	-0,37
DEF	(-0,06_0,99)	(-0,99_0,27)	(-0,88_0,72)	(0,4_1)	(-0,91_0,63)
	0,40	-0,59	-0,29	0,44	-0,56
ETM	(-0,74_0,95)	(-0,97_0,61)	(-0,89_0,68)	(-0,72_0,95)	(-0,94_0,46)
	0,45	-0,87	-0,35	0,55	-0,69
ETO	(-0,71_0,95)	(-0,99_0,07)	(-0,9_0,65)	(-0,64_0,96)	(-0,96_0,28)
	-0,98	0,98*	0,88	-0,94	0,90
ETR	(0_0)	(0,44_1)	(-0,53_1)	(0_0)	(-0,47_1)
	-0,72	0,77	0,17	-0,83	0,44
ETR_ETM	(-0,98_0,44)	(-0,35_0,98)	(-0,74_0,86)	(-0,99_0,21)	(-0,58_0,92)
	-0,59	0,77	0,4	-0,63	0,64
NGA	(-0,97_0,61)	(-0,34_0,98)	(-0,61_0,92)	(-0,97_0,57)	(-0,36_0,96)
	-0,46	0,54	0,53	-0,80	0,59
PREC	(-0,99_0,9)	(-0,66_0,96)	(-0,66_0,96)	(-1_0,7)	(-0,61_0,97)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 12 - Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos Neutros. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
	0,60	0,43	0,60	0,49	0,37
ARM	(-0,44_0,95)	(-0,61_0,93)	(-0,44_0,95)	(-0,56_0,93)	(-0,65_0,91)
	0,31	0,49	0,71	0,37	0,49
ARM75	(-0,69_0,9)	(-0,56_0,93)	(-0,26_0,97)	(-0,65_0,91)	(-0,56_0,93)
	-0,83*	-0,60	-0,43	-0,66	-0,77
DEF	(-0,98_-0,02)	(-0,95_0,44)	(-0,93_0,61)	(-0,96_0,36)	(-0,98_0,14)
	-0,49	-0,71	-0,77	-0,54	-0,60
ETM	(-0,93_0,56)	(-0,97_0,26)	(-0,98_0,14)	(-0,94_0,51)	(-0,95_0,44)
	-0,49	-0,71	-0,77	-0,54	-0,60
ETO	(-0,93_0,56)	(-0,97_0,26)	(-0,98_0,14)	(-0,94_0,51)	(-0,95_0,44)
	-0,37	-0,60	-0,89*	-0,66	-0,49
ETR					

		(-0,91 _ 0,65)	(-0,95 _ 0,44)	(-0,99 _ -0,23)	(-0,96 _ 0,36)	(-0,93 _ 0,56)
	ETR_ETM	0,83*	0,60	0,43	0,66	0,77
		(0,02 _ 0,98)	(-0,44 _ 0,95)	(-0,61 _ 0,93)	(-0,36 _ 0,96)	(-0,14 _ 0,98)
	PREC	0,09	-0,43	-0,54	-0,20	0,03
		(-0,79 _ 0,85)	(-0,93 _ 0,61)	(-0,94 _ 0,51)	(-0,88 _ 0,75)	(-0,81 _ 0,83)
R1-MF						
	ARM	0,49	0,09	0,14	0,26	0,14
		(-0,56 _ 0,93)	(-0,79 _ 0,85)	(-0,77 _ 0,86)	(-0,72 _ 0,89)	(-0,77 _ 0,86)
	ARM75	0,37	0,49	0,43	0,49	0,60
		(-0,65 _ 0,91)	(-0,56 _ 0,93)	(-0,61 _ 0,93)	(-0,56 _ 0,93)	(-0,44 _ 0,95)
	DEF	-0,83*	-0,60	-0,43	-0,66	-0,77
		(-0,98 _ -0,02)	(-0,95 _ 0,44)	(-0,93 _ 0,61)	(-0,96 _ 0,36)	(-0,98 _ 0,14)
	ETM	-0,43	-0,60	-0,83*	-0,49	-0,37
		(-0,93 _ 0,61)	(-0,95 _ 0,44)	(-0,98 _ -0,02)	(-0,93 _ 0,56)	(-0,91 _ 0,65)
	ETO	-0,43	-0,60	-0,83	-0,49	-0,37
		(-0,93 _ 0,61)	(-0,95 _ 0,44)	(-0,98 _ -0,02)	(-0,93 _ 0,56)	(-0,91 _ 0,65)
	ETR	-0,03	-0,09	-0,43	-0,20	0,09
		(-0,83 _ 0,81)	(-0,85 _ 0,79)	(-0,93 _ 0,61)	(-0,88 _ 0,75)	(-0,79 _ 0,85)
	ETR_ETM	0,83*	0,60	0,43*	0,66	0,77
		(0,02 _ 0,98)	(-0,44 _ 0,95)	(-0,61 _ 0,93)	(-0,36 _ 0,96)	(-0,14 _ 0,98)
	NGA	0,49	0,71	0,77	0,54	0,60
		(-0,56 _ 0,93)	(-0,26 _ 0,97)	(-0,14 _ 0,98)	(-0,51 _ 0,94)	(-0,44 _ 0,95)
	PREC	0,71	0,31	0,26	0,49	0,43
		(-0,26 _ 0,97)	(-0,69 _ 0,9)	(-0,72 _ 0,89)	(-0,56 _ 0,93)	(-0,61 _ 0,93)
R1-R3						
	ARM	0,71	0,31	0,14	0,60	0,31
		(-0,26 _ 0,97)	(-0,69 _ 0,9)	(-0,77 _ 0,86)	(-0,44 _ 0,95)	(-0,69 _ 0,9)
	ARM75	0,54	0,60	0,60	0,66	0,54
		(-0,51 _ 0,94)	(-0,44 _ 0,95)	(-0,44 _ 0,95)	(-0,36 _ 0,96)	(-0,51 _ 0,94)
	DEF	-0,31	-0,60	-0,43	-0,54	-0,37
		(-0,9 _ 0,69)	(-0,95 _ 0,44)	(-0,93 _ 0,61)	(-0,94 _ 0,51)	(-0,91 _ 0,65)
	ETM	-0,89*	-0,89*	-0,60	-0,94**	-0,77
		(-0,99 _ -0,23)	(-0,99 _ -0,23)	(-0,95 _ 0,44)	(-0,99 _ -0,54)	(-0,98 _ 0,14)
	ETO	-0,77	-0,71	-0,49	-0,83*	-0,60
		(-0,98 _ 0,14)	(-0,97 _ 0,26)	(-0,93 _ 0,56)	(-0,98 _ -0,02)	(-0,95 _ 0,44)
	ETR	-0,37	-0,20	-0,49	-0,26	-0,09
		(-0,91 _ 0,65)	(-0,88 _ 0,75)	(-0,93 _ 0,56)	(-0,89 _ 0,72)	(-0,85 _ 0,79)
	ETR_ETM	0,03	0,31	0,14	0,54	0,14
		(-0,81 _ 0,83)	(-0,69 _ 0,9)	(-0,77 _ 0,86)	(-0,51 _ 0,94)	(-0,77 _ 0,86)
	NGA	0,77	0,71	0,49	0,83*	0,60
		(-0,14 _ 0,98)	(-0,26 _ 0,97)	(-0,56 _ 0,93)	(0,02 _ 0,98)	(-0,44 _ 0,95)
	PREC	0,66	0,66	0,43	0,77	0,43
		(-0,36 _ 0,96)	(-0,36 _ 0,96)	(-0,61 _ 0,93)	(-0,14 _ 0,98)	(-0,61 _ 0,93)
R3-R6						

	0,03	-0,03	0,09	-0,03	-0,09
ARM	(-0,81_0,83)	(-0,83_0,81)	(-0,79_0,85)	(-0,83_0,81)	(-0,85_0,79)
	0,09	0,37	0,49	0,14	0,26
ARM75	(-0,79_0,85)	(-0,65_0,91)	(-0,56_0,93)	(-0,77_0,86)	(-0,72_0,89)
	-0,89*	-0,83*	-0,83*	-0,94**	-0,49
DEF	(-0,99_-0,23)	(-0,98_-0,02)	(-0,98_-0,02)	(-0,99_-0,54)	(-0,93_0,56)
	-0,43	-0,83*	-0,89*	-0,66	-0,49
ETM	(-0,93_0,61)	(-0,98_-0,02)	(-0,99_-0,23)	(-0,96_0,36)	(-0,93_0,56)
	-0,43	-0,83*	-0,89*	-0,66	-0,49
ETO	(-0,93_0,61)	(-0,98_-0,02)	(-0,99_-0,23)	(-0,96_0,36)	(-0,93_0,56)
	-0,14	-0,49	-0,37	-0,26	-0,60
ETR	(-0,86_0,77)	(-0,93_0,56)	(-0,91_0,65)	(-0,89_0,72)	(-0,95_0,44)
	0,94**	0,71	0,66	0,89*	0,54
ETR_ETM	(0,54_0,99)	(-0,26_0,97)	(-0,36_0,96)	(0,23_0,99)	(-0,51_0,94)
	0,66	0,94**	0,94**	0,83*	0,60
NGA	(-0,36_0,96)	(0,54_0,99)	(0,54_0,99)	(0,02_0,98)	(-0,44_0,95)
	0,54	0,09	0,03	0,26	0,37
PREC	(-0,51_0,94)	(-0,79_0,85)	(-0,81_0,83)	(-0,72_0,89)	(-0,65_0,91)
SE-R1					
	0,14	0,49	0,37	0,26	0,60
ARM	(-0,77_0,86)	(-0,56_0,93)	(-0,65_0,91)	(-0,72_0,89)	(-0,44_0,95)
	-0,09	0,14	0,77	0,20	-0,14
ARM75	(-0,85_0,79)	(-0,77_0,86)	(-0,14_0,98)	(-0,75_0,88)	(-0,86_0,77)
	-0,14	-0,09	0,09	0,09	-0,49
DEF	(-0,86_0,77)	(-0,85_0,79)	(-0,79_0,85)	(-0,79_0,85)	(-0,93_0,56)
	-0,26	-0,26	-0,03	-0,14	-0,71
ETM	(-0,89_0,72)	(-0,89_0,72)	(-0,83_0,81)	(-0,86_0,77)	(-0,97_0,26)
	-0,26	-0,26	0,03	-0,20	-0,66
ETO	(-0,89_0,72)	(-0,89_0,72)	(-0,81_0,83)	(-0,88_0,75)	(-0,96_0,36)
	-0,26	-0,03	0,03	-0,20	0,03
ETR	(-0,89_0,72)	(-0,83_0,81)	(-0,81_0,83)	(-0,88_0,75)	(-0,81_0,83)
	0,14	0,09	-0,09	0,03	0,54
ETR_ETM	(-0,77_0,86)	(-0,79_0,85)	(-0,85_0,79)	(-0,81_0,83)	(-0,51_0,94)
	0,26	0,26	0,03	0,14	0,71
NGA	(-0,72_0,89)	(-0,72_0,89)	(-0,81_0,83)	(-0,77_0,86)	(-0,26_0,97)
	-0,31	-0,26	-0,26	-0,37	0,14
PREC	(-0,9_0,69)	(-0,89_0,72)	(-0,89_0,72)	(-0,91_0,65)	(-0,77_0,86)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 13 - Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
10A_30D					
ARM	0,48 (-0,28 _ 0,87)	0,32 (-0,44 _ 0,81)	0,42 (-0,34 _ 0,85)	0,32 (-0,43 _ 0,81)	0,50 (-0,24 _ 0,87)
ARM75	0,12 (-0,59 _ 0,73)	0,01 (-0,66 _ 0,67)	0,22 (-0,52 _ 0,77)	0,13 (-0,58 _ 0,73)	0,16 (-0,56 _ 0,75)
DEF	-0,68 (-0,95 _ 0,16)	-0,74 (-0,97 _ 0,18)	-0,58 (-0,93 _ 0,31)	-0,66 (-0,94 _ 0,18)	-0,73 (-0,96 _ 0,05)
ETM	-0,82** (-0,96 _ -0,33)	-0,69* (-0,93 _ -0,04)	-0,81** (-0,96 _ -0,31)	-0,79* (-0,95 _ -0,26)	-0,90*** (-0,98 _ -0,6)
ETO	-0,82** (-0,96 _ -0,35)	-0,69* (-0,93 _ -0,05)	-0,81** (-0,96 _ -0,32)	-0,79* (-0,95 _ -0,26)	-0,91*** (-0,98 _ -0,62)
ETR	0,21 (-0,64 _ 0,83)	0,55 (-0,26 _ 0,9)	0,79 (-0,05 _ 0,98)	0,82* (0,01 _ 0,98)	0,13 (-0,69 _ 0,8)
ETR_ETM	0,56 (-0,34 _ 0,92)	0,65 (-0,35 _ 0,96)	0,45 (-0,46 _ 0,9)	0,56 (-0,34 _ 0,92)	0,60 (-0,29 _ 0,93)
NGA	0,82* (0,26 _ 0,97)	0,55 (-0,25 _ 0,9)	0,86** (0,41 _ 0,98)	0,82* (0,29 _ 0,97)	0,87** (0,44 _ 0,98)
PREC	0,71* (0,08 _ 0,93)	0,80** (0,29 _ 0,96)	0,66 (0 _ 0,92)	0,69* (0,05 _ 0,93)	0,72* (0,11 _ 0,94)
30D_PE					
ARM	0,82** (0,35 _ 0,96)	0,84** (0,4 _ 0,97)	0,80* (0,28 _ 0,96)	0,84** (0,4 _ 0,97)	0,87** (0,48 _ 0,97)
ARM75	0,22 (-0,52 _ 0,77)	0,37 (-0,39 _ 0,83)	0,31 (-0,45 _ 0,81)	0,26 (-0,49 _ 0,79)	0,28 (-0,47 _ 0,8)
DEF	-0,15 (-0,74 _ 0,57)	-0,32 (-0,81 _ 0,44)	-0,13 (-0,73 _ 0,59)	-0,22 (-0,77 _ 0,52)	-0,12 (-0,72 _ 0,59)
ETM	-0,15 (-0,74 _ 0,57)	-0,39 (-0,84 _ 0,37)	-0,10 (-0,71 _ 0,61)	-0,13 (-0,73 _ 0,58)	-0,13 (-0,73 _ 0,59)
ETO	0,22 (-0,52 _ 0,77)	-0,04 (-0,69 _ 0,64)	0,31 (-0,45 _ 0,81)	0,28 (-0,47 _ 0,8)	0,27 (-0,48 _ 0,79)
ETR	-0,03 (-0,68 _ 0,65)	-0,15 (-0,74 _ 0,57)	0,01 (-0,66 _ 0,67)	0,06 (-0,63 _ 0,7)	-0,03 (-0,68 _ 0,65)
ETR_ETM	-0,01 (-0,76 _ 0,75)	-0,02 (-0,76 _ 0,74)	-0,11 (-0,8 _ 0,7)	-0,04 (-0,77 _ 0,74)	-0,26 (-0,82 _ 0,54)
NGA	0,52 (-0,39 _ 0,91)	0,72 (-0,07 _ 0,96)	0,40 (-0,51 _ 0,89)	0,40 (-0,51 _ 0,88)	0,58 (-0,31 _ 0,93)

PREC	-0,17 (-0,78 _ 0,61)	0,10 (-0,65 _ 0,75)	-0,29 (-0,83 _ 0,52)	-0,23 (-0,8 _ 0,57)	-0,13 (-0,77 _ 0,63)
CICLO					
ARM	-0,19 (-0,87 _ 0,73)	-0,16 (-0,86 _ 0,75)	-0,12 (-0,85 _ 0,77)	-0,20 (-0,87 _ 0,73)	-0,27 (-0,89 _ 0,69)
ARM75	-0,23 (-0,78 _ 0,51)	-0,19 (-0,76 _ 0,54)	-0,19 (-0,76 _ 0,54)	-0,24 (-0,78 _ 0,51)	-0,14 (-0,74 _ 0,58)
DEF	-0,03 (-0,82 _ 0,8)	-0,59 (-0,95 _ 0,42)	0 (-0,81 _ 0,81)	-0,17 (-0,86 _ 0,74)	0,16 (-0,75 _ 0,86)
ETM	-0,86** (-0,97 _ -0,47)	-0,93*** (-0,99 _ -0,7)	-0,86** (-0,97 _ -0,46)	-0,88** (-0,98 _ -0,53)	-0,90** (-0,98 _ -0,58)
ETO	-0,25 (-0,85 _ 0,62)	-0,47 (-0,9 _ 0,44)	-0,04 (-0,77 _ 0,73)	0,05 (-0,73 _ 0,77)	-0,19 (-0,82 _ 0,66)
ETR	0,44 (-0,31 _ 0,86)	0,51 (-0,24 _ 0,88)	0,14 (-0,63 _ 0,77)	0,21 (-0,58 _ 0,8)	0,39 (-0,37 _ 0,84)
ETR_ETM	0,65 (-0,02 _ 0,92)	0,75* (0,18 _ 0,94)	0,66 (-0,01 _ 0,92)	0,73* (0,12 _ 0,94)	0,62 (-0,08 _ 0,91)
NGA	0,73* (0,04 _ 0,95)	0,86** (0,41 _ 0,98)	0,80* (0,22 _ 0,96)	0,85** (0,36 _ 0,97)	0,70 (-0,01 _ 0,94)
PREC	-0,10 (-0,72 _ 0,6)	0,17 (-0,55 _ 0,75)	-0,23 (-0,78 _ 0,51)	-0,21 (-0,77 _ 0,53)	-0,08 (-0,71 _ 0,62)
PE_MF					
ARM	-0,52 (-0,88 _ 0,21)	-0,41 (-0,84 _ 0,35)	-0,43 (-0,85 _ 0,33)	-0,39 (-0,84 _ 0,37)	-0,62 (-0,91 _ 0,08)
ARM75	-0,39 (-0,84 _ 0,37)	-0,47 (-0,86 _ 0,28)	-0,32 (-0,81 _ 0,44)	-0,34 (-0,82 _ 0,41)	-0,30 (-0,8 _ 0,46)
DEF	-0,16 (-0,86 _ 0,75)	-0,63 (-0,95 _ 0,38)	-0,29 (-0,89 _ 0,68)	-0,50 (-0,93 _ 0,53)	-0,04 (-0,83 _ 0,8)
ETM	-0,79* (-0,95 _ -0,25)	-0,73* (-0,94 _ -0,13)	-0,81** (-0,96 _ -0,31)	-0,81** (-0,96 _ -0,32)	-0,83** (-0,96 _ -0,38)
ETO	-0,79* (-0,95 _ -0,25)	-0,73* (-0,94 _ -0,13)	-0,81** (-0,96 _ -0,31)	-0,81** (-0,96 _ -0,32)	-0,83** (-0,96 _ -0,38)
ETR	0,50 (-0,25 _ 0,87)	0,64 (-0,04 _ 0,92)	0,53 (-0,21 _ 0,88)	0,62 (-0,08 _ 0,91)	0,43 (-0,32 _ 0,85)
ETR_ETM	-0,06 (-0,83 _ 0,79)	0,55 (-0,48 _ 0,94)	0,01 (-0,81 _ 0,82)	0,19 (-0,74 _ 0,87)	-0,24 (-0,88 _ 0,71)
NGA	0,77* (0,23 _ 0,95)	0,83** (0,37 _ 0,96)	0,83** (0,36 _ 0,96)	0,87** (0,49 _ 0,97)	0,81** (0,32 _ 0,96)
PREC	0,38 (-0,45 _ 0,85)	0,59 (-0,19 _ 0,92)	0,29 (-0,52 _ 0,83)	0,36 (-0,47 _ 0,85)	0,42 (-0,4 _ 0,87)
SE_PE					
ARM	0,76* (0,19 _ 0,95)	0,80* (0,28 _ 0,96)	0,71* (0,08 _ 0,93)	0,75* (0,18 _ 0,94)	0,79* (0,27 _ 0,95)
ARM75	0,14	0,30	0,21	0,16	0,19

	(-0,58 _ 0,73)	(-0,46 _ 0,8)	(-0,53 _ 0,77)	(-0,57 _ 0,74)	(-0,54 _ 0,76)
DEF	-0,16	-0,31	-0,14	-0,23	-0,12
	(-0,75 _ 0,56)	(-0,81 _ 0,45)	(-0,74 _ 0,58)	(-0,78 _ 0,51)	(-0,73 _ 0,59)
ETM	-0,08	-0,31	-0,03	-0,06	-0,05
	(-0,71 _ 0,61)	(-0,81 _ 0,45)	(-0,68 _ 0,65)	(-0,7 _ 0,63)	(-0,69 _ 0,64)
ETO	0,29	0,06	0,36	0,34	0,35
	(-0,46 _ 0,8)	(-0,63 _ 0,69)	(-0,4 _ 0,83)	(-0,42 _ 0,82)	(-0,41 _ 0,82)
ETR	-0,34	-0,08	-0,39	-0,41	-0,36
	(-0,84 _ 0,48)	(-0,71 _ 0,62)	(-0,86 _ 0,44)	(-0,86 _ 0,42)	(-0,85 _ 0,46)
ETR_ETM	0,69	0,25	0,58	0,58	0,69
	(-0,12 _ 0,95)	(-0,62 _ 0,84)	(-0,31 _ 0,93)	(-0,31 _ 0,93)	(-0,13 _ 0,95)
NGA	0,36	0,45	0,27	0,27	0,43
	(-0,46 _ 0,85)	(-0,37 _ 0,88)	(-0,54 _ 0,82)	(-0,54 _ 0,82)	(-0,39 _ 0,87)
PREC	-0,10	0,15	-0,22	-0,17	-0,08
	(-0,75 _ 0,65)	(-0,62 _ 0,77)	(-0,8 _ 0,58)	(-0,78 _ 0,61)	(-0,74 _ 0,66)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 14. Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
ARM	0,07 (-0,64 _ 0,71)	0,13 (-0,6 _ 0,74)	0,07 (-0,64 _ 0,71)	0,23 (-0,53 _ 0,79)	-0,03 (-0,69 _ 0,66)
ARM75	-0,20 5 (-0,79 _ 0,51)	-0,23 (-0,79 _ 0,53)	-0,08 (-0,72 _ 0,63)	-0,27 (-0,8 _ 0,5)	-0,12 (-0,74 _ 0,61)
DEF	-0,75* (-0,95 _ -0,15)	-0,85** (-0,97 _ -0,41)	-0,72* (-0,94 _ -0,08)	-0,85** (-0,97 _ -0,41)	-0,67* (-0,93 _ 0,02)
ETM	-0,83** (-0,97 _ -0,36)	-0,88** (-0,98 _ -0,51)	-0,82** (-0,96 _ -0,31)	-0,88** (-0,98 _ -0,51)	-0,82** (-0,96 _ -0,31)
ETO	-0,45 (-0,86 _ 0,33)	-0,63 (-0,92 _ 0,08)	-0,37 (-0,84 _ 0,41)	-0,47 (-0,87 _ 0,31)	-0,37 (-0,84 _ 0,41)
ETR	0,45	0,50	0,42	0,55	0,37

	(-0,33 _ 0,86)	(-0,27 _ 0,88)	(-0,36 _ 0,85)	(-0,2 _ 0,89)	(-0,41 _ 0,84)
ETR_ETM	0,62 (-0,1 _ 0,91)	0,73* (0,11 _ 0,94)	0,60 (-0,13 _ 0,91)	0,70* (0,04 _ 0,93)	0,55 (-0,2 _ 0,89)
NGA	0,82** (0,31 _ 0,96)	0,87** (0,46 _ 0,97)	0,85** (0,41 _ 0,97)	0,88** (0,51 _ 0,98)	0,78* (0,23 _ 0,95)
PREC	-0,10 (-0,73 _ 0,62)	0,10 (-0,62 _ 0,73)	-0,13 (-0,74 _ 0,6)	-0,10 (-0,73 _ 0,62)	-0,13 (-0,74 _ 0,6)
10A_30D					
ARM	0,40 (-0,38 _ 0,85)	0,32 (-0,46 _ 0,82)	0,42 (-0,36 _ 0,85)	0,25 (-0,51 _ 0,79)	0,37 (-0,41 _ 0,84)
ARM75	0,07 (-0,64 _ 0,71)	0,02 (-0,67 _ 0,69)	0,25 (-0,51 _ 0,79)	0,08 (-0,63 _ 0,72)	0,05 (-0,65 _ 0,7)
DEF	-0,78* (-0,95 _ -0,23)	-0,90*** (-0,98 _ -0,57)	-0,80** (-0,96 _ -0,27)	-0,83** (-0,97 _ -0,36)	-0,72* (-0,94 _ -0,08)
ETM	-0,83** (-0,97 _ -0,36)	-0,67* (-0,93 _ 0,02)	-0,85** (-0,97 _ -0,41)	-0,72* (-0,94 _ -0,08)	-0,88** (-0,98 _ -0,51)
ETO	-0,83** (-0,97 _ -0,36)	-0,67* (-0,93 _ 0,02)	-0,85** (-0,97 _ -0,41)	-0,72* (-0,94 _ -0,08)	-0,88** (-0,98 _ -0,51)
ETR	0,50 (-0,27 _ 0,88)	0,67* (-0,02 _ 0,93)	0,47 (-0,31 _ 0,87)	0,63 (-0,08 _ 0,92)	0,40 (-0,38 _ 0,85)
ETR_ETM	0,72* (0,08 _ 0,94)	0,87** (0,46 _ 0,97)	0,75* (0,15 _ 0,95)	0,82** (0,31 _ 0,96)	0,65 (-0,05 _ 0,92)
NGA	0,83** (0,36 _ 0,97)	0,78* (0,23 _ 0,95)	0,92*** (0,63 _ 0,98)	0,85** (0,41 _ 0,97)	0,85** (0,41 _ 0,97)
PREC	0,72* (0,08 _ 0,94)	0,82** (0,31 _ 0,96)	0,78* (0,23 _ 0,95)	0,75* (0,15 _ 0,95)	0,67* (-0,02 _ 0,93)
30D_PE					
ARM	0,78 (0,23 _ 0,95)	0,83** (0,36 _ 0,97)	0,73* (0,11 _ 0,94)	0,83** (0,36 _ 0,97)	0,82** (0,31 _ 0,96)
ARM75	0,10 (-0,62 _ 0,73)	0,30 (-0,47 _ 0,81)	0,30 (-0,47 _ 0,81)	0,15 (-0,59 _ 0,75)	0,20 (-0,55 _ 0,77)
DEF	-0,18 (-0,77 _ 0,56)	-0,37 (-0,84 _ 0,41)	-0,23 (-0,79 _ 0,53)	-0,40 (-0,85 _ 0,38)	-0,05 (-0,7 _ 0,65)
ETM	-0,07 (-0,71 _ 0,64)	-0,33 (-0,82 _ 0,44)	-0,05 (-0,7 _ 0,65)	-0,22 (-0,78 _ 0,54)	0,05 (-0,65 _ 0,7)
ETO	0,27 (-0,5 _ 0,8)	-0,02 (-0,69 _ 0,67)	0,32 (-0,46 _ 0,82)	0,12 (-0,61 _ 0,74)	0,38 (-0,4 _ 0,84)
ETR	-0,02 (-0,69 _ 0,67)	-0,15 (-0,75 _ 0,59)	0,02 (-0,67 _ 0,69)	-0,10 (-0,73 _ 0,62)	0 (-0,68 _ 0,68)
ETR_ETM	-0,22 (-0,78 _ 0,54)	-0,07 (-0,71 _ 0,64)	-0,27 (-0,8 _ 0,5)	-0,13 (-0,74 _ 0,6)	-0,23 (-0,79 _ 0,53)
NGA	0,23 (-0,53 _ 0,79)	0,43 (-0,35 _ 0,86)	0,30 (-0,47 _ 0,81)	0,37 (-0,41 _ 0,84)	0,13 (-0,6 _ 0,74)

PREC	-0,23 (-0,79_0,53)	-0,03 (-0,69_0,66)	-0,25 (-0,79_0,51)	-0,22 (-0,78_0,54)	-0,28 (-0,81_0,49)
PE_MF					
ARM	-0,37 (-0,84_0,41)	-0,27 (-0,8_0,5)	-0,30 (-0,81_0,47)	-0,23 (-0,79_0,53)	-0,47 (-0,87_0,31)
ARM75	-0,40 (-0,85_0,38)	-0,43 (-0,86_0,35)	-0,28 (-0,81_0,49)	-0,42 (-0,85_0,36)	-0,38 (-0,84_0,4)
DEF	-0,70* (-0,93_-0,04)	-0,77* (-0,95_-0,19)	-0,72* (-0,94_-0,08)	-0,88** (-0,98_-0,51)	-0,65 (-0,92_0,05)
ETM	-0,73* (-0,94_-0,11)	-0,62 (-0,91_0,1)	-0,73* (-0,94_-0,11)	-0,67* (-0,93_0,02)	-0,80** (-0,96_-0,27)
ETO	-0,73* (-0,94_-0,11)	-0,62 (-0,91_0,1)	-0,73* (-0,94_-0,11)	-0,67* (-0,93_0,02)	-0,80** (-0,96_-0,27)
ETR	0,52 (-0,25_0,88)	0,70* (0,04_0,93)	0,50 (-0,27_0,88)	0,67* (-0,02_0,93)	0,42 (-0,36_0,85)
ETR_ETM	0,67* (-0,02_0,93)	0,75* (0,15_0,95)	0,68* (0,01_0,93)	0,85** (0,41_0,97)	0,60 (-0,13_0,91)
NGA	0,68 (0,01_0,93)	0,68 (0,01_0,93)	0,68 (0,01_0,93)	0,75 (0,15_0,95)	0,67 (-0,02_0,93)
PREC	0,50 (-0,27_0,88)	0,63 (-0,08_0,92)	0,55 (-0,2_0,89)	0,58 (-0,16_0,9)	0,52 (-0,25_0,88)
SE_PE					
ARM	0,67* (-0,02_0,93)	0,80** (0,27_0,96)	0,65 (-0,05_0,92)	0,75* (0,15_0,95)	0,70* (0,04_0,93)
ARM75	0,10 (-0,62_0,73)	0,30 (-0,47_0,81)	0,18 (-0,56_0,77)	-0,02 (-0,69_0,67)	0,20 (-0,55_0,77)
DEF	-0,18 (-0,77_0,56)	-0,37 (-0,84_0,41)	-0,18 (-0,77_0,56)	-0,32 (-0,82_0,46)	-0,05 (-0,7_0,65)
ETM	-0,03 (-0,69_0,66)	-0,28 (-0,81_0,49)	-0,03 (-0,69_0,66)	-0,20 (-0,77_0,55)	0,08 (-0,63_0,72)
ETO	0,28 (-0,49_0,81)	0 (-0,68_0,68)	0,30 (-0,47_0,81)	0,13 (-0,6_0,74)	0,40 (-0,38_0,85)
ETR	0,07 (-0,64_0,71)	-0,10 (-0,73_0,62)	0,03 (-0,66_0,69)	0,02 (-0,67_0,69)	0,08 (-0,63_0,72)
ETR_ETM	0,27 (-0,5_0,8)	0,20 (-0,55_0,77)	0,27 (-0,50_0,8)	0,27 (-0,50_0,8)	0,22 (-0,54_0,78)
NGA	0,28 (-0,49_0,81)	0,47 (-0,31_0,87)	0,33 (-0,44_0,82)	0,40 (-0,38_0,85)	0,17 (-0,58_0,76)
PREC	-0,17 (-0,76_0,58)	0,03 (-0,66_0,69)	-0,20 (-0,77_0,55)	-0,17 (-0,76_0,58)	-0,20 (-0,77_0,55)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração

potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: $p = 0,10$ (*); $p = 0,05$ (**); $p = 0,01$ (***) e $p < 0,001$ (****).

Tabela 15 - Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após o trigo corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	0,09 (-0,71 _ 0,79)	0,28 (-0,47 _ 0,8)	0,39 (-0,37 _ 0,84)	0,34 (-0,42 _ 0,82)	0,31 (-0,67 _ 0,9)
ARM75	0,09 (-0,71 _ 0,79)	0,16 (-0,57 _ 0,74)	0,07 (-0,62 _ 0,7)	0,13 (-0,58 _ 0,73)	0,24 (-0,71 _ 0,88)
DEF	0,33 (-0,56 _ 0,87)	0,10 (-0,6 _ 0,72)	0,08 (-0,62 _ 0,7)	0,01 (-0,66 _ 0,67)	0,10 (-0,77 _ 0,84)
ETM	0,08 (-0,71 _ 0,79)	0,67* (0,02 _ 0,92)	0,34 (-0,48 _ 0,84)	0,36 (-0,46 _ 0,85)	0,14 (-0,76 _ 0,85)
ETO	0,21 (-0,65 _ 0,83)	0,45 (-0,37 _ 0,88)	0,44 (-0,31 _ 0,86)	0,40 (-0,36 _ 0,84)	-0,02 (-0,82 _ 0,8)
ETR	-0,40 (-0,89 _ 0,5)	0,63 (-0,05 _ 0,91)	0,61 (-0,09 _ 0,91)	0,66 (0 _ 0,92)	0,01 (-0,81 _ 0,82)
ETR_ETM	-0,43 (-0,89 _ 0,48)	0,01 (-0,66 _ 0,67)	-0,03 (-0,72 _ 0,69)	0,08 (-0,66 _ 0,74)	-0,15 (-0,86 _ 0,75)
NGA	-0,07 (-0,78 _ 0,72)	-0,28 (-0,8 _ 0,47)	-0,29 (-0,8 _ 0,47)	-0,20 (-0,76 _ 0,54)	-0,14 (-0,86 _ 0,76)
PREC	-0,52 (-0,91 _ 0,39)	0,23 (-0,51 _ 0,77)	0,14 (-0,58 _ 0,73)	0,24 (-0,51 _ 0,78)	-0,56 (-0,94 _ 0,47)
R1-MF					
ARM	0,52 (-0,39 _ 0,91)	0,35 (-0,41 _ 0,82)	0,54 (-0,19 _ 0,89)	0,41 (-0,35 _ 0,84)	0,65 (-0,34 _ 0,96)
ARM75	0,45 (-0,46 _ 0,9)	0,06 (-0,63 _ 0,69)	0,07 (-0,63 _ 0,7)	0,05 (-0,63 _ 0,69)	0,76 (-0,13 _ 0,97)
DEF	-0,02 (-0,76 _ 0,75)	-0,09 (-0,71 _ 0,61)	-0,24 (-0,78 _ 0,5)	-0,25 (-0,78 _ 0,5)	-0,18 (-0,87 _ 0,74)
ETM	0,14 (-0,68 _ 0,81)	0,74* (0,15 _ 0,94)	0,61 (-0,08 _ 0,91)	0,64 (-0,05 _ 0,91)	0,33 (-0,66 _ 0,9)
ETO	0,17 (-0,67 _ 0,82)	0,71 (0,08 _ 0,93)	0,57 (-0,15 _ 0,89)	0,60 (-0,11 _ 0,9)	0,28 (-0,69 _ 0,89)
ETR	0,22	0,83**	0,77*	0,80**	0,62

		(-0,64 _ 0,83)	(0,37 _ 0,96)	(0,21 _ 0,95)	(0,3 _ 0,96)	(-0,38 _ 0,95)
ETR_ETM		0,47	0,59	0,67	0,50	0,43
		(-0,55 _ 0,93)	(-0,2 _ 0,91)	(-0,06 _ 0,93)	(-0,41 _ 0,91)	(-0,58 _ 0,92)
NGA		-0,37	-0,64	-0,56	-0,51	-0,46
		(-0,91 _ 0,63)	(-0,93 _ 0,11)	(-0,91 _ 0,24)	(-0,89 _ 0,3)	(-0,96 _ 0,71)
PREC		0,04	0,67*	0,66	0,67*	0,11
		(-0,73 _ 0,77)	(0,02 _ 0,92)	(-0,01 _ 0,92)	(0,02 _ 0,92)	(-0,77 _ 0,84)
R1-R3						
ARM		-0,26	-0,31	-0,17	0,13	0,44
		(-0,88 _ 0,7)	(-0,83 _ 0,51)	(-0,78 _ 0,61)	(-0,59 _ 0,73)	(-0,58 _ 0,92)
ARM75		0,48	0,35	0,33	0,37	0,37
		(-0,42 _ 0,91)	(-0,41 _ 0,82)	(-0,43 _ 0,81)	(-0,39 _ 0,83)	(-0,63 _ 0,91)
DEF		-0,19	-0,27	-0,29	-0,34	-0,32
		(-0,82 _ 0,66)	(-0,79 _ 0,48)	(-0,8 _ 0,46)	(-0,82 _ 0,42)	(-0,9 _ 0,66)
ETM		-0,27	-0,03	-0,04	-0,11	-0,30
		(-0,85 _ 0,61)	(-0,68 _ 0,65)	(-0,69 _ 0,64)	(-0,72 _ 0,6)	(-0,89 _ 0,67)
ETO		-0,10	-0,06	-0,10	-0,15	-0,25
		(-0,79 _ 0,71)	(-0,7 _ 0,63)	(-0,72 _ 0,6)	(-0,74 _ 0,57)	(-0,88 _ 0,71)
ETR		-0,16	0,01	0,09	0,07	0,55
		(-0,81 _ 0,68)	(-0,75 _ 0,76)	(-0,71 _ 0,79)	(-0,72 _ 0,78)	(-0,64 _ 0,96)
ETR_ETM		0,20	0,32	0,33	0,39	0,31
		(-0,65 _ 0,83)	(-0,43 _ 0,81)	(-0,43 _ 0,82)	(-0,37 _ 0,84)	(-0,67 _ 0,9)
EXC		0,28	0,23	0,10	0,25	0,23
		(-0,6 _ 0,85)	(-0,51 _ 0,78)	(-0,6 _ 0,72)	(-0,5 _ 0,78)	(-0,71 _ 0,88)
NGA		0,25	0,12	0,11	0,20	0,25
		(-0,62 _ 0,84)	(-0,59 _ 0,73)	(-0,6 _ 0,72)	(-0,54 _ 0,76)	(-0,7 _ 0,88)
PREC		0,25	0,23	0,20	0,29	0,34
		(-0,62 _ 0,84)	(-0,51 _ 0,78)	(-0,54 _ 0,76)	(-0,46 _ 0,8)	(-0,65 _ 0,9)
R3-R6						
ARM		0,07	0,29	0,33	0,22	0,30
		(-0,72 _ 0,78)	(-0,47 _ 0,8)	(-0,42 _ 0,82)	(-0,52 _ 0,77)	(-0,68 _ 0,89)
ARM75		0,09	0,08	0,12	0,01	0,43
		(-0,71 _ 0,79)	(-0,62 _ 0,71)	(-0,59 _ 0,73)	(-0,66 _ 0,67)	(-0,59 _ 0,92)
DEF		-0,18	-0,20	-0,30	-0,32	-0,30
		(-0,82 _ 0,67)	(-0,76 _ 0,53)	(-0,81 _ 0,45)	(-0,81 _ 0,44)	(-0,89 _ 0,68)
ETM		0,17	0,61	0,54	0,55	0,48
		(-0,67 _ 0,82)	(-0,08 _ 0,91)	(-0,19 _ 0,89)	(-0,18 _ 0,89)	(-0,54 _ 0,93)
ETO		0,21	0,61	0,53	0,54	0,47
		(-0,64 _ 0,83)	(-0,09 _ 0,91)	(-0,2 _ 0,88)	(-0,19 _ 0,89)	(-0,55 _ 0,93)
ETR		0,38	0,74*	0,74*	0,77*	0,76
		(-0,52 _ 0,88)	(0,14 _ 0,94)	(0,14 _ 0,94)	(0,21 _ 0,95)	(-0,14 _ 0,97)
ETR_ETM		0,16	0,39	0,46	0,47	0,54
		(-0,68 _ 0,81)	(-0,37 _ 0,84)	(-0,29 _ 0,86)	(-0,28 _ 0,87)	(-0,48 _ 0,94)
NGA		-0,06	-0,22	-0,11	-0,16	0,01

	(-0,78 _ 0,72)	(-0,77 _ 0,52)	(-0,72 _ 0,6)	(-0,75 _ 0,56)	(-0,81 _ 0,82)
	0,05	0,56	0,61	0,52	0,34
PREC	(-0,73 _ 0,77)	(-0,17 _ 0,89)	(-0,09 _ 0,91)	(-0,22 _ 0,88)	(-0,65 _ 0,9)
SE-R1					
	-0,56	0,24	0,06	0,20	-0,52
ARM	(-0,92 _ 0,33)	(-0,5 _ 0,78)	(-0,63 _ 0,69)	(-0,54 _ 0,76)	(-0,94 _ 0,5)
	-0,20	0,17	0,02	0,17	-0,48
ARM75	(-0,87 _ 0,73)	(-0,56 _ 0,75)	(-0,66 _ 0,67)	(-0,61 _ 0,78)	(-0,93 _ 0,54)
	0,52	0,24	0,38	0,27	0,44
DEF	(-0,39 _ 0,91)	(-0,5 _ 0,78)	(-0,38 _ 0,83)	(-0,48 _ 0,79)	(-0,58 _ 0,92)
	-0,09	-0,28	-0,14	-0,21	-0,26
ETM	(-0,79 _ 0,71)	(-0,8 _ 0,47)	(-0,73 _ 0,58)	(-0,77 _ 0,53)	(-0,89 _ 0,7)
	0,03	-0,32	-0,18	-0,24	-0,31
ETO	(-0,74 _ 0,77)	(-0,81 _ 0,44)	(-0,75 _ 0,55)	(-0,78 _ 0,5)	(-0,9 _ 0,67)
	-0,52	-0,57	-0,48	-0,48	-0,55
ETR	(-0,91 _ 0,39)	(-0,89 _ 0,16)	(-0,87 _ 0,27)	(-0,87 _ 0,27)	(-0,94 _ 0,48)
	-0,65	-0,36	-0,47	-0,36	-0,54
ETR_ETM	(-0,94 _ 0,2)	(-0,83 _ 0,4)	(-0,86 _ 0,28)	(-0,83 _ 0,4)	(-0,94 _ 0,48)
	-0,02	0,21	0,07	0,17	-0,09
NGA	(-0,76 _ 0,74)	(-0,53 _ 0,77)	(-0,62 _ 0,7)	(-0,55 _ 0,75)	(-0,84 _ 0,78)
	-0,66	-0,29	-0,40	-0,28	-0,78
PREC	(-0,94 _ 0,18)	(-0,8 _ 0,46)	(-0,84 _ 0,36)	(-0,79 _ 0,48)	(-0,97 _ 0,09)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: $p = 0,10$ (*); $p = 0,05$ (**); $p = 0,01$ (***) e $p < 0,001$ (****).

Tabela 16 - Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após o trigo corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
	0,33	0,27	0,28	0,10	0,33
ARM	(-0,44 _ 0,82)	(-0,5 _ 0,8)	(-0,49 _ 0,81)	(-0,62 _ 0,73)	(-0,44 _ 0,82)
	0,27	0,15	0	-0,10	0,03
ARM75	(-0,5 _ 0,8)	(-0,59 _ 0,75)	(-0,68 _ 0,68)	(-0,73 _ 0,62)	(-0,66 _ 0,69)

DEF	0,03 (-0,66_0,69)	0,05 (-0,65_0,7)	-0,02 (-0,69_0,67)	-0,07 (-0,71_0,64)	0,15 (-0,59_0,75)
ETM	0,38 (-0,4_0,84)	0,50 (-0,27_0,88)	0,38 (-0,4_0,84)	0,50 (-0,27_0,88)	0,50 (-0,27_0,88)
ETO	0,32 (-0,46_0,82)	0,43 (-0,35_0,86)	0,47 (-0,31_0,87)	0,55 (-0,2_0,89)	0,50 (-0,27_0,88)
ETR	0,20 (-0,55_0,77)	0,25 (-0,51_0,79)	0,45 (-0,33_0,86)	0,48 (-0,29_0,87)	0,42 (-0,36_0,85)
ETR_ETM	-0,07 (-0,71_0,64)	-0,18 (-0,77_0,56)	-0,07 (-0,71_0,64)	-0,03 (-0,69_0,66)	-0,23 (-0,79_0,53)
NGA	0 (-0,68_0,68)	-0,12 (-0,74_0,61)	-0,13 (-0,74_0,6)	-0,13 (-0,74_0,6)	-0,18 (-0,77_0,56)
PREC	0,03 (-0,66_0,69)	0 (-0,68_0,68)	-0,02 (-0,69_0,67)	0 (-0,68_0,68)	0,05 (-0,65_0,7)
R1-MF					
ARM	0,32 (-0,46_0,82)	0,27 (-0,5_0,8)	0,40 (-0,38_0,85)	0,20 (-0,55_0,77)	0,43 (-0,35_0,86)
ARM75	0,17 (-0,58_0,76)	0,05 (-0,65_0,7)	0,03 (-0,66_0,69)	-0,12 (-0,74_0,61)	0,08 (-0,63_0,72)
DEF	0,03 (-0,66_0,69)	0,03 (-0,66_0,69)	-0,27 (-0,8_0,5)	-0,22 (-0,78_0,54)	-0,10 (-0,73_0,62)
ETM	0,73* (0,11_0,94)	0,77* (0,19_0,95)	0,52 (-0,25_0,88)	0,55 (-0,2_0,89)	0,67* (-0,02_0,93)
ETO	0,72* (0,08_0,94)	0,78* (0,23_0,95)	0,53 (-0,23_0,89)	0,58 (-0,16_0,9)	0,62 (-0,1_0,91)
ETR	0,55 (-0,2_0,89)	0,63 (-0,08_0,92)	0,58 (-0,16_0,9)	0,65 (-0,05_0,92)	0,60 (-0,13_0,91)
ETR_ETM	0,30 (-0,47_0,81)	0,37 (-0,41_0,84)	0,67* (-0,02_0,93)	0,52 (-0,25_0,88)	0,48 (-0,29_0,87)
NGA	-0,47 (-0,87_0,31)	-0,57 (-0,9_0,18)	-0,35 (-0,83_0,43)	-0,35 (-0,83_0,43)	-0,33 (-0,82_0,44)
PREC	0,60 (-0,13_0,91)	0,55 (-0,2_0,89)	0,53 (-0,23_0,89)	0,43 (-0,35_0,86)	0,52 (-0,25_0,88)
R1-R3					
ARM	0 (-0,68_0,68)	-0,13 (-0,74_0,6)	0,08 (-0,63_0,72)	0,07 (-0,64_0,71)	0,35 (-0,43_0,83)
ARM75	0,50 (-0,27_0,88)	0,42 (-0,36_0,85)	0,33 (-0,44_0,82)	0,33 (-0,44_0,82)	0,45 (-0,33_0,86)
DEF	-0,55 (-0,89_0,2)	-0,40 (-0,85_0,38)	-0,37 (-0,84_0,41)	-0,33 (-0,82_0,44)	-0,48 (-0,87_0,29)
ETM	-0,13 (-0,74_0,6)	0,02 (-0,67_0,69)	-0,12 (-0,74_0,61)	-0,07 (-0,71_0,64)	-0,08 (-0,72_0,63)
ETO	-0,13 (-0,74_0,6)	0,02 (-0,67_0,69)	-0,12 (-0,74_0,61)	-0,07 (-0,71_0,64)	-0,08 (-0,72_0,63)

ETR	0,23 (-0,53 _ 0,79)	0,18 (-0,56 _ 0,77)	0,17 (-0,58 _ 0,76)	0,03 (-0,66 _ 0,69)	0,32 (-0,46 _ 0,82)
ETR_ETM	0,55 (-0,2 _ 0,89)	0,40 (-0,38 _ 0,85)	0,37 (-0,41 _ 0,84)	0,33 (-0,44 _ 0,82)	0,48 (-0,29 _ 0,87)
NGA	0,23 (-0,53 _ 0,79)	0,05 (-0,65 _ 0,7)	0,13 (-0,6 _ 0,74)	0,13 (-0,6 _ 0,74)	0,28 (-0,49 _ 0,81)
PREC	0,33 (-0,44 _ 0,82)	0,13 (-0,6 _ 0,74)	0,07 (-0,64 _ 0,71)	0,10 (-0,62 _ 0,73)	0,42 (-0,36 _ 0,85)
R3-R6					
ARM	0,33 (-0,44 _ 0,82)	0,43 (-0,35 _ 0,86)	0,50 (-0,27 _ 0,88)	0,38 (-0,4 _ 0,84)	0,28 (-0,49 _ 0,81)
ARM75	0,15 (-0,59 _ 0,75)	0,13 (-0,6 _ 0,74)	0,22 (-0,54 _ 0,78)	0,15 (-0,59 _ 0,75)	-0,10 (-0,73 _ 0,62)
DEF	-0,18 (-0,77 _ 0,56)	-0,27 (-0,8 _ 0,5)	-0,52 (-0,88 _ 0,25)	-0,62 (-0,91 _ 0,1)	-0,38 (-0,84 _ 0,4)
ETM	0,67* (-0,02 _ 0,93)	0,68* (0,01 _ 0,93)	0,53 (-0,23 _ 0,89)	0,50 (-0,27 _ 0,88)	0,63 (-0,08 _ 0,92)
ETO	0,63 (-0,08 _ 0,92)	0,63 (-0,08 _ 0,92)	0,47 (-0,31 _ 0,87)	0,42 (-0,36 _ 0,85)	0,62 (-0,1 _ 0,91)
ETR	0,60 (-0,13 _ 0,91)	0,67* (-0,02 _ 0,93)	0,57 (-0,18 _ 0,9)	0,60 (-0,13 _ 0,91)	0,68* (0,01 _ 0,93)
ETR_ETM	0,20 (-0,55 _ 0,77)	0,20 (-0,55 _ 0,77)	0,42 (-0,36 _ 0,85)	0,55 (-0,2 _ 0,89)	0,40 (-0,38 _ 0,85)
NGA	-0,22 (-0,78 _ 0,54)	-0,17 (-0,76 _ 0,58)	0,15 (-0,59 _ 0,75)	0,17 (-0,58 _ 0,76)	0,02 (-0,67 _ 0,69)
PREC	0,27 (-0,50 _ 0,8)	0,43 (-0,35 _ 0,86)	0,50 (-0,27 _ 0,88)	0,48 (-0,29 _ 0,87)	0,38 (-0,4 _ 0,84)
SE-R1					
ARM	0,13 (-0,6 _ 0,74)	0,08 (-0,63 _ 0,72)	0,05 (-0,65 _ 0,7)	0 (-0,68 _ 0,68)	0,08 (-0,63 _ 0,72)
ARM75	0,08 (-0,63 _ 0,72)	0,10 (-0,62 _ 0,73)	-0,12 (-0,74 _ 0,61)	0 (-0,68 _ 0,68)	-0,22 (-0,78 _ 0,54)
DEF	0,33 (-0,44 _ 0,82)	0,35 (-0,43 _ 0,83)	0,53 (-0,23 _ 0,89)	0,50 (-0,27 _ 0,88)	0,50 (-0,27 _ 0,88)
ETM	-0,32 (-0,82 _ 0,46)	-0,30 (-0,81 _ 0,47)	0,12 (-0,61 _ 0,74)	0,08 (-0,63 _ 0,72)	-0,02 (-0,69 _ 0,67)
ETO	-0,37 (-0,84 _ 0,41)	-0,33 (-0,82 _ 0,44)	-0,17 (-0,76 _ 0,58)	-0,08 (-0,72 _ 0,63)	-0,17 (-0,76 _ 0,58)
ETR	-0,73* (-0,94 _ -0,11)	-0,75* (-0,95 _ -0,15)	-0,48 (-0,87 _ 0,29)	-0,45 (-0,86 _ 0,33)	-0,62 (-0,91 _ 0,1)
ETR_ETM	-0,43 (-0,86 _ 0,35)	-0,48 (-0,87 _ 0,29)	-0,53 (-0,89 _ 0,23)	-0,53 (-0,89 _ 0,23)	-0,50 (-0,88 _ 0,27)
NGA	0,37 (-0,41 _ 0,84)	0,37 (-0,41 _ 0,84)	0,02 (-0,67 _ 0,69)	0,10 (-0,62 _ 0,73)	0,05 (-0,65 _ 0,7)

PREC	-0,37 (-0,84_0,41)	-0,37 (-0,84_0,41)	-0,33 (-0,82_0,44)	-0,28 (-0,81_0,49)	-0,28 (-0,81_0,49)
------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 17 - Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	0,10 (-0,71_0,79)	0,07 (-0,72_0,78)	0,32 (-0,57_0,86)	-0,02 (-0,76_0,75)	0,20 (-0,65_0,83)
ARM75	0,03 (-0,74_0,77)	0,04 (-0,74_0,77)	0,11 (-0,7_0,8)	-0,22 (-0,84_0,64)	-0,07 (-0,78_0,72)
DEF	0,31 (-0,58_0,86)	0,35 (-0,55_0,87)	0 (-0,75_0,75)	0,20 (-0,65_0,83)	0,21 (-0,64_0,83)
ETM	0,06 (-0,73_0,78)	0,06 (-0,72_0,78)	-0,25 (-0,85_0,62)	0,10 (-0,71_0,79)	-0,10 (-0,79_0,71)
ETO	0,15 (-0,68_0,81)	0,19 (-0,66_0,82)	-0,08 (-0,79_0,72)	0,29 (-0,59_0,86)	0,09 (-0,71_0,79)
ETR	-0,39 (-0,88_0,51)	-0,43 (-0,89_0,47)	-0,31 (-0,86_0,58)	-0,17 (-0,82_0,67)	-0,39 (-0,88_0,51)
ETR_ETM	-0,42 (-0,89_0,48)	-0,24 (-0,88_0,71)	-0,12 (-0,8_0,7)	-0,15 (-0,86_0,75)	-0,30 (-0,86_0,59)
NGA	-0,07 (-0,78_0,72)	-0,07 (-0,78_0,72)	0,29 (-0,59_0,86)	-0,03 (-0,76_0,74)	0,13 (-0,69_0,8)
PREC	-0,61 (-0,93_0,26)	-0,57 (-0,93_0,32)	-0,21 (-0,83_0,64)	-0,37 (-0,88_0,53)	-0,21 (-0,83_0,65)
R1-MF					
ARM	0,53 (-0,37_0,92)	0,49 (-0,42_0,91)	0,63 (-0,23_0,94)	0,36 (-0,54_0,88)	0,54 (-0,36_0,92)
ARM75	0,45 (-0,46_0,9)	0,40 (-0,51_0,89)	0,40 (-0,51_0,89)	0,07 (-0,72_0,78)	0,21 (-0,65_0,83)
DEF	-0,07	-0,01	-0,27	-0,25	-0,08

	(-0,78 _ 0,72)	(-0,76 _ 0,75)	(-0,85 _ 0,61)	(-0,84 _ 0,62)	(-0,79 _ 0,72)
ETM	0,12 (-0,69 _ 0,8)	0,12 (-0,7 _ 0,8)	-0,13 (-0,8 _ 0,69)	-0,14 (-0,81 _ 0,69)	-0,12 (-0,8 _ 0,7)
ETO	0,15 (-0,68 _ 0,81)	0,15 (-0,68 _ 0,81)	-0,11 (-0,8 _ 0,7)	-0,10 (-0,8 _ 0,7)	-0,08 (-0,79 _ 0,71)
ETR	0,23 (-0,63 _ 0,84)	0,17 (-0,67 _ 0,82)	0,06 (-0,73 _ 0,78)	0,03 (-0,74 _ 0,77)	-0,09 (-0,79 _ 0,71)
ETR_ETM	0,51 (-0,52 _ 0,93)	0,54 (-0,49 _ 0,94)	0,47 (-0,55 _ 0,93)	0,53 (-0,5 _ 0,94)	0,02 (-0,75 _ 0,76)
NGA	-0,48 (-0,93 _ 0,55)	-0,44 (-0,92 _ 0,58)	-0,01 (-0,82 _ 0,81)	-0,06 (-0,83 _ 0,79)	0,02 (-0,81 _ 0,82)
PREC	-0,01 (-0,76 _ 0,75)	-0,01 (-0,76 _ 0,75)	0,27 (-0,61 _ 0,85)	-0,02 (-0,76 _ 0,74)	0,16 (-0,67 _ 0,82)
R1-R3					
ARM	-0,11 (-0,85 _ 0,77)	-0,25 (-0,88 _ 0,7)	-0,10 (-0,84 _ 0,77)	-0,27 (-0,89 _ 0,69)	0,18 (-0,74 _ 0,86)
ARM75	0,48 (-0,43 _ 0,91)	0,45 (-0,46 _ 0,9)	0,64 (-0,22 _ 0,94)	0,29 (-0,6 _ 0,85)	0,49 (-0,42 _ 0,91)
DEF	-0,23 (-0,84 _ 0,63)	-0,15 (-0,81 _ 0,68)	-0,50 (-0,91 _ 0,41)	-0,17 (-0,82 _ 0,67)	-0,71 (-0,97 _ 0,24)
ETM	-0,35 (-0,87 _ 0,55)	-0,28 (-0,85 _ 0,6)	-0,54 (-0,92 _ 0,36)	-0,30 (-0,86 _ 0,59)	-0,52 (-0,91 _ 0,38)
ETO	-0,18 (-0,82 _ 0,66)	-0,11 (-0,8 _ 0,7)	-0,39 (-0,88 _ 0,52)	-0,18 (-0,82 _ 0,66)	-0,37 (-0,88 _ 0,53)
ETR	0,16 (-0,75 _ 0,86)	0,01 (-0,81 _ 0,82)	0,33 (-0,66 _ 0,9)	-0,05 (-0,83 _ 0,8)	0,10 (-0,77 _ 0,84)
ETR_ETM	0,23 (-0,64 _ 0,84)	0,15 (-0,68 _ 0,81)	0,51 (-0,39 _ 0,91)	0,18 (-0,66 _ 0,82)	0,47 (-0,43 _ 0,9)
NGA	0,29 (-0,59 _ 0,86)	0,24 (-0,63 _ 0,84)	0,55 (-0,35 _ 0,92)	0,28 (-0,6 _ 0,85)	0,58 (-0,31 _ 0,93)
PREC	0,23 (-0,63 _ 0,84)	0,17 (-0,67 _ 0,82)	0,44 (-0,46 _ 0,9)	0,28 (-0,6 _ 0,85)	0,70 (-0,12 _ 0,95)
R3-R6					
ARM	0,11 (-0,7 _ 0,8)	0,12 (-0,7 _ 0,8)	-0,23 (-0,84 _ 0,63)	-0,12 (-0,8 _ 0,7)	-0,43 (-0,89 _ 0,48)
ARM75	0,13 (-0,69 _ 0,8)	0,16 (-0,67 _ 0,82)	-0,24 (-0,84 _ 0,62)	-0,11 (-0,8 _ 0,7)	-0,38 (-0,88 _ 0,52)
DEF	-0,21 (-0,83 _ 0,64)	-0,17 (-0,82 _ 0,67)	-0,13 (-0,8 _ 0,69)	-0,42 (-0,89 _ 0,49)	-0,15 (-0,81 _ 0,68)
ETM	0,17 (-0,67 _ 0,82)	0,14 (-0,69 _ 0,81)	0,07 (-0,72 _ 0,78)	-0,13 (-0,8 _ 0,69)	0 (-0,75 _ 0,75)
ETO	0,21 (-0,65 _ 0,83)	0,18 (-0,66 _ 0,82)	0,10 (-0,71 _ 0,79)	-0,09 (-0,79 _ 0,71)	0,04 (-0,73 _ 0,77)
ETR	0,40	0,32	0,21	0,29	0,15

	(-0,51 _ 0,89)	(-0,57 _ 0,87)	(-0,65 _ 0,83)	(-0,59 _ 0,86)	(-0,68 _ 0,81)
ETR_ETM	0,22 (-0,64 _ 0,83)	0,14 (-0,68 _ 0,81)	0,01 (-0,75 _ 0,76)	0,25 (-0,62 _ 0,85)	0,03 (-0,74 _ 0,77)
NGA	-0,01 (-0,76 _ 0,75)	-0,02 (-0,76 _ 0,74)	-0,16 (-0,82 _ 0,67)	0,15 (-0,68 _ 0,81)	-0,11 (-0,8 _ 0,7)
PREC	0,06 (-0,72 _ 0,78)	0,06 (-0,73 _ 0,78)	-0,26 (-0,85 _ 0,61)	-0,04 (-0,77 _ 0,74)	-0,35 (-0,87 _ 0,55)
SE-R1					
ARM	-0,62 (-0,94 _ 0,26)	-0,61 (-0,93 _ 0,27)	-0,31 (-0,86 _ 0,57)	-0,57 (-0,93 _ 0,32)	-0,36 (-0,88 _ 0,54)
ARM75	-0,44 (-0,9 _ 0,47)	-0,42 (-0,89 _ 0,48)	0,03 (-0,8 _ 0,82)	-0,36 (-0,91 _ 0,64)	-0,33 (-0,87 _ 0,57)
DEF	0,55 (-0,34 _ 0,92)	0,56 (-0,34 _ 0,92)	0,30 (-0,59 _ 0,86)	0,59 (-0,29 _ 0,93)	0,43 (-0,48 _ 0,89)
ETM	-0,09 (-0,79 _ 0,71)	-0,07 (-0,78 _ 0,72)	-0,05 (-0,78 _ 0,73)	0,22 (-0,64 _ 0,84)	0,04 (-0,73 _ 0,77)
ETO	0,01 (-0,75 _ 0,76)	0,04 (-0,74 _ 0,77)	0,02 (-0,74 _ 0,76)	0,33 (-0,56 _ 0,87)	0,14 (-0,69 _ 0,81)
ETR	-0,53 (-0,92 _ 0,37)	-0,51 (-0,91 _ 0,39)	-0,29 (-0,86 _ 0,59)	-0,16 (-0,82 _ 0,67)	-0,20 5 (-0,84 _ 0,62)
ETR_ETM	-0,68 (-0,95 _ 0,15)	-0,68 (-0,95 _ 0,15)	-0,36 (-0,88 _ 0,54)	-0,61 (-0,93 _ 0,27)	-0,46 (-0,9 _ 0,45)
NGA	-0,07 (-0,78 _ 0,72)	-0,04 (-0,77 _ 0,73)	0,10 (-0,71 _ 0,79)	-0,20 (-0,83 _ 0,65)	-0,05 (-0,77 _ 0,73)
PREC	-0,76* (-0,96 _ -0,01)	-0,71 (-0,95 _ 0,1)	-0,39 (-0,88 _ 0,51)	-0,43 (-0,89 _ 0,47)	-0,33 (-0,87 _ 0,56)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 18 - Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos de La Niña. Passo Fundo, RS – 2022.

	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
ARM	0,43 (-0,35 _ 0,86)	0,32 (-0,46 _ 0,82)	0,57 (-0,18 _ 0,9)	0,20 (-0,55 _ 0,77)	0,40 (-0,38 _ 0,85)
ARM75	0,12 (-0,61 _ 0,74)	0,20 (-0,55 _ 0,77)	0,33 (-0,44 _ 0,82)	-0,12 (-0,74 _ 0,61)	0,08 (-0,63 _ 0,72)
DEF	0,08 (-0,63 _ 0,72)	0,20 (-0,55 _ 0,77)	-0,13 (-0,74 _ 0,6)	-0,02 (-0,69 _ 0,67)	0,12 (-0,61 _ 0,74)
ETM	0,33 (-0,44 _ 0,82)	0,50 (-0,27 _ 0,88)	0,17 (-0,58 _ 0,76)	0,45 (-0,33 _ 0,86)	0,35 (-0,43 _ 0,83)
ETO	0,32 (-0,46 _ 0,82)	0,47 (-0,31 _ 0,87)	0,17 (-0,58 _ 0,76)	0,55 (-0,2 _ 0,89)	0,37 (-0,41 _ 0,84)
ETR	0,22 (-0,54 _ 0,78)	0,17 (-0,58 _ 0,76)	0,38 (-0,4 _ 0,84)	0,50 (-0,27 _ 0,88)	0,32 (-0,46 _ 0,82)
ETR_ETM	-0,12 (-0,74 _ 0,61)	-0,23 (-0,79 _ 0,53)	0,08 (-0,63 _ 0,72)	-0,08 (-0,72 _ 0,63)	-0,15 (-0,75 _ 0,59)
NGA	-0,03 (-0,69 _ 0,66)	-0,18 (-0,77 _ 0,56)	0,12 (-0,61 _ 0,74)	-0,17 (-0,76 _ 0,58)	-0,03 (-0,69 _ 0,66)
PREC	0,03 (-0,66 _ 0,69)	-0,03 (-0,69 _ 0,66)	0,20 (-0,55 _ 0,77)	0 (-0,68 _ 0,68)	0,08 (-0,63 _ 0,72)
	R1-MF				
ARM	0,45 (-0,33 _ 0,86)	0,32 (-0,46 _ 0,82)	0,60 (-0,13 _ 0,91)	0,33 (-0,44 _ 0,82)	0,47 (-0,31 _ 0,87)
ARM75	0,23 (-0,53 _ 0,79)	0,03 (-0,66 _ 0,69)	0,32 (-0,46 _ 0,82)	-0,08 (-0,72 _ 0,63)	0,20 (-0,55 _ 0,77)
DEF	0,03 (-0,66 _ 0,69)	0,15 (-0,59 _ 0,75)	-0,17 (-0,76 _ 0,58)	-0,28 (-0,81 _ 0,49)	-0,10 (-0,73 _ 0,62)
ETM	0,67* (-0,02 _ 0,93)	0,73* (0,11 _ 0,94)	0,57 (-0,18 _ 0,9)	0,48 (-0,29 _ 0,87)	0,60 (-0,13 _ 0,91)
ETO	0,63 (-0,08 _ 0,92)	0,75* (0,15 _ 0,95)	0,50 (-0,27 _ 0,88)	0,50 (-0,27 _ 0,88)	0,55 (-0,2 _ 0,89)
ETR	0,57 (-0,18 _ 0,9)	0,52 (-0,25 _ 0,88)	0,58 (-0,16 _ 0,9)	0,53 (-0,23 _ 0,89)	0,53 (-0,23 _ 0,89)
ETR_ETM	0,43 (-0,35 _ 0,86)	0,30 (-0,47 _ 0,81)	0,62 (-0,1 _ 0,91)	0,65 (-0,05 _ 0,92)	0,48 (-0,29 _ 0,87)
NGA	-0,40	-0,57	-0,23	-0,28	-0,27

	(-0,85 _ 0,38)	(-0,9 _ 0,18)	(-0,79 _ 0,53)	(-0,81 _ 0,49)	(-0,8 _ 0,5)
PREC	0,63	0,55	0,75*	0,47	0,60
	(-0,08 _ 0,92)	(-0,2 _ 0,89)	(0,15 _ 0,95)	(-0,31 _ 0,87)	(-0,13 _ 0,91)
R1-R3					
ARM	0,13	-0,07	0,22	0,20	0,32
	(-0,6 _ 0,74)	(-0,71 _ 0,64)	(-0,54 _ 0,78)	(-0,55 _ 0,77)	(-0,46 _ 0,82)
ARM75	0,52	0,43	0,72*	0,28	0,47
	(-0,25 _ 0,88)	(-0,35 _ 0,86)	(0,08 _ 0,94)	(-0,49 _ 0,81)	(-0,31 _ 0,87)
DEF	-0,57	-0,37	-0,72*	-0,35	-0,60
	(-0,9 _ 0,18)	(-0,84 _ 0,41)	(-0,94 _ -0,08)	(-0,83 _ 0,43)	(-0,91 _ 0,13)
ETM	-0,17	0,05	-0,33	-0,10	-0,22
	(-0,76 _ 0,58)	(-0,65 _ 0,7)	(-0,82 _ 0,44)	(-0,73 _ 0,62)	(-0,78 _ 0,54)
ETO	-0,17	0,05	-0,33	-0,10	-0,22
	(-0,76 _ 0,58)	(-0,65 _ 0,7)	(-0,82 _ 0,44)	(-0,73 _ 0,62)	(-0,78 _ 0,54)
ETR	0,30	0,18	0,38	0,10	0,27
	(-0,47 _ 0,81)	(-0,56 _ 0,77)	(-0,4 _ 0,84)	(-0,62 _ 0,73)	(-0,5 _ 0,8)
ETR_ETM	0,57	0,37	0,72*	0,35	0,60
	(-0,18 _ 0,9)	(-0,41 _ 0,84)	(0,08 _ 0,94)	(-0,43 _ 0,83)	(-0,13 _ 0,91)
NGA	0,28	0,05	0,42	0,18	0,38
	(-0,49 _ 0,81)	(-0,65 _ 0,7)	(-0,36 _ 0,85)	(-0,56 _ 0,77)	(-0,4 _ 0,84)
PREC	0,37	0,13	0,47	0,13	0,47
	(-0,41 _ 0,84)	(-0,6 _ 0,74)	(-0,31 _ 0,87)	(-0,6 _ 0,74)	(-0,31 _ 0,87)
R3-R6					
ARM	0,35	0,47	0,23	0,40	0,23
	(-0,43 _ 0,83)	(-0,31 _ 0,87)	(-0,53 _ 0,79)	(-0,38 _ 0,85)	(-0,53 _ 0,79)
ARM75	-0,08	0,15	-0,12	0,10	-0,20
	(-0,72 _ 0,63)	(-0,59 _ 0,75)	(-0,74 _ 0,61)	(-0,62 _ 0,73)	(-0,77 _ 0,55)
DEF	-0,22	-0,22	-0,18	-0,58	-0,30
	(-0,78 _ 0,54)	(-0,78 _ 0,54)	(-0,77 _ 0,56)	(-0,9 _ 0,16)	(-0,81 _ 0,47)
ETM	0,63	0,63	0,63	0,47	0,58
	(-0,08 _ 0,92)	(-0,08 _ 0,92)	(-0,08 _ 0,92)	(-0,31 _ 0,87)	(-0,16 _ 0,9)
ETO	0,62	0,60	0,62	0,4	0,57
	(-0,1 _ 0,91)	(-0,13 _ 0,91)	(-0,1 _ 0,91)	(-0,38 _ 0,85)	(-0,18 _ 0,9)
ETR	0,53	0,53	0,50	0,60	0,53
	(-0,23 _ 0,89)	(-0,23 _ 0,89)	5 (-0,2 _ 0,89)	(-0,13 _ 0,91)	(-0,23 _ 0,89)
ETR_ETM	0,22	0,15	0,28	0,55	0,20
	(-0,54 _ 0,78)	(-0,59 _ 0,75)	(-0,49 _ 0,81)	(-0,2 _ 0,89)	(-0,55 _ 0,77)
NGA	-0,15	-0,12	-0,20	0,23	-0,05
	(-0,75 _ 0,59)	(-0,74 _ 0,61)	(-0,77 _ 0,55)	(-0,53 _ 0,79)	(-0,70 _ 0,65)
PREC	0,25	0,40	0,17	0,47	0,23
	(-0,51 _ 0,79)	(-0,38 _ 0,85)	(-0,58 _ 0,76)	(-0,31 _ 0,87)	(-0,53 _ 0,79)
SE-R1					
ARM	0,17	0,08	0,33	0,03	0,15
	(-0,58 _ 0,76)	(-0,63 _ 0,72)	(-0,44 _ 0,82)	(-0,66 _ 0,69)	(-0,59 _ 0,75)

ARM75	0,03 (-0,66_0,69)	0,03 (-0,66_0,69)	0,12 (-0,61_0,74)	-0,17 (-0,76_0,58)	-0,15 (-0,75_0,59)
DEF	0,45 (-0,33_0,86)	0,52 (-0,25_0,88)	0,33 (-0,44_0,82)	0,58 (-0,16_0,9)	0,45 (-0,33_0,86)
ETM	-0,18 (-0,77_0,56)	-0,22 (-0,78_0,54)	-0,12 (-0,74_0,61)	0,22 (-0,54_0,78)	-0,03 (-0,69_0,66)
ETO	-0,32 (-0,82_0,46)	-0,27 (-0,8_0,5)	-0,37 (-0,84_0,41)	-0,03 (-0,69_0,66)	-0,20 (-0,77_0,55)
ETR	-0,73* (-0,94_-0,11)	-0,77* (-0,95_-0,19)	-0,60 (-0,91_0,13)	-0,42 (-0,85_0,36)	-0,62 (-0,91_0,1)
ETR_ETM	-0,43 (-0,86_0,35)	-0,55 (-0,89_0,2)	-0,27 (-0,8_0,5)	-0,57 (-0,9_0,18)	-0,45 (-0,86_0,33)
NGA	0,22 (-0,54_0,78)	0,25 (-0,51_0,79)	0,23 (-0,53_0,79)	-0,05 (-0,7_0,65)	0,12 (-0,61_0,74)
PREC	-0,38 (-0,84_0,4)	-0,43 (-0,86_0,35)	-0,20 (-0,77_0,55)	-0,30 (-0,81_0,47)	-0,30 (-0,81_0,47)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 19 - Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos de La El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
ARM	-0,19 (-0,87_0,73)	0,18 (-0,74_0,86)	0,06 (-0,79_0,83)	0,49 (-0,41_0,91)	0,42 (-0,49_0,89)
ARM75	0,52 (-0,51_0,94)	0,53 (-0,49_0,94)	0,43 (-0,58_0,92)	0,68 (-0,16_0,95)	0,49 (-0,41_0,91)
DEF	-0,36 (-0,91_0,64)	0,04 (-0,8_0,83)	-0,45 (-0,92_0,57)	-0,58 (-0,95_0,43)	-0,71 (-0,97_0,24)
ETM	-0,37 (-0,91_0,63)	-0,17 (-0,86_0,75)	-0,47 (-0,93_0,55)	-0,65 (-0,96_0,34)	-0,63 (-0,95_0,37)
ETO	-0,44 (-0,92_0,58)	-0,31 (-0,9_0,67)	-0,46 (-0,93_0,56)	-0,81* (-0,97_-0,15)	-0,82* (-0,97_-0,17)
ETR	-0,25	-0,49	-0,28	-0,50	-0,31

	(-0,88 _ 0,71)	(-0,93 _ 0,54)	(-0,89 _ 0,69)	(-0,93 _ 0,52)	(-0,9 _ 0,67)
ETR_ETM	0,46	0,15	0,53	0,71	0,71
	(-0,56 _ 0,93)	(-0,75 _ 0,86)	(-0,5 _ 0,94)	(-0,24 _ 0,97)	(-0,24 _ 0,97)
NGA	0,64	0,34	0,69	0,85*	0,83*
	(-0,35 _ 0,96)	(-0,65 _ 0,9)	(-0,28 _ 0,96)	(0,11 _ 0,98)	(0,04 _ 0,98)
PREC	0,49	0,08	0,68	0,82*	0,87**
	(-0,54 _ 0,93)	(-0,78 _ 0,84)	(-0,29 _ 0,96)	(0,17 _ 0,97)	(0,36 _ 0,98)
10A_30D					
ARM	0,13	0,28	-0,22	0,42	0,53
	(-0,85 _ 0,91)	(-0,8 _ 0,93)	(-0,92 _ 0,82)	(-0,6 _ 0,92)	(-0,49 _ 0,94)
ARM75	0,77	0,08	0,71	0,71	0,78*
	(-0,1 _ 0,97)	(-0,78 _ 0,84)	(-0,24 _ 0,97)	(-0,09 _ 0,95)	(0,07 _ 0,97)
DEF	-0,57	0,13	-0,70	-0,54	-0,65
	(-0,94 _ 0,45)	(-0,76 _ 0,85)	(-0,96 _ 0,25)	(-0,94 _ 0,48)	(-0,96 _ 0,34)
ETM	-0,95**	-0,49	-0,89*	-0,94**	-0,96**
	(-0,99 _ -0,57)	(-0,93 _ 0,53)	(-0,99 _ -0,27)	(-0,99 _ -0,56)	(-1 _ -0,69)
ETO	-0,94**	-0,47	-0,88*	-0,93**	-0,97**
	(-0,99 _ -0,56)	(-0,93 _ 0,55)	(-0,99 _ -0,26)	(-0,99 _ -0,5)	(-1 _ -0,72)
ETR	-0,20	-0,63	-0,03	-0,26	-0,11
	(-0,87 _ 0,73)	(-0,95 _ 0,37)	(-0,82 _ 0,8)	(-0,88 _ 0,7)	(-0,85 _ 0,77)
ETR_ETM	0,61	-0,08	0,75	0,60	0,70
	(-0,39 _ 0,95)	(-0,84 _ 0,78)	(-0,16 _ 0,97)	(-0,42 _ 0,95)	(-0,25 _ 0,96)
NGA	0,88*	0,25	0,91*	0,79	0,86*
	(0,22 _ 0,99)	(-0,7 _ 0,88)	(0,38 _ 0,99)	(-0,05 _ 0,98)	(0,18 _ 0,99)
PREC	0,62	-0,13	0,73	0,74	0,89**
	(-0,38 _ 0,95)	(-0,85 _ 0,76)	(-0,2 _ 0,97)	(-0,03 _ 0,96)	(0,4 _ 0,98)
30D_PE					
ARM	-0,55	-0,82*	-0,32	-0,46	-0,23
	(-0,94 _ 0,47)	(-0,98 _ -0,01)	(-0,9 _ 0,67)	(-0,93 _ 0,56)	(-0,88 _ 0,72)
ARM75	0,51	0,64	0,47	0,75	0,59
	(-0,52 _ 0,93)	(-0,36 _ 0,96)	(-0,55 _ 0,93)	(0 _ 0,96)	(-0,3 _ 0,93)
DEF	-0,06	-0,26	-0,03	-0,57	-0,53
	(-0,83 _ 0,79)	(-0,88 _ 0,7)	(-0,82 _ 0,8)	(-0,93 _ 0,32)	(-0,92 _ 0,37)
ETM	-0,32	-0,78	-0,30	-0,33	-0,05
	(-0,94 _ 0,79)	(-0,99 _ 0,32)	(-0,93 _ 0,79)	(-0,9 _ 0,66)	(-0,83 _ 0,79)
ETO	-0,46	-0,82	-0,38	-0,47	-0,23
	(-0,96 _ 0,71)	(-0,99 _ 0,23)	(-0,95 _ 0,76)	(-0,93 _ 0,55)	(-0,88 _ 0,71)
ETR	-0,23	0,12	-0,48	0,28	0,45
	(-0,88 _ 0,71)	(-0,77 _ 0,85)	(-0,93 _ 0,55)	(-0,6 _ 0,85)	(-0,46 _ 0,9)
ETR_ETM	0,18	0,27	0,19	0,64	0,57
	(-0,74 _ 0,87)	(-0,7 _ 0,89)	(-0,74 _ 0,87)	(-0,22 _ 0,94)	(-0,32 _ 0,93)
NGA	0,30	0,44	0,36	0,63	0,48
	(-0,68 _ 0,89)	(-0,58 _ 0,92)	(-0,64 _ 0,91)	(-0,23 _ 0,94)	(-0,43 _ 0,9)
PREC	0,01	-0,07	0,31	0,55	0,53

	(-0,81 _ 0,82)	(-0,83 _ 0,79)	(-0,67 _ 0,9)	(-0,35 _ 0,92)	(-0,37 _ 0,92)
	PE_MF				
ARM	0,64 (-0,56 _ 0,97)	0,97** (0,63 _ 1)	0,45 (-0,72 _ 0,95)	0,72 (-0,23 _ 0,97)	0,60 (-0,41 _ 0,95)
ARM75	0,32 (-0,66 _ 0,9)	0,12 (-0,77 _ 0,85)	0 (-0,81 _ 0,81)	0,08 (-0,71 _ 0,79)	0,04 (-0,74 _ 0,77)
DEF	-0,21 (-0,87 _ 0,73)	0,35 (-0,64 _ 0,91)	-0,34 (-0,9 _ 0,65)	-0,21 (-0,87 _ 0,72)	-0,51 (-0,93 _ 0,51)
ETM	-0,28 (-0,89 _ 0,69)	0,07 (-0,79 _ 0,83)	-0,33 (-0,9 _ 0,66)	-0,30 (-0,89 _ 0,67)	-0,51 (-0,93 _ 0,52)
ETO	-0,28 (-0,89 _ 0,69)	0,07 (-0,79 _ 0,83)	-0,33 (-0,9 _ 0,66)	-0,30 (-0,89 _ 0,67)	-0,51 (-0,93 _ 0,52)
ETR	-0,05 (-0,83 _ 0,79)	-0,64 (-0,95 _ 0,36)	0,15 (-0,75 _ 0,86)	-0,08 (-0,84 _ 0,78)	0,14 (-0,76 _ 0,85)
ETR_ETM	0,31 (-0,67 _ 0,9)	-0,31 (-0,9 _ 0,67)	0,46 (-0,57 _ 0,93)	0,38 (-0,63 _ 0,91)	0,67 (-0,31 _ 0,96)
NGA	0,26 (-0,7 _ 0,88)	-0,31 (-0,9 _ 0,67)	0,25 (-0,71 _ 0,88)	0,14 (-0,76 _ 0,85)	0,47 (-0,55 _ 0,93)
PREC	0,72 (-0,22 _ 0,97)	0,07 (-0,79 _ 0,83)	0,79 (-0,06 _ 0,98)	0,84* (0,23 _ 0,98)	0,95** (0,69 _ 0,99)
	SE_PE				
ARM	-0,13 (-0,85 _ 0,76)	-0,53 (-0,94 _ 0,5)	0,15 (-0,75 _ 0,86)	-0,01 (-0,81 _ 0,81)	0,19 (-0,73 _ 0,87)
ARM75	0,57 (-0,45 _ 0,94)	0,67 (-0,3 _ 0,96)	0,55 (-0,48 _ 0,94)	0,79* (0,08 _ 0,97)	0,60 (-0,28 _ 0,93)
DEF	-0,14 (-0,85 _ 0,76)	-0,31 (-0,9 _ 0,67)	-0,08 (-0,84 _ 0,78)	-0,62 (-0,94 _ 0,26)	-0,57 (-0,93 _ 0,32)
ETM	-0,40 (-0,95 _ 0,74)	-0,85 (-0,99 _ 0,12)	-0,35 (-0,94 _ 0,77)	-0,38 (-0,91 _ 0,62)	-0,09 (-0,84 _ 0,78)
ETO	-0,58 (-0,97 _ 0,62)	-0,90* (-0,99 _ -0,09)	-0,46 (-0,95 _ 0,71)	-0,52 (-0,94 _ 0,5)	-0,28 (-0,89 _ 0,69)
ETR	-0,19 (-0,87 _ 0,73)	0,13 (-0,76 _ 0,85)	-0,45 (-0,92 _ 0,57)	0,32 (-0,57 _ 0,86)	-0,39 (-0,91 _ 0,61)
ETR_ETM	0,32 (-0,66 _ 0,9)	0,38 (-0,62 _ 0,91)	0,27 (-0,69 _ 0,89)	0,72 (-0,08 _ 0,95)	0,65 (-0,2 _ 0,94)
NGA	0,36 (-0,64 _ 0,91)	0,49 (-0,54 _ 0,93)	0,41 (-0,61 _ 0,92)	0,66 (-0,18 _ 0,94)	0,50 (-0,41 _ 0,91)
PREC	0,02 (-0,8 _ 0,82)	0,06 (-0,79 _ 0,83)	0,26 (-0,7 _ 0,89)	0,58 (-0,3 _ 0,93)	0,56 (-0,33 _ 0,92)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 20 - Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de milho corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos de La El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,61 (-0,3 _ 0,94)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,43 (-0,5 _ 0,9)	0,43 (-0,5 _ 0,9)
ARM75	0,43 (-0,5 _ 0,9)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,71 (-0,11 _ 0,96)	0,32 (-0,59 _ 0,87)
DEF	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,82* (-0,97 _ -0,15)	-0,82* (-0,97 _ -0,15)
ETM	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,46 (-0,91 _ 0,47)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,82* (-0,97 _ -0,15)	-0,71 (-0,96 _ 0,11)
ETO	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,46 (-0,91 _ 0,47)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,82* (-0,97 _ -0,15)	-0,71 (-0,96 _ 0,11)
ETR	0,18 (-0,68 _ 0,83)	0,25 (-0,64 _ 0,85)	0,14 (-0,7 _ 0,82)	0 (-0,77 _ 0,77)	0,36 (-0,56 _ 0,88)
ETR_ETM	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,82* (0,15 _ 0,97)	0,71 (-0,11 _ 0,96)
NGA	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,86* (0,27 _ 0,98)	0,79* (0,05 _ 0,97)
PREC	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,71 (-0,11 _ 0,96)	0,82* (0,15 _ 0,97)
10A_30D					
ARM	0,71 (-0,11 _ 0,96)	0,71 (-0,11 _ 0,96)	0,64 (-0,24 _ 0,94)	0,54 (-0,39 _ 0,92)	0,71 (-0,11 _ 0,96)
ARM75	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,93** (0,56 _ 0,99)	0,82* (0,15 _ 0,97)	0,93** (0,56 _ 0,99)
DEF	-0,79* (-0,97 _ -0,05)	-0,43 (-0,9 _ 0,5)	-0,89** (-0,99 _ -0,4)	-0,86* (-0,98 _ -0,27)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)
ETM	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,71 (-0,96 _ 0,11)	-1*** (-1 _ -1)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,96*** (-1 _ -0,76)
ETO	-0,89** (-0,99 _ -0,4)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,93** (-0,99 _ -0,56)	-1*** (-1 _ -1)
ETR	0,21 (-0,66 _ 0,84)	-0,04 (-0,78 _ 0,75)	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,29 (-0,61 _ 0,86)
ETR_ETM	0,82* (0,15 _ 0,97)	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,82* (0,15 _ 0,97)
NGA	0,96*** (0,76 _ 1)	0,71 (-0,11 _ 0,96)	1*** (1 _ 1)	0,96*** (0,76 _ 1)	0,96*** (0,76 _ 1)

PREC	0,79*	0,43	0,89**	0,86*	0,96***
	(0,05 _ 0,97)	(-0,5 _ 0,9)	(0,4 _ 0,99)	(0,27 _ 0,98)	(0,76 _ 1)
30D_PE					
ARM	0	-0,07	0,07	0,11	0,21
	(-0,77 _ 0,77)	(-0,79 _ 0,73)	(-0,73 _ 0,79)	(-0,72 _ 0,81)	(-0,66 _ 0,84)
ARM75	0,54	0,57	0,57	0,75	0,50
	(-0,39 _ 0,92)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,04 _ 0,96)	(-0,43 _ 0,92)
DEF	-0,43	-0,54	-0,32	-0,61	-0,43
	(-0,9 _ 0,5)	(-0,92 _ 0,39)	(-0,87 _ 0,59)	(-0,94 _ 0,3)	(-0,9 _ 0,5)
ETM	-0,21	-0,32	-0,25	-0,46	-0,18
	(-0,84 _ 0,66)	(-0,87 _ 0,59)	(-0,85 _ 0,64)	(-0,91 _ 0,47)	(-0,83 _ 0,68)
ETO	-0,21	-0,36	-0,25	-0,43	-0,21
	(-0,84 _ 0,66)	(-0,88 _ 0,56)	(-0,85 _ 0,64)	(-0,9 _ 0,5)	(-0,84 _ 0,66)
ETR	0,29	0,50	0,11	0,04	0,25
	(-0,61 _ 0,86)	(-0,43 _ 0,92)	(-0,72 _ 0,81)	(-0,75 _ 0,78)	(-0,64 _ 0,85)
ETR_ETM	0,43	0,54	0,32	0,61	0,43
	(-0,5 _ 0,9)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,59 _ 0,87)	(-0,3 _ 0,94)	(-0,5 _ 0,9)
NGA	0,21	0,32	0,25	0,46	0,18
	(-0,66 _ 0,84)	(-0,59 _ 0,87)	(-0,64 _ 0,85)	(-0,47 _ 0,91)	(-0,68 _ 0,83)
PREC	0,39	0,21	0,50	0,64	0,54
	(-0,53 _ 0,89)	(-0,66 _ 0,84)	(-0,43 _ 0,92)	(-0,24 _ 0,94)	(-0,39 _ 0,92)
PE_MF					
ARM	0,36	0,64	0,25	0,36	0,18
	(-0,56 _ 0,88)	(-0,24 _ 0,94)	(-0,64 _ 0,85)	(-0,56 _ 0,88)	(-0,68 _ 0,83)
ARM75	-0,07	-0,21	-0,14	0,07	0,11
	(-0,79 _ 0,73)	(-0,84 _ 0,66)	(-0,82 _ 0,7)	(-0,73 _ 0,79)	(-0,72 _ 0,81)
DEF	-0,57	-0,39	-0,46	-0,54	-0,75
	(-0,93 _ 0,34)	(-0,89 _ 0,53)	(-0,91 _ 0,47)	(-0,92 _ 0,39)	(-0,96 _ 0,04)
ETM	-0,43	-0,32	-0,46	-0,39	-0,64
	(-0,9 _ 0,5)	(-0,87 _ 0,59)	(-0,91 _ 0,47)	(-0,89 _ 0,53)	(-0,94 _ 0,24)
ETO	-0,43	-0,32	-0,46	-0,39	-0,64
	(-0,9 _ 0,5)	(-0,87 _ 0,59)	(-0,91 _ 0,47)	(-0,89 _ 0,53)	(-0,94 _ 0,24)
ETR	0,36	0,07	0,43	0,43	0,43
	(-0,56 _ 0,88)	(-0,73 _ 0,79)	(-0,5 _ 0,9)	(-0,5 _ 0,9)	(-0,5 _ 0,9)
ETR_ETM	0,64	0,43	0,61	0,68	0,86*
	(-0,24 _ 0,94)	(-0,5 _ 0,9)	(-0,3 _ 0,94)	(-0,18 _ 0,95)	(0,27 _ 0,98)
EXC	0,75	0,46	0,82*	0,75	0,93**
	(-0,04 _ 0,96)	(-0,47 _ 0,91)	(0,15 _ 0,97)	(-0,04 _ 0,96)	(0,56 _ 0,99)
NGA	0,50	0,32	0,54	0,39	0,68
	(-0,43 _ 0,92)	(-0,59 _ 0,87)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,53 _ 0,89)	(-0,18 _ 0,95)
PREC	0,75	0,46	0,82*	0,75	0,93**
	(-0,04 _ 0,96)	(-0,47 _ 0,91)	(0,15 _ 0,97)	(-0,04 _ 0,96)	(0,56 _ 0,99)
SE_PE					
ARM	0,32	0,14	0,39	0,43	0,50

	(-0,59 _ 0,87)	(-0,7 _ 0,82)	(-0,53 _ 0,89)	(-0,5 _ 0,9)	(-0,43 _ 0,92)
ARM75	0,54	0,57	0,57	0,71	0,50
	(-0,39 _ 0,92)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,11 _ 0,96)	(-0,43 _ 0,92)
DEF	-0,43	-0,54	-0,46	-0,61	-0,43
	(-0,9 _ 0,50)	(-0,92 _ 0,39)	(-0,91 _ 0,47)	(-0,94 _ 0,3)	(-0,9 _ 0,5)
ETM	-0,36	-0,43	-0,39	-0,57	-0,32
	(-0,88 _ 0,56)	(-0,9 _ 0,50)	(-0,89 _ 0,53)	(-0,93 _ 0,34)	(-0,87 _ 0,59)
ETO	-0,36	-0,43	-0,39	-0,57	-0,32
	(-0,88 _ 0,56)	(-0,9 _ 0,5)	(-0,89 _ 0,53)	(-0,93 _ 0,34)	(-0,87 _ 0,59)
ETR	0,29	0,50	0,11	0,04	0,25
	(-0,61 _ 0,86)	(-0,43 _ 0,92)	(-0,72 _ 0,81)	(-0,75 _ 0,78)	(-0,64 _ 0,85)
ETR_ETM	0,43	0,54	0,46	0,61	0,43
	(-0,50 _ 0,90)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,47 _ 0,91)	(-0,3 _ 0,94)	(-0,5 _ 0,9)
NGA	0,36	0,43	0,39	0,57	0,32
	(-0,56 _ 0,88)	(-0,50 _ 0,90)	(-0,53 _ 0,89)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,59 _ 0,87)
PREC	0,43	0,29	0,54	0,68	0,61
	(-0,50 _ 0,90)	(-0,61 _ 0,86)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,30 _ 0,94)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 21 - Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após o trigo corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
ARM	0,24	0,24	0,21	0,16	0,26
	(-0,21 _ 0,6)	(-0,2 _ 0,6)	(-0,23 _ 0,58)	(-0,28 _ 0,55)	(-0,18 _ 0,62)
ARM75	0,30*	0,29*	0,26*	0,31**	0,23**
	(-0,14 _ 0,64)	(-0,15 _ 0,63)	(-0,18 _ 0,61)	(-0,13 _ 0,65)	(-0,22 _ 0,59)
DEF	-0,45*	-0,47*	-0,41*	-0,44	-0,48**
	(-0,73 _ -0,04)	(-0,75 _ -0,06)	(-0,71 _ 0,01)	(-0,72 _ -0,02)	(-0,75 _ -0,08)
ETM	-0,16	-0,19	-0,12	-0,15	-0,07
	(-0,55 _ 0,28)	(-0,56 _ 0,26)	(-0,52 _ 0,32)	(-0,54 _ 0,29)	(-0,47 _ 0,37)
ETO	-0,28	-0,30	-0,25	-0,28	-0,21

		(-0,63 _ 0,16)	(-0,64 _ 0,14)	(-0,61 _ 0,19)	(-0,62 _ 0,16)	(-0,58 _ 0,24)
	ETR	0,35 (-0,08 _ 0,67)	0,33 (-0,11 _ 0,66)	0,32 (-0,12 _ 0,65)	0,32 (-0,11 _ 0,66)	0,48 (0,07 _ 0,75)
	ETR_ETM	0,49* (0,09 _ 0,76)	0,50* (0,1 _ 0,76)	0,43* (0,01 _ 0,72)	0,46* (0,04 _ 0,74)	0,55*** (0,17 _ 0,79)
	NGA	0,35 (-0,08 _ 0,68)	0,38 (-0,05 _ 0,69)	0,31 (-0,13 _ 0,65)	0,35 (-0,09 _ 0,67)	0,30 (-0,14 _ 0,64)
	PREC	0,48 (0,05 _ 0,76)	0,47 (0,03 _ 0,76)	0,44 (-0,01 _ 0,74)	0,44 (0 _ 0,74)	0,61* (0,23 _ 0,83)
R1-MF						
	ARM	0,12 (-0,31 _ 0,52)	0,09 (-0,34 _ 0,49)	0,09 (-0,34 _ 0,5)	0,05 (-0,38 _ 0,46)	0,15 (-0,29 _ 0,54)
	ARM75	0,2 2 (-0,22 _ 0,59)	0,15 (-0,29 _ 0,53)	0,12 (-0,32 _ 0,51)	0,18 (-0,26 _ 0,56)	0,04 (-0,39 _ 0,45)
	DEF	-0,47* (-0,74 _ -0,06)	-0,47* (-0,75 _ -0,05)	-0,51* (-0,77 _ -0,1)	-0,50* (-0,76 _ -0,08)	-0,57*** (-0,8 _ -0,19)
	ETM	0,08 (-0,35 _ 0,49)	0,06 (-0,37 _ 0,47)	0,09 (-0,35 _ 0,49)	0,07 (-0,36 _ 0,48)	0,11 (-0,33 _ 0,51)
	ETO	0,07 (-0,36 _ 0,48)	0,05 (-0,38 _ 0,46)	0,07 (-0,37 _ 0,48)	0,05 (-0,38 _ 0,46)	0,09 (-0,35 _ 0,49)
	ETR	0,55 (0,17 _ 0,79)	0,50 4 (0,15 _ 0,78)	0,52 (0,12 _ 0,77)	0,51 (0,11 _ 0,77)	0,58 (0,21 _ 0,81)
	ETR_ETM	0,59 (0,23 _ 0,81)	0,61* (0,25 _ 0,82)	0,57 (0,19 _ 0,8)	0,54 (0,16 _ 0,78)	0,62* (0,26 _ 0,82)
	NGA	0,05 (-0,39 _ 0,47)	0,04 (-0,4 _ 0,47)	0,08 (-0,36 _ 0,49)	0,08 (-0,37 _ 0,49)	0,10 (-0,35 _ 0,51)
	PREC	0,50 (0,11 _ 0,76)	0,49 (0,08 _ 0,75)	0,43 (0,01 _ 0,72)	0,41 (-0,01 _ 0,71)	0,57 (0,2 _ 0,8)
R1-R3						
	ARM	0,28 (-0,16 _ 0,63)	0,23 (-0,21 _ 0,6)	0,29 (-0,15 _ 0,64)	0,25 (-0,19 _ 0,61)	0,35 (-0,08 _ 0,67)
	ARM75	0,26 (-0,18 _ 0,62)	0,29 (-0,15 _ 0,63)	0,34 (-0,09 _ 0,67)	0,36 (-0,07 _ 0,68)	0,26 (-0,19 _ 0,61)
	DEF	-0,30 (-0,65 _ 0,16)	-0,29* (-0,64 _ 0,16)	-0,31* (-0,66 _ 0,14)	-0,34 (-0,67 _ 0,11)	-0,27* (-0,63 _ 0,18)
	ETM	-0,34 (-0,67 _ 0,09)	-0,34 (-0,67 _ 0,1)	-0,33 (-0,66 _ 0,1)	-0,37 (-0,68 _ 0,06)	-0,32 (-0,65 _ 0,12)
	ETO	-0,31 (-0,65 _ 0,13)	-0,31 (-0,64 _ 0,13)	-0,33 (-0,66 _ 0,11)	-0,35 (-0,68 _ 0,08)	-0,33 (-0,66 _ 0,11)
	ETR	0,13 (-0,32 _ 0,53)	0,13 (-0,32 _ 0,53)	0,18 (-0,28 _ 0,57)	0,15 (-0,3 _ 0,55)	0,03 (-0,14 _ 0,64)
	ETR_ETM	0,46 (0,05 _ 0,74)	0,33* (-0,11 _ 0,67)	0,36* (-0,09 _ 0,68)	0,38 (-0,06 _ 0,7)	0,32* (-0,13 _ 0,66)
	NGA	0,38* (0,05 _ 0,74)	0,38* (-0,11 _ 0,67)	0,36* (-0,09 _ 0,68)	0,40* (-0,06 _ 0,7)	0,38** (-0,13 _ 0,66)

	(-0,05 _ 0,69)	(-0,05 _ 0,69)	(-0,07 _ 0,68)	(-0,03 _ 0,7)	(-0,05 _ 0,69)
PREC	0,39*	0,34*	0,34	0,35	0,36*
	(-0,06 _ 0,7)	(-0,11 _ 0,67)	(-0,11 _ 0,67)	(-0,09 _ 0,68)	(-0,08 _ 0,69)
R3-R6					
ARM	0,13	0,14	0,09	0,08	0,05
	(-0,31 _ 0,52)	(-0,3 _ 0,53)	(-0,34 _ 0,49)	(-0,36 _ 0,48)	(-0,38 _ 0,46)
ARM75	-0,01*	-0,07	-0,05	-0,01	-0,17
	(-0,44 _ 0,42)	(-0,49 _ 0,37)	(-0,47 _ 0,39)	(-0,44 _ 0,42)	(-0,56 _ 0,28)
DEF	-0,53*	-0,57*	-0,52*	-0,53*	-0,56**
	(-0,78 _ -0,14)	(-0,8 _ -0,19)	(-0,77 _ -0,13)	(-0,78 _ -0,14)	(-0,8 _ -0,18)
ETM	0,02	-0,02	0,03	-0,01	0,08
	(-0,4 _ 0,44)	(-0,44 _ 0,41)	(-0,4 _ 0,45)	(-0,43 _ 0,42)	(-0,35 _ 0,49)
ETO	0,02	-0,02	0,03	-0,01	0,08
	(-0,4 _ 0,44)	(-0,44 _ 0,41)	(-0,4 _ 0,44)	(-0,43 _ 0,41)	(-0,35 _ 0,48)
ETR	0,49	0,47	0,47	0,44	0,57
	(0,08 _ 0,75)	(0,05 _ 0,74)	(0,06 _ 0,74)	(0,02 _ 0,73)	(0,19 _ 0,8)
ETR_ETM	0,63	0,65	0,62	0,59	0,60*
	(0,28 _ 0,83)	(0,31 _ 0,84)	(0,26 _ 0,82)	(0,22 _ 0,81)	8 (0,36 _ 0,86)
NGA	0,18	0,20	0,23	0,23	0,18
	(-0,28 _ 0,56)	(-0,25 _ 0,58)	(-0,23 _ 0,6)	(-0,22 _ 0,6)	(-0,28 _ 0,57)
PREC	0,46	0,46	0,43	0,39	0,55
	(0,05 _ 0,74)	(0,04 _ 0,74)	(0,01 _ 0,72)	(-0,04 _ 0,7)	(0,16 _ 0,79)
SE-R1					
ARM	0,33	0,37	0,33	0,24	0,42
	(-0,11 _ 0,67)	(-0,07 _ 0,69)	(-0,12 _ 0,67)	(-0,22 _ 0,61)	(-0,01 _ 0,72)
ARM75	0,23	0,30	0,30	0,08	0,34
	(-0,22 _ 0,6)	(-0,15 _ 0,65)	(-0,15 _ 0,65)	(-0,37 _ 0,51)	(-0,1 _ 0,67)
DEF	-0,18	-0,18	-0,11	-0,10	-0,21
	(-0,56 _ 0,26)	(-0,56 _ 0,26)	(-0,51 _ 0,32)	(-0,5 _ 0,33)	(-0,58 _ 0,23)
ETM	-0,49	-0,50*	-0,42*	-0,44*	-0,36
	(-0,76 _ -0,09)	(-0,76 _ -0,09)	(-0,72 _ 0)	(-0,73 _ -0,03)	(-0,68 _ 0,08)
ETO	-0,53*	-0,53*	-0,48*	-0,50*	-0,44
	(-0,78 _ -0,15)	(-0,78 _ -0,15)	(-0,75 _ -0,07)	(-0,76 _ -0,1)	(-0,73 _ -0,02)
ETR	-0,42	-0,46	-0,28	-0,44	-0,28
	(-0,72 _ 0,01)	(-0,74 _ -0,03)	(-0,64 _ 0,19)	(-0,73 _ -0,01)	(-0,65 _ 0,18)
ETR_ETM	0,13	0,12	0,07	0,06	0,22
	(-0,31 _ 0,52)	(-0,32 _ 0,52)	(-0,37 _ 0,47)	(-0,37 _ 0,47)	(-0,22 _ 0,59)
NGA	0,46	0,47*	0,42*	0,42*	0,39
	(0,04 _ 0,74)	(0,07 _ 0,75)	(0 _ 0,71)	(0 _ 0,72)	(-0,04 _ 0,7)
PREC	0,07	0,12	0,11	0,05	0,31
	(-0,36 _ 0,48)	(-0,32 _ 0,52)	(-0,33 _ 0,5)	(-0,38 _ 0,47)	(-0,12 _ 0,65)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração

potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: $p = 0,10$ (*); $p = 0,05$ (**); $p = 0,01$ (***) e $p < 0,001$ (****).

Tabela 22 - Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após o trigo corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, em anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)
ARM75	0,64 (-0,24 _ 0,94)	0,64 (-0,24 _ 0,94)	0,82* (0,15 _ 0,97)	0,93** (0,56 _ 0,99)	0,82* (0,15 _ 0,97)
DEF	-0,89** (-0,99 _ -0,4)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,89** (-0,99 _ -0,4)	-0,96*** (-1 _ -0,76)
ETM	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)
ETO	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,68 (-0,95 _ 0,18)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)
ETR	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,50 (-0,43 _ 0,92)
ETR_ETM	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,89** (0,4 _ 0,99)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,89** (0,4 _ 0,99)
NGA	0,82* (0,15 _ 0,97)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,82* (0,15 _ 0,97)	0,75 (-0,04 _ 0,96)
PREC	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,68 (-0,18 _ 0,95)
R1-MF					
ARM	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)
ARM75	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,61 (-0,3 _ 0,94)	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,61 (-0,3 _ 0,94)
DEF	-0,89** (-0,99 _ -0,4)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,96*** (-1 _ -0,76)	-0,80** (-0,99 _ -0,4)	-0,96*** (-1 _ -0,76)
ETM	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)
ETO	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)
ETR	0,54	0,68	0,68	0,54	0,68

	(-0,39 _ 0,92)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,18 _ 0,95)
ETR_ETM	0,79*	0,89**	0,89**	0,79*	0,89**
	(0,05 _ 0,97)	(0,4 _ 0,99)	(0,4 _ 0,99)	(0,05 _ 0,97)	(0,4 _ 0,99)
NGA	0,36	0,32	0,32	0,36	0,32
	(-0,56 _ 0,88)	(-0,59 _ 0,87)	(-0,59 _ 0,87)	(-0,56 _ 0,88)	(-0,59 _ 0,87)
PREC	0,39	0,57	0,57	0,39	0,57
	(-0,53 _ 0,89)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,53 _ 0,89)	(-0,34 _ 0,93)
R1-R3					
ARM	0,68	0,79*	0,79*	0,68	0,79*
	(-0,18 _ 0,95)	(0,05 _ 0,97)	(0,05 _ 0,97)	(-0,18 _ 0,95)	(0,05 _ 0,97)
ARM75	0,32	0,50	0,68	0,64	0,68
	(-0,59 _ 0,87)	(-0,43 _ 0,92)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,24 _ 0,94)	(-0,18 _ 0,95)
DEF	-0,79*	-0,86*	-0,86*	-0,79*	-0,86*
	(-0,97 _ -0,05)	(-0,98 _ -0,27)	(-0,98 _ -0,27)	(-0,97 _ -0,05)	(-0,98 _ -0,27)
ETM	-0,79*	-0,75	-0,75	-0,79*	-0,75
	(-0,97 _ -0,05)	(-0,96 _ 0,04)	(-0,96 _ 0,04)	(-0,97 _ -0,05)	(-0,96 _ 0,04)
ETO	-0,75	-0,68	-0,68	-0,75	-0,68
	(-0,96 _ 0,04)	(-0,95 _ 0,18)	(-0,95 _ 0,18)	(-0,96 _ 0,04)	(-0,95 _ 0,18)
ETR	0,43	0,50	0,50	0,43	0,50
	(-0,5 _ 0,9)	(-0,43 _ 0,92)	(-0,43 _ 0,92)	(-0,5 _ 0,9)	(-0,43 _ 0,92)
ETR_ETM	0,89**	0,93**	0,93**	0,89**	0,93**
	(0,4 _ 0,99)	(0,56 _ 0,99)	(0,56 _ 0,99)	(0,4 _ 0,99)	(0,56 _ 0,99)
NGA	0,79*	0,86*	0,86*	0,79*	0,86*
	(0,05 _ 0,97)	(0,27 _ 0,98)	(0,27 _ 0,98)	(0,05 _ 0,97)	(0,27 _ 0,98)
PREC	0,79*	0,89**	0,89**	0,79*	0,89**
	(0,05 _ 0,97)	(0,4 _ 0,99)	(0,4 _ 0,99)	(0,05 _ 0,97)	(0,4 _ 0,99)
R3-R6					
ARM	-0,32	-0,39	-0,39	-0,32	-0,39
	(-0,87 _ 0,59)	(-0,89 _ 0,53)	(-0,89 _ 0,53)	(-0,87 _ 0,59)	(-0,89 _ 0,53)
ARM75	0,61	0,04	-0,07	0,21	-0,07
	(-0,3 _ 0,94)	(-0,75 _ 0,78)	(-0,79 _ 0,73)	(-0,66 _ 0,84)	(-0,79 _ 0,73)
DEF	-0,86*	-0,93**	-0,93**	-0,86*	-0,93**
	(-0,98 _ -0,27)	(-0,99 _ -0,56)	(-0,99 _ -0,56)	(-0,98 _ -0,27)	(-0,99 _ -0,56)
ETM	-0,29	-0,14	-0,14	-0,29	-0,14
	(-0,86 _ 0,61)	(-0,82 _ 0,7)	(-0,82 _ 0,7)	(-0,86 _ 0,61)	(-0,82 _ 0,7)
ETO	-0,29	-0,14	-0,14	-0,29	-0,14
	(-0,86 _ 0,61)	(-0,82 _ 0,7)	(-0,82 _ 0,7)	(-0,86 _ 0,61)	(-0,82 _ 0,7)
ETR	0,36	0,54	0,54	0,36	0,54
	(-0,56 _ 0,88)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,56 _ 0,88)	(-0,39 _ 0,92)
ETR_ETM	0,79*	0,89**	0,89**	0,79*	0,89**
	(0,05 _ 0,97)	(0,4 _ 0,99)	(0,4 _ 0,99)	(0,05 _ 0,97)	(0,4 _ 0,99)
NGA	0,57	0,46	0,46	0,57	0,46
	(-0,34 _ 0,93)	(-0,47 _ 0,91)	(-0,47 _ 0,91)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,47 _ 0,91)
PREC	0,57	0,68	0,68	0,57	0,68

	(-0,34 _ 0,93)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,18 _ 0,95)	(-0,34 _ 0,93)	(-0,18 _ 0,95)
	SE-R1				
ARM	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,36 (-0,56 _ 0,88)
ARM75	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,71 (-0,11 _ 0,96)	0,54 (-0,39 _ 0,92)	0,43 (-0,5 _ 0,9)	0,54 (-0,39 _ 0,92)
DEF	-0,64 (-0,94 _ 0,24)	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,57 (-0,93 _ 0,34)
ETM	-0,64 (-0,94 _ 0,24)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,64 (-0,94 _ 0,24)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)
ETO	-0,82* (-0,97 _ -0,15)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)	-0,82* (-0,97 _ -0,15)	-0,75 (-0,96 _ 0,04)
ETR	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)
ETR_ETM	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,32 (-0,59 _ 0,87)
NGA	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,75 (-0,04 _ 0,96)	0,79* (0,05 _ 0,97)	0,75 (-0,04 _ 0,96)
PREC	0,14 (-0,7 _ 0,82)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,14 (-0,7 _ 0,82)	0,29 (-0,61 _ 0,86)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 23 - Coeficiente de correlação de Pearson e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
	CICLO				
ARM	0,13 (-0,69 _ 0,81)	0,08 (-0,72 _ 0,79)	0,03 (-0,74 _ 0,77)	-0,12 (-0,8 _ 0,69)	0,07 (-0,72 _ 0,78)
ARM75	0,83* (0,19 _ 0,97)	0,85* (0,27 _ 0,98)	0,82* (0,18 _ 0,97)	0,85* (0,27 _ 0,98)	0,84* (0,24 _ 0,98)

DEF	-0,94** (-0,99 _ -0,54)	-0,87* (-0,99 _ -0,21)	-0,87* (-0,99 _ -0,19)	-0,66 (-0,96 _ 0,33)	-0,93** (-0,99 _ -0,49)
ETM	-0,51 (-0,91 _ 0,39)	-0,52 (-0,92 _ 0,38)	-0,54 (-0,92 _ 0,35)	-0,67 (-0,95 _ 0,17)	-0,45 (-0,9 _ 0,46)
ETO	-0,59 (-0,93 _ 0,29)	-0,61 (-0,93 _ 0,27)	-0,63 (-0,94 _ 0,24)	-0,74 (-0,96 _ 0,02)	-0,53 (-0,92 _ 0,37)
ETR	0,43 (-0,47 _ 0,89)	0,38 (-0,52 _ 0,88)	0,36 (-0,54 _ 0,88)	0,16 (-0,68 _ 0,81)	0,48 (-0,43 _ 0,91)
ETR_ETM	0,95** (0,67 _ 0,99)	0,90** (0,44 _ 0,98)	0,89** (0,41 _ 0,98)	0,76* (0,03 _ 0,96)	0,95** (0,67 _ 0,99)
NGA	0,59 (-0,43 _ 0,95)	0,61 (-0,4 _ 0,95)	0,61 (-0,39 _ 0,95)	0,68 (-0,29 _ 0,96)	0,53 (-0,5 _ 0,94)
PREC	0,70 (-0,12 _ 0,95)	0,68 (-0,15 _ 0,95)	0,59 (-0,29 _ 0,93)	0,42 (-0,48 _ 0,89)	0,75 (-0,02 _ 0,96)
R1_MF					
ARM	-0,20 (-0,83 _ 0,65)	-0,27 (-0,85 _ 0,61)	-0,33 (-0,87 _ 0,57)	-0,37 (-0,88 _ 0,53)	-0,32 (-0,87 _ 0,57)
ARM75	0,54 (-0,49 _ 0,94)	0,61 (-0,4 _ 0,95)	0,22 (-0,64 _ 0,83)	0,38 (-0,52 _ 0,88)	0,57 (-0,45 _ 0,94)
DEF	-0,94** (-0,99 _ -0,63)	-0,89** (-0,98 _ -0,43)	-0,88** (-0,98 _ -0,36)	-0,75* (-0,96 _ 0)	-0,94** (-0,99 _ -0,64)
ETM	-0,20 (-0,83 _ 0,65)	-0,16 (-0,82 _ 0,67)	-0,15 (-0,81 _ 0,68)	-0,26 (-0,85 _ 0,62)	-0,13 (-0,81 _ 0,69)
ETO	-0,22 (-0,84 _ 0,64)	-0,18 (-0,82 _ 0,66)	-0,17 (-0,82 _ 0,67)	-0,27 (-0,85 _ 0,61)	-0,15 (-0,81 _ 0,68)
ETR	0,56 (-0,34 _ 0,92)	0,55 (-0,35 _ 0,92)	0,54 (-0,35 _ 0,92)	0,38 (-0,52 _ 0,88)	0,60 (-0,28 _ 0,93)
ETR_ETM	0,82* (0,16 _ 0,97)	0,77* (0,05 _ 0,96)	0,75 (0 _ 0,96)	0,60 (-0,28 _ 0,93)	0,81* (0,15 _ 0,97)
NGA	0,64 (-0,22 _ 0,94)	0,57 (-0,32 _ 0,93)	0,53 (-0,37 _ 0,92)	0,52 (-0,39 _ 0,91)	0,58 (-0,31 _ 0,93)
PREC	0,49 (-0,41 _ 0,91)	0,47 (-0,43 _ 0,9)	0,38 (-0,52 _ 0,88)	0,27 (-0,6 _ 0,85)	0,47 (-0,44 _ 0,9)
R1-R3					
ARM	0,72 (-0,07 _ 0,96)	0,67 (-0,17 _ 0,95)	0,64 (-0,22 _ 0,94)	0,54 (-0,36 _ 0,92)	0,66 (-0,18 _ 0,94)
ARM75	0,48 (-0,43 _ 0,91)	0,51 (-0,4 _ 0,91)	0,58 (-0,31 _ 0,93)	0,66 (-0,19 _ 0,94)	0,63 (-0,24 _ 0,94)
DEF	-0,85* (-0,98 _ -0,14)	-0,91* (-0,99 _ -0,37)	-0,80 (-0,98 _ 0,02)	-0,73 (-0,97 _ 0,21)	-0,94** (-0,99 _ -0,56)
ETM	-0,77 (-0,97 _ 0,12)	-0,77 (-0,97 _ 0,11)	-0,57 (-0,94 _ 0,45)	-0,67 (-0,96 _ 0,3)	-0,68 (-0,96 _ 0,29)
ETO	-0,72 (-0,97 _ 0,23)	-0,72 (-0,97 _ 0,22)	-0,50 (-0,93 _ 0,52)	-0,62 (-0,95 _ 0,38)	-0,63 (-0,95 _ 0,37)

ETR	0,73 (-0,05 _ 0,96)	0,74 (-0,03 _ 0,96)	0,79* (0,09 _ 0,97)	0,62 (-0,24 _ 0,94)	0,81* (0,14 _ 0,97)
ETR_ETM	0,86* (0,14 _ 0,98)	0,92** (0,42 _ 0,99)	0,82* (0,03 _ 0,98)	0,75 (-0,16 _ 0,97)	0,98*** (0,87 _ 1)
NGA	0,89** (0,42 _ 0,98)	0,90** (0,44 _ 0,98)	0,82* (0,17 _ 0,97)	0,77* (0,05 _ 0,96)	0,91** (0,52 _ 0,99)
PREC	0,87* (0,19 _ 0,99)	0,83* (0,07 _ 0,98)	0,76 (-0,13 _ 0,97)	0,73 (-0,21 _ 0,97)	0,76 (-0,14 _ 0,97)
R3-R6					
ARM	0,08 (-0,78 _ 0,84)	0,06 (-0,79 _ 0,83)	-0,04 (-0,83 _ 0,8)	0,12 (-0,77 _ 0,85)	-0,04 (-0,83 _ 0,8)
ARM75	0,34 (-0,65 _ 0,9)	0,28 (-0,69 _ 0,89)	0,35 (-0,64 _ 0,91)	0,31 (-0,67 _ 0,9)	0,20 (-0,73 _ 0,87)
DEF	-0,91** (-0,99 _ -0,49)	-0,85* (-0,98 _ -0,27)	-0,86* (-0,98 _ -0,29)	-0,72 (-0,96 _ 0,07)	-0,91** (-0,99 _ -0,5)
ETM	-0,13 (-0,8 _ 0,69)	-0,13 (-0,8 _ 0,69)	-0,07 (-0,78 _ 0,72)	-0,25 (-0,85 _ 0,62)	-0,06 (-0,78 _ 0,72)
ETO	-0,13 (-0,8 _ 0,69)	-0,13 (-0,8 _ 0,69)	-0,07 (-0,78 _ 0,72)	-0,25 (-0,85 _ 0,62)	-0,06 (-0,78 _ 0,72)
ETR	0,52 (-0,38 _ 0,91)	0,48 (-0,43 _ 0,91)	0,52 (-0,38 _ 0,92)	0,31 (-0,58 _ 0,86)	0,57 (-0,32 _ 0,93)
ETR_ETM	0,82* (0,18 _ 0,97)	0,76* (0,02 _ 0,96)	0,77* (0,03 _ 0,96)	0,59 (-0,29 _ 0,93)	0,82* (0,19 _ 0,97)
NGA	0,50 (-0,4 _ 0,91)	0,47 (-0,44 _ 0,9)	0,41 (-0,49 _ 0,89)	0,50 (-0,4 _ 0,91)	0,43 (-0,47 _ 0,89)
PREC	0,46 (-0,45 _ 0,9)	0,41 (-0,5 _ 0,89)	0,39 (-0,51 _ 0,88)	0,24 (-0,63 _ 0,84)	0,41 (-0,5 _ 0,89)
SE-R1					
ARM	0,54 (-0,35 _ 0,92)	0,58 (-0,3 _ 0,93)	0,60 (-0,28 _ 0,93)	0,45 (-0,46 _ 0,9)	0,70 (-0,11 _ 0,95)
ARM75	0,26 (-0,7 _ 0,88)	0,46 (-0,56 _ 0,93)	0,58 (-0,43 _ 0,95)	0,34 (-0,65 _ 0,9)	0,59 (-0,43 _ 0,95)
DEF	-0,29 (-0,89 _ 0,68)	-0,37 (-0,91 _ 0,63)	-0,46 (-0,93 _ 0,56)	-0,49 (-0,93 _ 0,54)	-0,32 (-0,9 _ 0,66)
ETM	-0,62 (-0,94 _ 0,24)	-0,69 (-0,95 _ 0,12)	-0,74 (-0,96 _ 0,02)	-0,83* (-0,97 _ -0,19)	-0,61 (-0,93 _ 0,27)
ETO	-0,68 (-0,95 _ 0,15)	-0,73 (-0,96 _ 0,04)	-0,77* (-0,96 _ -0,05)	-0,86* (-0,98 _ -0,31)	-0,65 (-0,94 _ 0,21)
ETR	-0,19 (-0,83 _ 0,66)	-0,23 (-0,88 _ 0,71)	-0,24 (-0,88 _ 0,71)	-0,13 (-0,85 _ 0,76)	-0,25 (-0,88 _ 0,7)
ETR_ETM	0,10 (-0,77 _ 0,84)	0,02 (-0,8 _ 0,82)	-0,08 (-0,84 _ 0,78)	0,05 (-0,79 _ 0,83)	-0,1 (-0,84 _ 0,78)
NGA	0,72 (-0,07 _ 0,96)	0,79* (0,1 _ 0,97)	0,84* (0,24 _ 0,98)	0,86* (0,3 _ 0,98)	0,78* (0,07 _ 0,97)

PREC	0,56 (-0,34 _ 0,92)	0,55 (-0,35 _ 0,92)	0,52 (-0,38 _ 0,92)	0,36 (-0,54 _ 0,88)	0,67 (-0,17 _ 0,95)
------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).

Tabela 24 - Coeficiente de correlação de Spearman e respectivos intervalos de confiança (inferior e superior) entre rendimento de grãos de soja após a aveia branca corrigido pela tendência tecnológica, obtido em quatro sistemas de produção de grãos com integração lavoura pecuária e variáveis hídricas relacionadas a quatro subperíodos de crescimento e desenvolvimento das plantas e durante o ciclo da cultura, para anos de El Niño. Passo Fundo, RS – 2022.

VARIÁVEL	SISTEMA 1	SISTEMA 2	SISTEMA 3	SISTEMA 4	SISTEMA 5
CICLO					
ARM	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)
ARM75	0,64 (-0,24 _ 0,94)	0,64 (-0,24 _ 0,94)	0,86** (0,27 _ 0,98)	0,86** (0,27 _ 0,98)	0,82** (0,15 _ 0,97)
DEF	-0,96**** (-1 _ -0,76)	-0,96**** (-1 _ -0,76)	-0,96**** (-1 _ -0,76)	-0,89*** (-0,99 _ -0,4)	-0,96**** (-1 _ -0,76)
ETM	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,68* (-0,95 _ 0,18)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)
ETo	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)	-0,68* (-0,95 _ 0,18)	-0,54 (-0,92 _ 0,39)
ETr	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,46 (-0,47 _ 0,91)
ETr/ETM	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,79** (0,05 _ 0,97)	0,89*** (0,4 _ 0,99)
NGA	0,75* (-0,04 _ 0,96)	0,75* (-0,04 _ 0,96)	0,75* (-0,04 _ 0,96)	0,82** (0,15 _ 0,97)	0,75* (-0,04 _ 0,96)
PREC	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,68* (-0,18 _ 0,95)
R1_MF					
ARM	-0,07 (-0,79 _ 0,73)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)
ARM75	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,64 (-0,24 _ 0,94)
DEF	-0,96****	-0,96****	-0,96****	-0,89***	-0,96****

	(-1 _ -0,76)	(-1 _ -0,76)	(-1 _ -0,76)	(-0,99 _ -0,4)	(-1 _ -0,76)
ETM	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)
ETO	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,18 (-0,83 _ 0,68)
ETR	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,54 (-0,39 _ 0,92)	0,68* (-0,18 _ 0,95)
ETR/ETM	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,79** (0,05 _ 0,97)	0,89*** (0,4 _ 0,99)
NGA	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,32 (-0,59 _ 0,87)
PREC	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,57 (-0,34 _ 0,93)
R1_R3					
ARM	0,79** (0,05 _ 0,97)	0,79** (0,05 _ 0,97)	0,79** (0,05 _ 0,97)	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,79** (0,05 _ 0,97)
ARM75	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,68 (-0,18 _ 0,95)	0,64 (-0,24 _ 0,94)	0,68* (-0,18 _ 0,95)
DEF	-0,86** (-0,98 _ -0,27)	-0,86** (-0,98 _ -0,27)	-0,86** (-0,98 _ -0,27)	-0,79** (-0,97 _ -0,05)	-0,86** (-0,98 _ -0,27)
ETM	-0,75* (-0,96 _ 0,04)	-0,75* (-0,96 _ 0,04)	-0,75* (-0,96 _ 0,04)	-0,79** (-0,97 _ -0,05)	-0,75* (-0,96 _ 0,04)
ETO	-0,68* (-0,95 _ 0,18)	-0,68* (-0,95 _ 0,18)	-0,68* (-0,95 _ 0,18)	-0,75* (-0,96 _ 0,04)	-0,68* (-0,95 _ 0,18)
ETR	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,50 (-0,43 _ 0,92)	0,43 (-0,5 _ 0,9)	0,50 (-0,43 _ 0,92)
ETR/ETM	0,93*** (0,56 _ 0,99)	0,93*** (0,56 _ 0,99)	0,93*** (0,56 _ 0,99)	0,89 *** (0,4 _ 0,99)	0,93 *** (0,56 _ 0,99)
NGA	0,86** (0,27 _ 0,98)	0,86** (0,27 _ 0,98)	0,86** (0,27 _ 0,98)	0,79** (0,05 _ 0,97)	0,86** (0,27 _ 0,98)
PREC	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,79** (0,05 _ 0,97)	0,89*** (0,4 _ 0,99)
R3_R6					
ARM	-0,39 (-0,89 _ 0,53)	-0,39 (-0,89 _ 0,53)	-0,39 (-0,89 _ 0,53)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)	-0,39 (-0,89 _ 0,53)
ARM75	0,07 (-0,73 _ 0,79)	0,07 (-0,73 _ 0,79)	0,04 (-0,75 _ 0,78)	0,21 (-0,66 _ 0,84)	-0,07 (-0,79 _ 0,73)
DEF	-0,93*** (-0,99 _ -0,56)	-0,93*** (-0,99 _ -0,56)	-0,93*** (-0,99 _ -0,56)	-0,86** (-0,98 _ -0,27)	-0,93*** (-0,99 _ -0,56)
ETM	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)
ETO	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,29 (-0,86 _ 0,61)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)
ETR	0,54	0,54	0,54	0,36	0,54

	(-0,39 _ 0,92)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,39 _ 0,92)	(-0,56 _ 0,88)	(-0,39 _ 0,92)
ETR/ETM	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,89*** (0,4 _ 0,99)	0,79** (0,05 _ 0,97)	0,89*** (0,4 _ 0,99)
NGA	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,46 (-0,47 _ 0,91)	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,46 (-0,47 _ 0,91)
PREC	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,68* (-0,18 _ 0,95)	0,57 (-0,34 _ 0,93)	0,68* (-0,18 _ 0,95)
SE_R1					
ARM	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,36 (-0,56 _ 0,88)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,36 (-0,56 _ 0,88)
ARM75	0,61 (-0,3 _ 0,94)	0,71* (-0,11 _ 0,96)	0,75* (-0,04 _ 0,96)	0,43 (-0,5 _ 0,9)	0,54 (-0,39 _ 0,92)
DEF	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,57 (-0,93 _ 0,34)	-0,64 (-0,94 _ 0,24)	-0,57 (-0,93 _ 0,34)
ETM	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)	-0,64 (-0,94 _ 0,24)	-0,61 (-0,94 _ 0,3)
ETO	-0,75* (-0,96 _ 0,04)	-0,75* (-0,96 _ 0,04)	-0,75* (-0,96 _ 0,04)	-0,82** (-0,97 _ -0,15)	-0,75* (-0,96 _ 0,04)
ETR	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,11 (-0,81 _ 0,72)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)	-0,14 (-0,82 _ 0,7)	-0,32 (-0,87 _ 0,59)
ETR/ETM	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,39 (-0,53 _ 0,89)	0,32 (-0,59 _ 0,87)	0,43 (-0,5 _ 0,9)	0,39 (-0,53 _ 0,89)
NGA	0,75* (-0,04 _ 0,96)	0,75* (-0,04 _ 0,96)	0,75* (-0,04 _ 0,96)	0,79** (0,05 _ 0,97)	0,75* (-0,04 _ 0,96)
PREC	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,29 (-0,61 _ 0,86)	0,14 (-0,70 _ 0,82)	0,29 (-0,61 _ 0,86)

Sistema 1: grãos (testemunha); sistema 2: grãos + pastagem anual; sistema 3: grãos + perenes de inverno (festuca + leguminosas); sistema 4: grãos + perenes de verão (bermuda + sobressemeadura); sistema 5: grãos + alfafa. ARM: armazenamento de água no solo a 100% da CAD; ARM75: armazenamento de água no solo a 75% da CAD; DEF: déficit hídrico; ETm: evapotranspiração máxima; ETo: Evapotranspiração potencial; ETr: evapotranspiração real; NGA: negativo acumulado e PREC: precipitação pluvial. Significância: p = 0,10 (*); p = 0,05 (**); p = 0,01 (***) e p < 0,001(****).



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV