

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO SUL - CAMPUS IBIRUBÁ**

**AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO NA  
CULTURA DA SOJA PARA ELEGER O MELHOR MÉTODO DE ESTIMATIVA DE  
PRODUTIVIDADE E CONFECÇÃO DE MAPAS DE ZONA DE MANEJO**

**FERNANDO HENRIQUE SCHWEIG**

**Ibirubá, 2022**

**FERNANDO HENRIQUE SCHWEIG**

**AVALIAÇÃO DOS COMPONENTES DE RENDIMENTO NA  
CULTURA DA SOJA PARA ELEGER O MELHOR MÉTODO DE ESTIMATIVA DE  
PRODUTIVIDADE E CONFEÇÃO DE MAPAS DE ZONA DE MANEJO**

Trabalho de conclusão de curso II apresentado junto ao curso de Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá como requisito parcial da obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Daniel Uhry

**Ibirubá, 2022**

## RESUMO

A cultura da soja uma das principais culturas de verão no Brasil, tem grande importância social e econômica em nosso país devido a gerar empregos e ser cultivada em larga escala, tendo elevada produção. Cada vez mais o emprego de tecnologias vem sendo solicitado para aumentar a produtividade e diminuir os desperdícios no desenvolvimento das culturas e as ferramentas de agricultura de precisão vêm auxiliando muito nessa parte, pois conseguem através dos mapas de produtividade e zonas de manejo indicar locais de maior e menor produção, tornando-os excelentes ferramentas para a definição de manejos. Por se tratar de uma tecnologia recente que demanda alta tecnologia e profissionais qualificados, acaba não contemplando o pequeno produtor por conta da demanda de alto investimento tecnológico e eletrônica embarcada em colhedoras. O presente trabalho comparou a estimativa de produtividade através de quatro componentes de rendimento da cultura da soja, de forma isolada, com a produtividade real. Foram avaliadas três áreas distintas, a primeira estava localizada na área didático experimental do IFRS – Campus Ibirubá, e teve como objetivo validar metodologias de estimativa de produtividade testadas e, foi composta por 10 parcelas experimentais de 8 x 3,15 metros, com a cultivar de soja BMX Delta. As outras duas áreas avaliadas foram lavouras comerciais, divididas entre dois talhões, de 10,5 ha e 24,2 ha, localizadas na Agropecuária Velho Umbu, município de Tapera/RS, e objetivaram testar em maior escala as metodologias avaliadas na primeira área, coletando amostras em pontos pré definidos da lavoura (grid de amostragem georreferenciado), comparando com os dados da colheita mecanizada, gerando mapas de produtividade e/ou zonas de manejo. Os pontos amostrados foram gerados através de software QGis, versão 2.18.0, com malha amostral de um ponto a cada 0,5 ha. Os resultados foram comparados utilizando o software SigmaPlot 12.0 utilizando a Correlação de Pearson. Os componentes de rendimento apresentaram uma correlação fraca quando comparados com a produtividade das parcelas na área do IFRS, bem como, quando comparados aos dados coletados na Agropecuária Velho Umbu, comparados ao padrão.

**Palavras chave:** Agricultura de precisão, mapa de produtividade, grid, malha amostral.

## SUMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>5</b>
2.1	REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1.1	CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA DA SOJA	7
2.2.2	MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE	8
2.2.3	AGRICULTURA DE PRECISÃO	10
<b>2.3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
2.3.1	OBJETIVO GERAL	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>2.4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>13</b>
2.4.1	ÁREA DIDÁTICA E EXPERIMENTAL DO IFRS	13
2.4.2	AGROPECUÁRIA VELHO UMBU	14
2.4.3	ANÁLISES DA PRODUTIVIDADE	16
2.4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	17
2.4.5	MAPAS DE COLHEITA	18
<b>2.5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>18</b>
2.5.1	ÁREA DIDÁTICA E EXPERIMENTAL DO IFRS	18
5.2.	AGROPECUÁRIA VELHO UMBU	21
5.3	MAPAS DE PRODUTIVIDADE	23
5.4	MAPAS ZONAS DE MANEJO	26
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de soja tem grande importância econômica a nível mundial (Silva, 2019). No Brasil teve seu início na década de 40, mais especificamente no Rio Grande do Sul. Hoje é reconhecida como a principal commodity dentro da agricultura nacional, sendo cultivada em todas as regiões agrícolas do País (Pinheiro, 2017).

A agricultura atual força os produtores a serem cada vez mais eficientes em seus cultivos, buscando o aumento da produtividade por área a cada ano, através de melhorias no manejo, como o uso de técnicas de agricultura de precisão por exemplo.

A agricultura de precisão é uma técnica de manejo que considera a variabilidade espacial e permite a aplicação sítio-específica de insumos, como fertilizantes, corretivos, pesticidas, sementes, água entre outros. Considerando também a variabilidade temporal, a agricultura de precisão permite uma utilização mais racional dos insumos, no momento, local e dose corretos, com potencial de benefícios econômicos e ambientais (Ezenne et al. 2019).

Os mapas gerados durante a colheita, pela própria colhedora equipada com sensores e um sistema para posicionamento em campo (GPS - Global Positioning System), são constituídos de um grande número de pontos onde se tem a produtividade georreferenciada. Nem todos os pontos refletem a produtividade adequadamente, sendo comum a ocorrência de erros na coleta dos dados (Molin, 2000).

A geração e a interpretação de mapas de produtividade de culturas agrícolas é um dos segmentos da agricultura de precisão, que tem recebido especial atenção de pesquisadores e de fabricantes de máquinas agrícolas, em face de sua importância no contexto do entendimento do processo da variabilidade espacial da produção agrícola e na definição de ações de manejo agrônomo, que visam o aumento e manutenção sustentada dos índices de produtividade de uma lavoura agrícola. Para Molin (2000), inicialmente assume-se que o mapa de produtividade de um talhão é um conjunto de muitos pontos. Por ponto entende-se uma pequena porção da lavoura, sendo que, o dado mais importante é a quantidade de grãos colhidos naquele determinado ponto, e enfatiza que é necessário conhecer a posição espacial deste ponto por georreferenciamento.

Atualmente, é possível realizar monitoramento espacializado das colheitas para identificar a variabilidade da produção, usando sensores de produtividade (sensores de fluxo de grãos) acoplados a um sistema de posicionamento geográfico (GPS). Assim, tem-se o registro da localização da colhedora, em latitude e longitude, e da produtividade, em intervalos de tempo definidos. Esses dados permitem obter o mapa de produtividade, ponto de

partida para avaliar as causas da variabilidade espacial e temporal da produtividade, e conhecer o potencial produtivo das diferentes áreas.

O objetivo do trabalho foi avaliar a correlação de componentes de rendimento da cultura da soja de forma individualizada com a produtividade através de mapas de produtividade gerados em forma de grid.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **2.1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO ECONOMICA DA CULTURA DA SOJA**

A soja (*Glycine max* L.) é uma espécie originária da China, pertencente à família Fabaceae, presente em todo território brasileiro e é uma das plantas mais cultivadas no mundo. De grande importância para o agronegócio, a cultura da soja apresentou crescimento expressivo mundial nas últimas décadas, especialmente na produção em função da tecnologia disponível (HIRAKURI & LAZZAROTTO, 2014).

O Brasil se classifica como o maior produtor mundial da soja em grão, que na safra de 2020/2021 teve área plantada de 38,50 milhões de hectares e produção de 135,409 milhões de toneladas com uma produtividade de 3.517 Kg.ha<sup>-1</sup>, seguido pelos EUA, que tem produção de 112,549 milhões de toneladas e área plantada de 33,313 milhões de hectares, com produtividade de 3.379 Kg.ha<sup>-1</sup> (United States Department of Agriculture-USDA, 2021). Brasil e EUA são responsáveis por 82,96% das exportações mundiais de soja. O Brasil ocupa o primeiro lugar com 47,67% e os Estados Unidos ficam atrás com 35,29% (CONAB, 2021).

Segundo Silva (2011), no Brasil, a soja foi um dos principais fatores para introdução do conceito de agronegócio, devido ao volume produzido e importância financeira, além da necessidade de administração financeira empresarial e pelo fato de englobar produtores, fornecedores de insumos e processadores.

O potencial de pesquisa da cultura da soja, no nível nacional, bem como em todas as regiões, nas últimas safras, vem mostrando o Brasil como produtor com capacidade competitiva de produção dessa cultura. É evidente que as novas tecnologias vêm possibilitando o cultivo em novas áreas e, conseqüentemente, gerando ou aumentando a área cultivada. O desenvolvimento de novas tecnologias é um dos maiores responsáveis pelo aumento da produção de soja no Brasil (MENDONÇA, 2016).

Em comparação a outras culturas agrícolas, pode-se dizer que a soja é a cultura com maior participação do valor de produção e uma das principais culturas em extensão territorial, sendo que na safra passada (2020/2021), foram cultivados 38.507,6 mil hectares da oleaginosa (Conab, 2021).

A crescente demanda da soja, impulsionada pela versatilidade do grão, tem intensificado a produção do grão no país, exigindo aumento da produção para suprir as

necessidades globais. Para 2029, a projeção é de aumento de 32% da produção, 22% do consumo e 41% das exportações (Aprosoja Brasil, 2020)

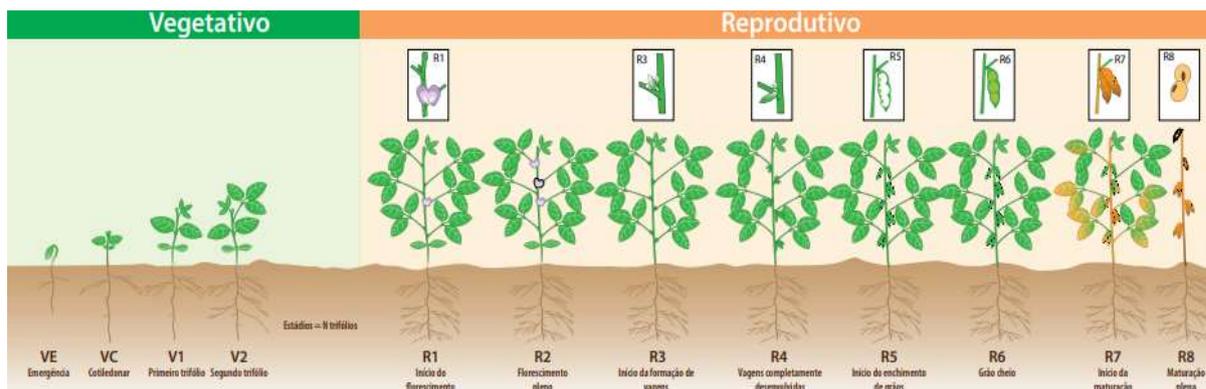
Inserida dentro do estado do Rio Grande do Sul, que atualmente ocupa a terceira posição entre os estados produtores de soja, está à região do Alto Jacuí, na qual existem pequenas e grandes propriedades dedicadas a este cultivo. Segundo dados do IBGE (2019) a média de área de três municípios pertencentes à região do Alto Jacuí, Ibirubá, Tapera e Quinze de Novembro foi respectivamente em 2018 de 37,61, 36,80 e 28,39 hectares por propriedade e uma produtividade média de 3.817,82 Kg.ha<sup>-1</sup> dessas lavouras, o que se aproxima da produtividade média nacional.

### **2.1.1 CARACTERIZAÇÃO DA CULTURA DA SOJA**

A soja cultivada é uma planta herbácea incluída na classe Magnoliopsida (Dicotiledônea), ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Glycine* L. É uma planta com grande variabilidade genética, tanto no ciclo vegetativo (período compreendido da emergência da plântula até a abertura das primeiras flores), como no reprodutivo (período do início da floração até o fim do ciclo da cultura), sendo também influenciada pelo meio ambiente.

A classificação dos estádios de desenvolvimento da soja, identifica precisamente o estágio de desenvolvimento em que se encontra uma planta ou uma lavoura de soja. O sistema proposto por Fehr e Caviness (1977) divide os estádios de desenvolvimento da soja em estádios vegetativos e estádios reprodutivos. Os estádios vegetativos são designados pela letra V e os reprodutivos pela letra R. com exceção dos estádios VE (emergência) e VC (cotilédone), as letras V e R são seguidas de índices numéricos que identificam estádios específicos, nessas duas fases do desenvolvimento da planta.

**Imagem 1:** Estádios de desenvolvimento da cultura da soja



Fonte: IPNI.

Todas as cultivares de soja possuem seu potencial de rendimento máximo, o qual é geneticamente determinado. Esse potencial genético só pode ser expresso em sua plenitude sob condições ótimas, de cultivo (NEUMAIER, N. 2000). A influência dos fatores que limitam o rendimento pode ser melhor compreendida se o potencial de rendimento for conhecido. A diferença entre o potencial de rendimento e o rendimento obtido dá a dimensão das perdas por estresses que afetam a cultura (EVANS, 1983). Em soja, estimativas do potencial de rendimento podem ser feitas durante a ontogenia por meio da quantificação das estruturas reprodutivas (flores e legumes), possibilitando verificar o efeito de práticas de manejo diferenciadas sobre a produção e fixação destas estruturas (PIRES et al., 2000).

Os componentes do rendimento é que determinam o rendimento de grãos, ou seja, número de legumes por área, grãos por legume e peso do grão. Pesquisas demonstram que o número de legumes por planta são mais responsivos a alterações na fonte que os outros dois, uma vez que o número de grãos por legume e peso do grão possuem maior controle genético e por isso apresentam menor amplitude de variação (FONTOURA, T. B. 2006).

### 2.2.2 MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE PRODUTIVIDADE

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). O conhecimento das respostas dos componentes do rendimento da planta de soja à disponibilidade de fotoassimilados e a identificação do momento em que estes componentes são formados são importantes na seleção de características a serem incorporados nos genótipos (BOARD e TAN, 1995)

Os componentes classificados em diretos ou primários são aqueles que quando alterados impactam diretamente a produtividade da soja, sendo os mais conhecidos deles, o número de plantas por área; o número de legumes por plantas; o número de grãos por legume e o peso de grãos (peso de mil grãos). Já os componentes indiretos ou secundários, são aqueles que afetam os componentes diretos de produtividades, sendo os principais, a altura de planta e o número de nós (ZANON et al. 2018),.

Pelo método de componentes de rendimento para estimar a produtividade de uma lavoura de soja deve ser determinado o número de plantas por hectare, contado o número de legumes por planta e obtido o número de grãos por legumes. O número de legumes por planta deve ser obtido por meio de uma média entre as amostras, afinal, a quantidade de legumes pode variar conforme a planta. A amostragem das plantas deve ser ao acaso visando obter uma média das plantas coletadas Dall'Agnol (2018).

O melhor momento para fazer o cálculo de estimativa de produtividade é quanto mais próximo à colheita, maior a expectativa em relação à produtividade por área. A estimativa feita após o estágio R5 (início do enchimento dos grãos) é a mais adequada, pois é neste momento que os legumes estão formados e o número de grãos por legumes definido. Estimativas anteriores ao estágio R5 podem ser imprecisas, levando em consideração as modificações que ainda acontecem nos componentes de rendimento até a colheita (PIONEER 2019).

Os fatores de produção que afetam a produtividade e qualidade da soja são divididos em: genéticos, que englobam as características da soja, sua adaptação ao ambiente e sua resistência a herbicidas, pragas e doenças; e os ambientais, que englobam os fatores climáticos e edáficos (SANTOS 2018).

### **2.2.3 AGRICULTURA DE PRECISÃO**

Define-se a agricultura de precisão como, um conjunto de ferramentas e tecnologias aplicadas para permitir um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da unidade produtiva, visando o aumento de retorno econômico e a redução do impacto ao ambiente (Brasil, 2014, p. 6 apud MOLIN; AMARAL; COLAÇO, 2015).

Nestes processos a agricultura e a tecnologia se tornaram grandes aliados, dando ênfase à agricultura de precisão (BARATO, 2014). A tecnologia englobada busca trazer solução para o manejo do solo, insumos e culturas, podendo ser observadas as variações

espaciais e temporais que afetam a produtividade das mesmas (TSCHIEDEL; FERREIRA, 2002).

O mapa de produtividade é gerado pela coleta de dados em determinados pontos dentro do talhão, cada ponto representa uma pequena porção da lavoura, é utilizado um sensor de fluxo no elevador de grãos limpos da colhedora para saber qual a quantidade de grãos colhidos (MAPA, 2009).

Para Molin (2014), os mapas de produtividade consistem na comparação de dados que são obtidos através de pontos delimitados por uma área percorrida pela colhedora e a comparação entre as leituras. Para representação dos mapas de produtividade podem ser utilizadas várias maneiras, sendo mais empregada a visualização por pontos, interpolação e mapas em três dimensões, permitindo fazer uma análise detalhada dos resultados para detecção de áreas com falhas na semeadura e adubação, ataque de pragas ou declividade do terreno (SANTI et al., 2016).

As áreas de produção podem ser georreferenciadas e tratadas de maneira diferenciada e cultivada tradicionalmente em talhões com áreas relativamente pequenas (QUEIROZ et al. 2004). Essas pequenas áreas formam as zonas de manejo. Uma zona de manejo é uma sub-região do campo que apresenta uma combinação de fatores limitantes de produtividade e qualidade para a qual se pode aplicar uma dose uniforme de insumos (PRADO et al. 2015).

Tendo em vista a importância dos mapas de produtividade para a caracterização da variabilidade produtiva e seu uso em estratégias de manejo diferenciadas, a acurácia do mapa é de fundamental importância, o uso de vários mapas de produtividade para a definição e consolidação de zonas com distintos potenciais produtivos parece ser a maneira mais eficiente para caracterizar a variabilidade das lavouras (SANTI, A. L. et al, 2013).

Atualmente existem duas maneiras de se obter mapas de produtividade através das colhedoras, os equipamentos podem ser comprados de empresas com fabricação específica destes aparelhos, ou já estão embargados na máquina pela montadora desde a sua fabricação (MAPA, 2009). O fato de a tecnologia estar presente em equipamentos caros faz persistir a ideia de que a agricultura de precisão é somente para grandes propriedades (MACHADO et al., 2018).

O produtor bem estruturado no ponto de vista logístico e econômico pode assumir riscos relacionados aos possíveis insucessos no emprego de uma tecnologia, caso não responda satisfatoriamente ao seu empreendimento, ao contrário do produtor menos capitalizado, por isso as tecnologias devem ser adaptadas de acordo com a realidade encontrada (SANTOS, 2014).

Com amostragem de pontos, é possível adotar o procedimento denominado de interpolação, que consiste em estimar valores nas regiões não amostradas da lavoura (MAPA, 2009). Quando quantificada a dependência espacial, poderá ser utilizada para classificação e levantamento de solos em uma área, inclusive na interpolação entre observações, permitindo o mapeamento dentro da área, por meio da krigagem (Interpolação) (GONÇALVES et al., 2001).

A elaboração de mapas de colheita através da interpolação de dados serve para prever ou estimar o valor da variável em estudo num ponto não amostrado, onde a partir das coordenadas do ponto e dos valores assumidos pela variável nesses pontos é possível obter um mapa da distribuição espacial para cada variável, utilizando-se um algoritmo de interpolação (LANDIN; MONTEIRO; CORSI, 2002). Para se obter esse mapa diretamente da colhedora é apenas necessário se manipular alguma função específica do software de mapa que acompanha o monitor ou a colhedora (MAPA, 2009).

Existem dois tipos de amostragem, são elas tipo regular ou grade dirigida, ambos os tipos podem ser construídos através de pontos ou quadrados. Em amostragem a partir de pontos, as observações são coletadas ao redor de pontos (ponto formado pelo cruzamento das linhas do grid) e na amostragem em quadrados são coletadas dentro de um quadrado (quadrado formado pelas linhas do grid) (POCKNEE, 2000 apud VARELA, SENA JUNIOR, 2008).

O método comumente utilizado para estimar os valores chama-se interpolação por krigagem e consiste em ponderar os vizinhos mais próximos do ponto a ser estimado, neste método não é permitido que haja grande variação entre os resultados que foram estimados e os observados nos pontos próximos. (GREGO; OLIVEIRA; VIEIRA, 2014).

Ainda para Madeira (2000), é inegável que a mecanização da agricultura permitiu, entre outras coisas, reduzir ao mínimo a penosidade na realização dos trabalhos agrícolas, que os métodos tradicionais impunham; aumentar de forma espetacular o rendimento do trabalho, as áreas das culturas e as conseqüentes produções; e uma fortíssima redução da população ativa agrícola que, nos países mais evoluídos, se transferiu para outros setores com perspectivas de vida mais atraentes.

Portugal (2002) acredita que a tecnologia disponível, quando bem usada, tem se mostrado adequada e viável e a maioria das tecnologias desenvolvidas visa aumentar a produtividade da terra e algumas, como máquinas e equipamentos adaptados aos pequenos produtores, têm como objetivo eliminar a ociosidade da terra ou aumentar a produtividade do

trabalho. O desafio maior da agricultura familiar é adaptar e organizar seu sistema de produção a partir das tecnologias disponíveis.

### 2.3 OBJETIVOS

O objetivo do trabalho foi avaliar a correlação de componentes de rendimento da cultura da soja de forma individualizada com a produtividade através de mapas de produtividade gerados pela interpolação de dados coletados em pontos pré-definidos (grids amostrais).

### 2.4 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em duas localizações distintas, o primeiro na área didática e experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) Campus Ibirubá, Ibirubá – RS, localizada na região fisiográfica do planalto médio (latitude 28°37'39", longitude 53°05'23") e o segundo em uma lavoura na Agropecuária Velho Umbu, no município de Tapera – RS, localizada na região fisiográfica do planalto médio (latitude 28°41'50", longitude 53°50'56").

#### **2.4.1 ÁREA DIDÁTICA E EXPERIMENTAL DO IFRS**

Na área didática e experimental do IFRS foi conduzido um experimento com o intuito de comparar e validar os métodos de estimativa de produtividade na cultura da soja através da avaliação dos componentes de rendimento.

O experimento foi implantado no dia 23 de outubro de 2019, adotando-se o sistema de plantio direto. O experimento constituía de 10 unidades experimentais da cultivar de soja BMX Delta. Cada unidade experimental possuía 8 m de comprimento e 3,15 m de largura, ou seja, 7 linhas de semeadura com espaçamento de 0,45 m entrelinhas.

Visando atingir a população recomendada de plantas, a densidade de semeadura foi ajustada de acordo com o potencial de germinação (PG) e com o índice de sobrevivência (estimado em 85%), almejando uma população de 250.000 plantas por hectare. A análise de germinação para o cálculo de densidade de semeadura procedeu no laboratório de sementes e grãos da instituição, sendo realizado conforme descrito por Brasil (2009) “Regras para análise de sementes”.

O cálculo para a adubação foi realizado de acordo com a análise química do solo,

seguindo as recomendações de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016). A condução da área experimental respeitou as recomendações técnicas da cultura da soja quanto ao manejo de adubação, plantas daninhas, pragas e doenças.

Quando a cultivar se encontrava no estágio reprodutivo R8 realizou-se as coletas das amostras para análise. A coleta foi realizada de duas formas, com o auxílio do bastão métrico de 0,5 metro, e utilizado tesoura de poda para cortar o material, posteriormente identificado cada amostra foi enviada para o laboratório de culturas anuais para realizar a análise dos componentes de rendimento conforme o item 4.3.

Na segunda foram coletadas as plantas de quatro linhas de cinco metros lineares totalizando 9 m<sup>2</sup>, estas foram trilhadas em uma trilhadora estacionária. Os grãos obtidos foram pesados em balança analítica e determinada a umidade com o equipamento da marca Gehaka modelo G650i. As massas obtidas foram corrigidas para a umidade de 13% e após extrapoladas para produtividade por hectare. Este método de estimativa de produtividade foi considerado como padrão que expressa a produtividade real das parcelas. As estimativas de produtividade pelos demais métodos avaliativos (descritos no tópico 2.4.3) foram comparados a este método.

#### **2.4.2 AGROPECUÁRIA VELHO UMBU**

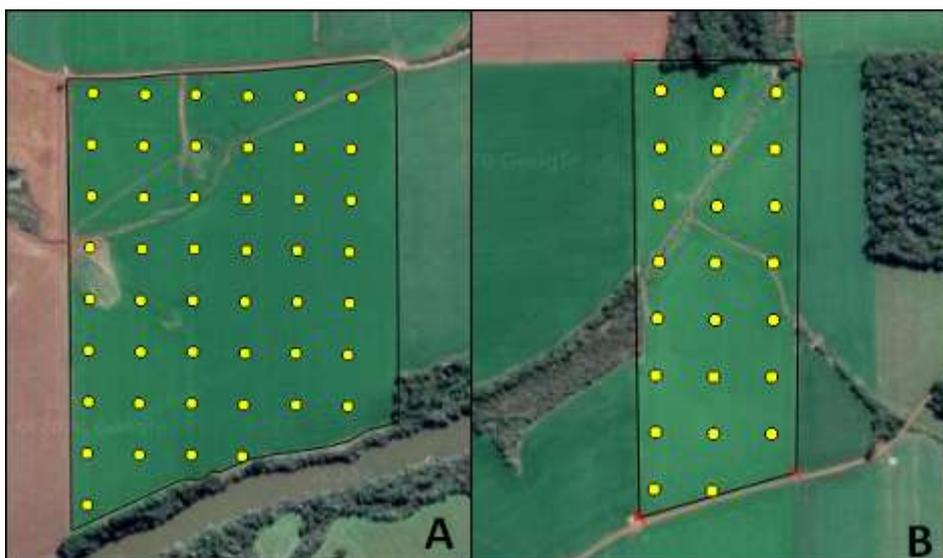
A Agropecuária Velho Umbu pertencente ao proprietário João Delmar Durigon possui várias lavouras com distintas quantidades de áreas, quando somadas as áreas de lavoura cultivadas com a cultura da soja totalizam 350 hectares. Na safra agrícola 2019/20 foram selecionados dois talhões da propriedade para realização das estimativas de produtividade e geração dos mapas de colheita. Os dois talhões foram nomeados como “área menor” a qual tem 10,5 hectares e “área rio” a qual possui 24,2 hectares.

As duas áreas foram semeadas sob o sistema de plantio direto com a cultivar de soja BMX Ativa RR, nos dias 28 e 29 de outubro, dentro do zoneamento agrícola da região. Utilizou-se de uma semeadora adubadora da marca Valtra modelo 2509 dotada de discos corta de palha e sulcadores com 17 linhas espaçadas 0,45 m entre linhas, puxada com um trator agrícola 7225J da marca John Deere com potência de 225 CV.

A densidade de semeadura utilizada foi calculada conforme a população de plantas recomendadas da cultivar (325.000), levando em consideração a germinação (88%) e índice de sobrevivência (85%), resultando na densidade de 434.492 sementes por hectare. A

condução das áreas de lavoura respeitou as recomendações técnicas da cultura da soja quanto ao manejo de adubação, plantas daninhas, pragas e doenças.

Utilizando o programa QGIS DESKTOP 2.18.0 as áreas foram demarcadas e gerados grids de 0,5 hectare, ou seja, quadrados de 70,71 m x 70,71 m, e em cada grid havia um ponto amostral (Figura 1). Os dados com as coordenadas geográficas de cada ponto amostral foram exportados do programa e importadas no aparelho de GPS da marca Garmin modelo eTrex 30X.



**Figura 1:** Demarcação dos grids e pontos amostrais, A: Área Rio e B: Área menor

Com a localização de cada ponto amostral das áreas, com o auxílio de um bastão indicando 0,5 m e uma tesoura de poda, foi feita a coleta das plantas em cada ponto em 0,5 m linear. As amostras coletadas foram identificadas e levadas para o laboratório para a realização das análises de componentes de rendimento. Foram realizadas as estimativas de produtividade por quatro métodos, utilizando os componentes de rendimento, tais métodos (descritos no tópico 2.4.3) foram comparados com a produtividade obtida na colheita mecanizada.

Para o padrão de comparação dos componentes de rendimento, foi feita a colheita mecanizada utilizando a máquina S550 John Deere, pertencente ao proprietário da granja, dotada de um monitor de colheita Harvest Monitor™ o qual já está instalado na máquina. O sistema de colheita executa as medições instantâneas de todo o fluxo de grão, por meio de um sensor de impacto, e um sensor de umidade converte a produção colhida para kg por hectare.

Após a colheita das áreas na Agropecuária Velho Umbu, os dados gerados pelo monitor de colheita foram extraídos da máquina utilizando sistema de cartão de memória e levados para o software QGIS DESKTOP 2.18.0, onde os dados foram filtrados, para eliminar

subestimação da colhedora, posteriormente foi realizada a confecção dos mapas de produtividade e zonas de manejo

### **2.4.3 ANÁLISES DA PRODUTIVIDADE**

No laboratório de culturas anuais foram realizadas as análises de produtividade das amostras coletadas no IFRS e nas duas áreas da Agropecuária Velho Umbu. As análises de produtividade se deram de quatro formas:

1- Componente Peso:

Para a primeira estimativa de produtividade, foi coletada a amostra de 0,5 m linear, os grãos debulhados das amostras foram pesados, Obtendo-se assim o peso na área de 0,225 m<sup>2</sup> (0,5 m na linha x 0,45 m entre linhas). Posteriormente os dados foram extrapolados para um hectare por regra de três. Obtendo assim uma estimativa de produtividade hectare.

2- Componente Umidade:

Para a segunda estimativa de produtividade, os grãos debulhados das amostras de 0,5 m linear foram pesados em balança analítica e corrigidos a umidade para 13% com o equipamento da marca Gehaka modelo G650i.  $\text{Peso final} = (\text{peso inicial} (100 - \text{umidade inicial})) / (100 - \text{umidade final})$ , e após corrigida a umidade para 13% foi extrapolado para produtividade hectare (0,5 m na linha x 0,45 m entre linhas).

3- Componente Legume:

Para a terceira estimativa de produtividade foi contado o número de legumes na amostra de 0,5 m linear. O valor obtido foi multiplicado por 2,3 que é a média de grãos legumes, dado obtido no trabalho de Santos et al. (2014), resultando no número de grãos na área de 0,225 m<sup>2</sup>. Com o valor do peso médio de mil sementes da cultivar, foi estimado o peso de grãos na área amostral e, extrapolado para 10.000 m<sup>2</sup>, obtendo assim uma estimativa de produtividade por hectare.

4- Componente Grão:

Para a quarta estimativa de produtividade foi contado o número de grãos na amostra de 0,225 m<sup>2</sup>. Com o valor do peso médio de mil sementes da cultivar, foi estimado o peso de grãos na área amostral e, extrapolado para 10.000 m<sup>2</sup>, obtendo assim uma estimativa de produtividade por hectare.

#### 2.4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de produtividade obtidos através dos componentes de rendimento, coletados e analisados na área experimental do IFRS, foram comparados com o padrão que foi considerada a produtividade da parcela, obtida trilhando as plantas da área útil na trilhadora estacionária. Após isso os grãos foram pesados e convertidos a Kg.ha<sup>-1</sup>. Os dados obtidos com as análises foram comparados entre eles e comparados ao padrão através do teste de comparação da média Pearson, visando avaliar e validar o método.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}}$$

Os componentes de rendimento coletados na Agropecuária Velho Umbu, foram comparados a máquina colhedora, considerada o padrão de comparação para esta área, Os dados obtidos foram comparados entre eles utilizando a correlação de Pearson.

As produtividades foram submetidas à estimativa dos coeficientes de correlação de Pearson (r), o qual é representado pela letra r e assume valores de -1 a 1. (r = 1), representa a correlação perfeita e positiva entre duas variáveis, (r = -1), representa correlação perfeita negativa entre duas variáveis, ou seja, enquanto uma aumenta a outra diminui, à medida que se aproxima do 1 vai ficando perfeita a correlação.

Com o auxílio do Software SigmaPlot 12.0, foi feita a análise dos dados, analisando:

Colhedora x Peso x Umidade x Legume x Grão x Colhedora;

Peso x Umidade x Legume x Grão x Colhedora;

Umidade x Legume x Grão x Colhedora;

Legume x Grão x Colhedora;

Grão x Colhedora.

Com os dados gerados pelo SigmaPlot 12.0, foram analisados e classificados conforme a escala sugerida pelo Dummies (2019).

**Quadro 1.** Classificação do coeficiente “r”

Escala de r	Classes de r
0,30	= > Correlação fraca
0,50	= > Correlação moderada
0,70	= > Correlação forte

**Fonte:** Adaptado de Dummies (2019).

#### 2.4.5 MAPAS DE COLHEITA

A confecção dos mapas de colheita foi realizada carregando as informações coletadas na área da Agropecuária Velho Umbu no software QGIS, as informações processadas e georreferenciadas correspondente a cada ponto geraram por meio de interpolação de dados os mapas de produtividade e zonas de manejo. As escalas de produtividade foram definidas através da máxima produtividade dividindo em seis classes, as escalas de zonas de manejo utilizou-se a metodologia definida por MOLIN (2002).

**Quadro 2.** Determinação de zonas de manejo

Zonas de manejo	Faixa compreendida
Zona de baixa produtividade	<95% em relação à média
Zona de média produtividade	$95\% \leq \text{Média produtiva} \leq 105\%$
Zona de alta produtividade	>105% em relação à média

**Fonte:** Adaptado de Molin (2002).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.5.1 ÁREA DIDÁTICA E EXPERIMENTAL DO IFRS

Os dados apresentados na Tabela 1 foram obtidos da estação climatológica pertencente à rede de estação do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) localizada no IFRS, a qual estava a aproximadamente 50 m da área experimental. Silva (2013), verificou que a precipitação mensal histórica para a cidade de Ibirubá/RS, nos anos agrícolas de 1982/1983

até 2011/2012, para os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março tem precipitação acumulada de 975,9 mm.

O resultado obtido da área experimental através da trilhadora demonstrou média inferior de produtividade por área quando comparado aos métodos de estimativa, indicando uma tendência das metodologias testadas, de superestimar a produtividade por área.

**Tabela 1.** Precipitação acumulada ao longo do ciclo da cultura da soja em todos os meses, desde sua semeadura até a colheita na área experimental do IFRS, ano agrícola 2019/2020 (ROSATTO 2020).

Mês	Precipitação (mm)
Outubro	140
Novembro	222,4
Dezembro	20,6
Janeiro	136,6
Fevereiro	32,6
Março	14,6
Total	566,8

As médias de produtividade dos métodos de estimativa e da trilhadora coletados na área didática experimental do IFRS, estão expressas em Kg.ha<sup>-1</sup> no Quadro 3.

**Quadro 3.** Médias de Produtividade expressas em Kg.ha<sup>-1</sup>

Método	Produtividade
Peso	1.406
Umidade	1.409
Legumes	2.177
Grão	1.916
Trilhadora	812

Na Tabela 2 encontra-se a análise referente à correlação linear de Pearson, a qual avaliou a média das produtividades obtidas da área experimental pela trilhadora, comparando-as com cada metodologia de estimativa de produtividades testada.

**Tabela 2.** Comparação entre os Métodos de Produtividade, peso de grãos (Peso), umidade dos grãos a 13% (Umidade), número de legumes (Legumes), número de grãos (grão) e produtividade das parcelas (Trilhadora). Experimento realizado na área experimental do IFRS – Campus Ibirubá. Safra de soja 2019/2020.

	Peso	Umidade	Legumes	Grão	Trilhadora
Trilhadora	0,263 <sup>1</sup>	0,254 <sup>1</sup>	0,157 <sup>1</sup>	0,136 <sup>1</sup>	1,00 <sup>3</sup>
Peso		0,989 <sup>3</sup>	0,815 <sup>3</sup>	0,76 <sup>3</sup>	0,263 <sup>1</sup>
Umidade			0,784 <sup>3</sup>	0,768 <sup>3</sup>	0,254 <sup>1</sup>
Legumes				0,872 <sup>3</sup>	0,157 <sup>1</sup>
Grão					0,136 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Correlação fraca, <sup>2</sup> Correlação moderada <sup>3</sup> Correlação forte.

Observou-se, de acordo com a Tabela 2, que a Trilhadora apresentou uma correlação fraca com os componentes de rendimento, porém os componentes de rendimento quando comparados entre eles apresentaram uma correlação forte de acordo com a metodologia apresentada no Quadro 1.

É sabido que as características agronômicas, analisadas nos diferentes métodos de estimativa de produtividade abordados neste trabalho, são inerentes à constituição dos genótipos, expressos ou não em função das condições de cultivo, como manejo adequado, condições climáticas, disponibilidade hídrica entre outros. Como neste trabalho, todas as condições de cultivo foram iguais, e as avaliações dos diferentes métodos foram realizadas com as mesmas amostras e/ou área amostral, podemos inferir que a diferença observada entre os métodos foi proporcionada apenas pelas avaliações de cada metodologia de estimativa.

O ano agrícola de 2019/2020 foi caracterizado por ter precipitação média mensal abaixo do normal para o estado do Rio Grande do Sul, ficando 409,1 mm abaixo do somatório de precipitação média nos meses avaliados, o que acabou influenciando o desenvolvimento das plantas e alterando características de produtividade, corroborando com GAVA (2015) que em seu trabalho verificou que a ocorrência de déficit prejudicou a altura total das plantas, número de grãos por planta, o peso de 100 grãos, afetando diretamente na produtividade. A

falta de água durante o enchimento de grãos limita o rendimento da soja, principalmente pela redução no tamanho e peso do grão segundo RAMBO (2002). A alteração do desenvolvimento das plantas pode ter influenciado negativamente os métodos de estimativa de produtividade, os quais tendem a superestimar a produtividade.

### 2.5.2. AGROPECUÁRIA VELHO UMBU

As médias de produtividade dos componentes de rendimento e da máquina colhedora coletados na área menor da Agropecuária Velho Umbu, estão expressas em Kg.ha<sup>-1</sup> no Quadro 4.

**Quadro 4.** Médias de Produtividade expressas em Kg.ha<sup>-1</sup>

Método	Produtividade
Peso	2.673
Umidade	2.747
Legumes	2.990
Grão	3.493
Colhedora	2.090

As áreas da propriedade da Agropecuária Velho Umbu, também sofreram com o déficit hídrico que abrangeu todo o estado neste ano agrícola de 2019/2020. As médias de produtividade de soja no estado foram de 2.920 Kg.ha<sup>-1</sup> Segundo a CONAB (2020). Podemos observar no Quadro 4, que a área de cultivo teve uma produtividade média (determinada pela colhedora) 830 kg abaixo da média do Estado do Rio Grande do Sul.

**Tabela 3.** Comparação entre os Métodos de Produtividade, peso de grãos (Peso), umidade dos grãos a 13% (Umidade), número de legumes (Legumes), número de grãos (grão) e produtividade da colheita mecanizada (Colhedora). Lavoura comercial de grãos denominada área menor Tapera/RS. Safra de soja 2019/2020.

	Peso	Umidade	Legumes	Grão	Colhedora
Trilhadora	0,593 <sup>2</sup>	0,597 <sup>2</sup>	0,435 <sup>1</sup>	0,375 <sup>1</sup>	1,00 <sup>3</sup>
Peso		1,00 <sup>3</sup>	0,957 <sup>3</sup>	0,944 <sup>3</sup>	0,593 <sup>2</sup>
Umidade			0,956 <sup>3</sup>	0,943 <sup>3</sup>	0,597 <sup>2</sup>
Legumes				0,983 <sup>3</sup>	0,435 <sup>1</sup>
Grão					0,375 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Correlação fraca, <sup>2</sup> Correlação moderada <sup>3</sup> Correlação forte.

Observa-se na Tabela 3 que os componentes de rendimento quando comparados a trilhadora, Peso e Umidade estabelecem uma correlação moderada, porém Legume e Grão tem uma correlação fraca. os Componentes de rendimento comparados entre eles estabeleceram uma correlação forte.

O número de legumes por planta e o peso de grãos são os componentes de rendimento mais afetados pelo déficit hídrico conforme A. L. Thomas e J. A. Costa (1994). As médias de produtividade dos métodos de estimativa e da Colhedora coletados na área do rio da Agropecuária Velho Umbu, estão expressas em Kg.ha<sup>-1</sup> no quadro 5. A área do rio da Agropecuária Velho Umbu trata-se também de uma lavoura comercial com as mesmas características e condições da área menor.

**Quadro 5.** Médias de Produtividade expressas em Kg.ha<sup>-1</sup>

Método	Produtividade
Peso	2.369
Umidade	2.333
Legumes	2.975
Grão	3.420
Colhedora	2.128

No Quadro 5, médias de produtividade na área do rio, visualizamos que os componentes de rendimento também tiveram uma superestimação de produtividade da colhedora, considerada o padrão.

**Tabela 4.** Comparação entre os Métodos de Produtividade, peso de grãos (Peso), umidade dos grãos a 13% (Umidade), número de legumes (Legumes), número de grãos (grão) e produtividade da colhedora mecanizada (Colhedora). Lavoura comercial de grãos denominada área rio. Safra 2018/2019.

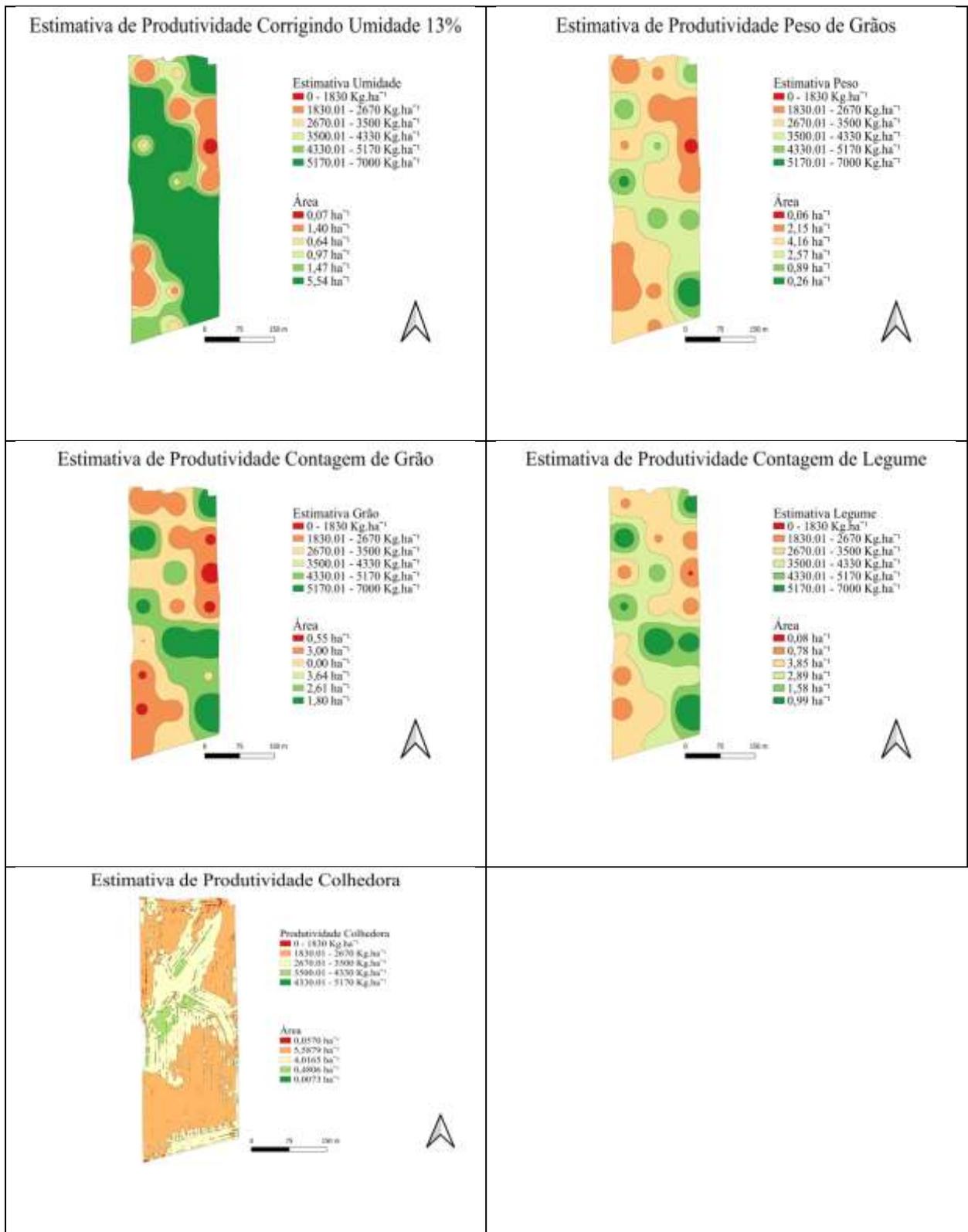
	Peso	Umidade	Legumes	Grão	Colhedora
Trilhadora	0,688 <sup>2</sup>	0,684 <sup>2</sup>	0,645 <sup>2</sup>	0,646 <sup>2</sup>	1,00 <sup>3</sup>
Peso		1,00 <sup>3</sup>	0,97 <sup>3</sup>	0,970 <sup>3</sup>	0,688 <sup>2</sup>
Umidade			0,971 <sup>3</sup>	0,971 <sup>3</sup>	0,684 <sup>2</sup>
Legumes				0,993 <sup>3</sup>	0,645 <sup>2</sup>
Grão					0,646 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Correlação fraca, <sup>2</sup> Correlação moderada <sup>3</sup> Correlação forte.

Observa-se na Tabela 4, que os componentes de rendimento comparados a colhedora deram uma correlação moderada, e que entre os componentes de rendimento a correlação foi forte.

### 2.5.3 MAPAS DE PRODUTIVIDADE

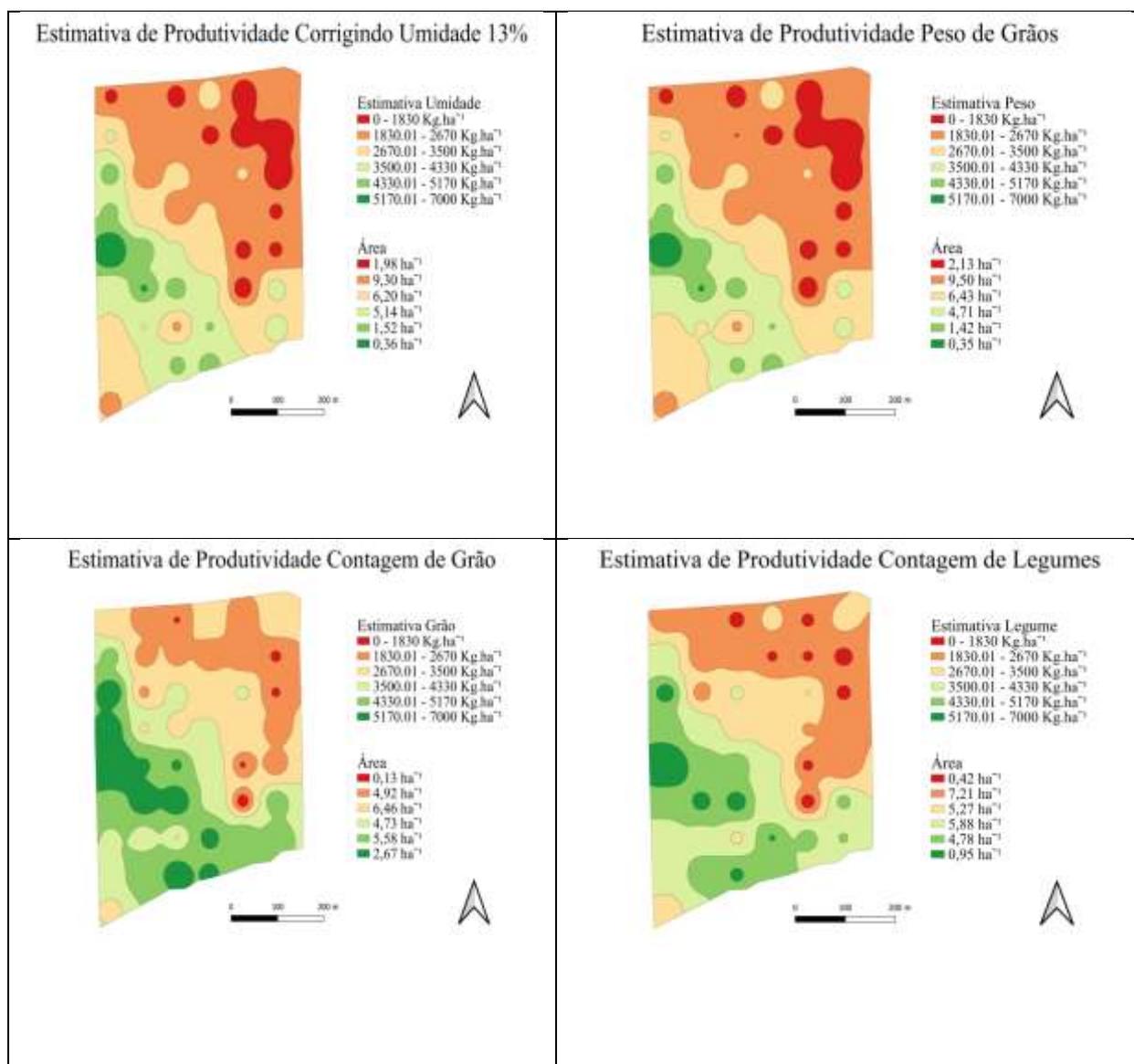
Observando a Figura 2 e Figura 3 (mapas de produtividade da área denominada menor e da denominada Área Rio), verifica-se uma tendência de produtividade entre os mapas, quando comparados os métodos de estimativa de produtividade, indicando pontos semelhantes de alta e de baixa produtividade, principalmente entre os métodos manuais de estimativa. Fato que pode ser explicado pela correlação entre as metodologias testadas.

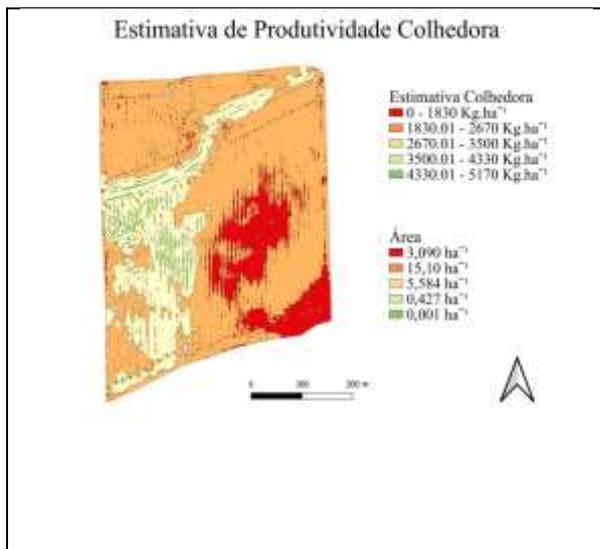


**Figura 2.** Mapas de produtividade de grãos de soja (Kg.ha<sup>-1</sup>) gerados pelos métodos: Estimativa de produtividade pelo peso de grãos corrigindo a umidade a 13 %; Estimativa de produtividade pelo peso de grãos; Estimativa de produtividade pelo número de grãos; Estimativa de produtividade pelo número de legumes; Estimativa de produtividade da

colhedora. Lavoura comercial denominada Área menor no município de Tapera/RS safra 2019/2020.

Quando comparado visualmente os mapas de estimativa de produtividade com o mapa da colhedora, podemos observar que os métodos de estimativa manual se assemelham entre si, porém quando comparados à colhedora eles não indicam os mesmos pontos de produtividade. Fato que pode ser explicado pela influência climática da safra que sofre os componentes do rendimento e pela densidade amostral entre os mapas. Enquanto os métodos de estimativa foram gerados a partir de um ponto amostral por ha, o mapa da colhedora gera um ponto amostral a cada segundo (ou a cada poucos segundos, dependendo da regulagem), gerando uma densidade amostral muito maior (centenas ou milhares de pontos amostrais por ha).





**Figura 3.** Mapas de produtividade de grãos de soja ( $\text{Kg.ha}^{-1}$ ) gerados pelos métodos: Estimativa de produtividade pelo peso de grãos corrigindo a umidade a 13 %; Estimativa de produtividade pelo peso de grãos; Estimativa de produtividade pelo número de grãos; Estimativa de produtividade pelo número de legumes; Estimativa de produtividade da colhedora. Lavoura comercial denominada Área Rio, no município de Tapera/RS safra 2019/2020.

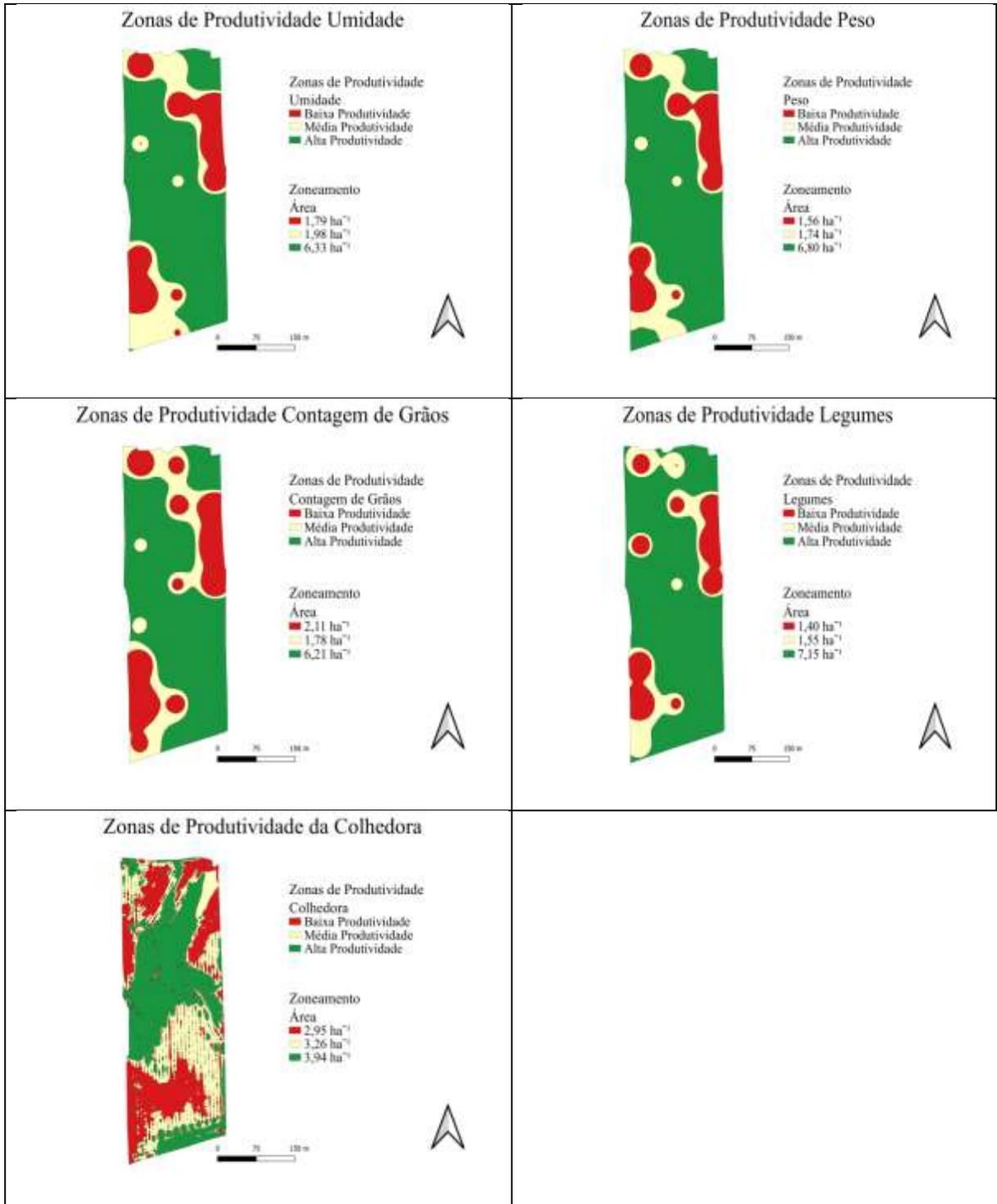
#### 2.5.4 MAPAS ZONAS DE MANEJO

Embora para a safra agrícola avaliada as metodologias de estimativa de produtividade não deram resultados semelhantes ao obtido pela colhedora, a possibilidade de conseguir identificar zonas de maior ou menor produtividade é uma informação muito útil e importante dentro de um sistema de manejo em agricultura de precisão.

A determinação de zonas de manejo permite identificar zonas com restrições químicas e físicas que possam estar limitando o rendimento e, posteriormente, realizar a correção de maneira adequada (MATIAS et al., 2015).

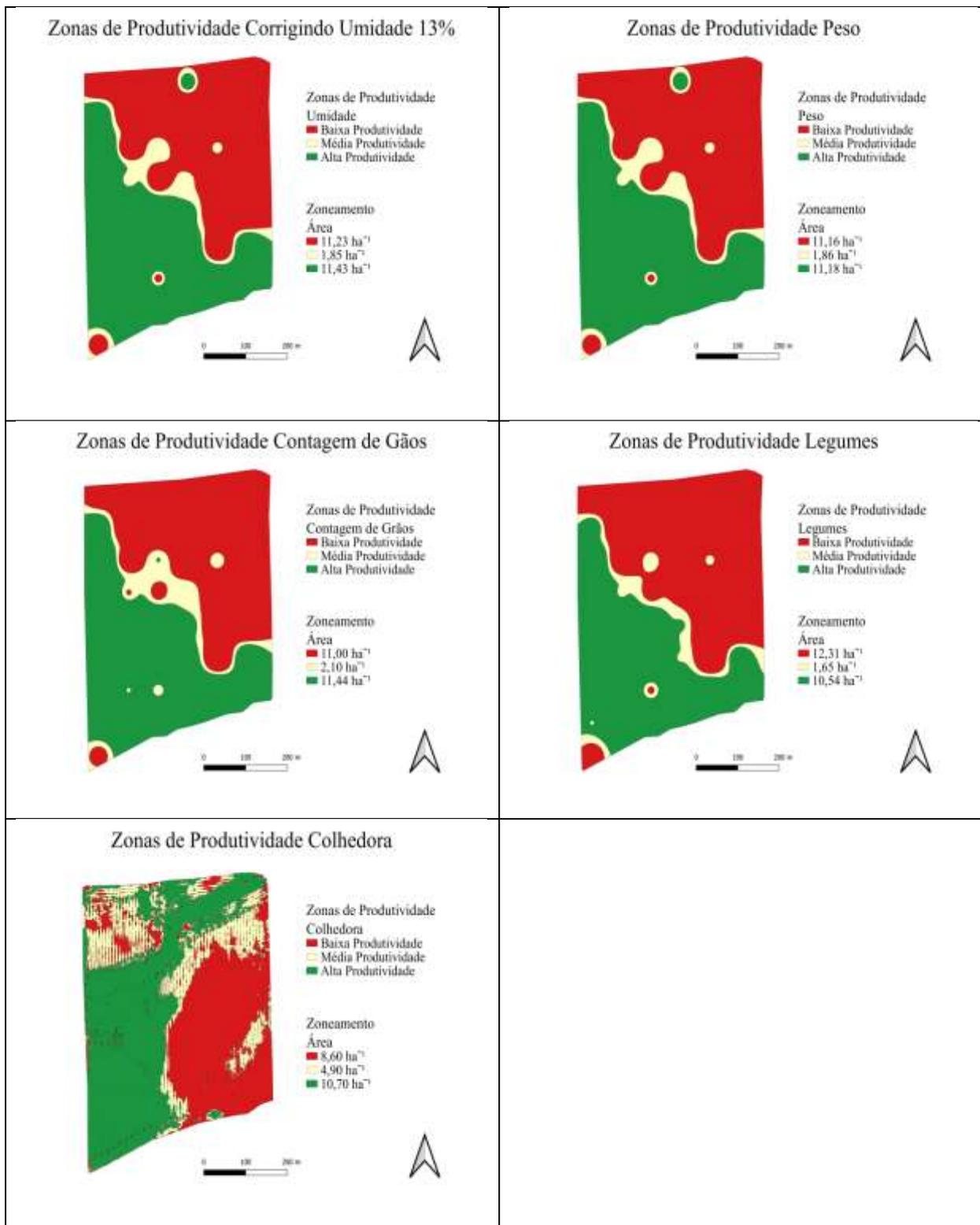
Quando seguida a metodologia do Quadro 2 para a determinação das zonas de manejo, podemos verificar uma tendência visual nos mapas da Figura 4 (zonas de manejo área menor), que todos seguem indicando as mesmas regiões dentro das suas zonas de manejo dentro de cada mapa. Na Figura 5 (zonas de manejo área maior), realizando a mesma comparação visual, podemos observar que entre os métodos de estimativa manual todos apontaram as mesmas regiões de manejo dentro do mapa, porém quando comparado ao mapa da colhedora não segue exatamente a mesma tendência, indicando regiões um

pouco diferentes para as zonas de manejo. Porém, as tendências de alta, média e baixa produtividade, podem ser comparadas em todos os mapas. As diferenças entre eles são, principalmente, devido à densidade amostral diferente.



**Figura 4.** Zonas de manejo gerados pelos métodos: Estimativa de produtividade pelo peso de grãos corrigindo a umidade a 13 %; Estimativa de produtividade pelo peso de grãos; Estimativa de produtividade pelo número de grãos; Estimativa de produtividade pelo número

de legumes; Estimativa de produtividade da colhedora. Lavoura comercial denominada Área menor, município de Tapera/RS safra 2019/2020.



**Figura 5.** Zonas de manejo gerados pelos métodos: Estimativa de produtividade pelo peso de grãos corrigindo a umidade a 13 %; Estimativa de produtividade pelo peso de grãos;

Estimativa de produtividade pelo número de grãos; Estimativa de produtividade pelo número de legumes; Estimativa de produtividade da colhedora. Lavoura comercial denominada Área Rio, município de Tapera/RS safra 2019/2020.

De forma geral, os mapas de zonas de manejo foram eficientes, dentro de suas limitações, em demonstrar as tendências de altas, médias e baixas produtividades, porém, os de estimativa de produtividade gerados por coleta manual não tiveram boa correlação com os gerados através dos dados da colhedora.

Devido ao trabalho ter sido conduzido em um ano atípico (em relação à precipitação), trabalhos futuros deverão ser realizados a fim de aferir se a aumentará a correlação entre as metodologias testadas. Também, por ser um trabalho voltado para o pequeno agricultor, com áreas de lavouras menores, discute-se se uma malha amostral menor (maior densidade amostral) seria mais eficiente para gerar dados mais precisos. Trabalhos futuros deverão também avaliar essa possibilidade de se trabalhar com grid amostral menor.

### **3 CONCLUSÃO**

Os componentes de rendimento superestimaram a produtividade da cultura, mostrando uma correlação fraca entre componentes de rendimento e a colheita mecanizada considerada a padrão.

As estimativas de produtividades através dos componentes de rendimento (de forma isolada) apresentaram uma correlação forte entre eles.

A determinação de as zonas de alta, média e baixa produtividade (zonas de manejo) através dos dados gerados pelas metodologias de estimativa de produtividade testadas se mostrou eficiente, mesmo em safra agrícola com déficit hídrico.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

4 Dicas para Calcular a Produtividade da Soja Corretamente e Melhorar a Gestão da Lavoura, Sucesso no Campo, 2018. Disponível em: <<https://www.sucessonocampo.com.br/4-dicas-para-calcular-a-produtividade-da-soja-corretamente-e-melhorar-a-gestao-da-lavoura/>> Acesso em: 27 dez. 2021.

APROSOJA BRASIL. SOJA BRASILEIRA: HISTÓRIA E PERSPECTIVAS. Associação Brasileira dos Produtores de Soja, 2020. Disponível em: <<https://aprosojabrasil.com.br/comunicacao/blog/2020/08/27/brazilian-soybean-exports/>>, acesso em: Agosto de 2022.

BARATO, M. A. **Definição de zonas de manejo em lavouras agrícolas a partir de mapas de produtividade: estudo de caso.** Dissertação de mestrado. Universidade federal de santa maria colégio politécnico programa de pós-graduação em agricultura de precisão. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/Dissertacao\\_Marcio\\_Adair\\_Barato.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/Dissertacao_Marcio_Adair_Barato.pdf)>. Acesso em: 11 set. 2019.

BOARD, J. E.; TAN, Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. Crop Science, Madison, v.35, n. 3, p. 846-851, May/June 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira** - grãos, v. 6 Safra 2019/20 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-126 Janeiro, 2020

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** V. 7 - Safra 2020/21 - N° 2. Levantamento Novembro 2020. Disponível em: <<file:///C:/Users/garbi/Downloads/GrosZnovembroZresumoZ2019.pdf>>. Acessado em: 13 dez. 2021.

CONAB. ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA: GRÃOS, SAFRA 2020/21. 10° Levantamento, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra/graos>>, acesso em: Agosto de 2022.

Estimando a produtividade na cultura da soja. PIONEER, 2019. Disponível em: <<https://www.pioneersementes.com.br/blog/46/estimando-a-produtividade-na-cultura-da-soja>> . Acesso em: 27 dez. 2021.

EVANS, J.R. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiology, Rockville, v.72, n.2, p.297-302, jun, 1983.

Ezenne, G. I. et al. Current and potential capabilities of uas for crop water productivity in precision agriculture. Agricultural Water Management, v. 218, p. 158-164, 2019.

FONTOURA, Tatiana Brum; COSTA, José Antonio; DAROS, Edelclaiton. Efeitos de níveis e épocas de desfolhamento sobre o rendimento e os componentes do rendimento de grãos da soja. **Scientia Agraria**, v. 7, n. 1-2, p. 49-54, 2006.

FREITAS, R.E .; MENDONÇA, M.A.A. **Expansão Agrícola no Brasil e Participação de anos.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v.54, n.03, p.497-516, 2016.

GAVA, R; FRIZZONE, J. A; SNYDER, R. L. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza-CE, v.9, nº.6, p. 349 - 359, 2015.

GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V.; MATA, J. D. V. **Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho.** Acta Scientiarum Agronomy. v.23, 2001. Disponível em:<<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2570/2056>>. Acesso em:24 mar. 2020.

GREGO, C. R.; OLIVEIRA, R. P.; VIERIA, S. R. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar - Geoestatística aplicada a Agricultura de Precisão.** Brasília/DF, Embrapa. 2014. 74-83 p. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/113646/1/4221.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2020.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro [recurso eletrônico] Londrina: **Embrapa Soja**, 2014. 70p.: il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 349).

LANDIM, P.M.B., MONTEIRO, R. C.& CORSI, A.C. **Introdução á confecção de mapas pelo software SURFER.** DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática,Texto Didático 08, 21 pp. 2002. Disponível em:<<https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/robertowlourenco/dicas-surfer-02.pdf>> Acesso em: 23 mar. 2020.

MACHADO, J.; PADILHA, M. R. F.; LIRA, F. P.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, R. S.; CAETANO, M. B. C. **Agricultura de Precisão e abertura de novas fronteiras no Brasil.** Rev. Geama, Recife/PB. 049-053p. 2018. Disponível em:<<http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/1764/1571>> Acesso em: 15 out. 2019.

MADEIRA, A. Mecanização Agrícola: alguns pontos de reflexão. 2000. Disponível em: . Acesso Agosto de 2022.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Precisão - Boletim Técnico.** Brasília/DF. 2009. 33p.

Matias, S.S.R.; Baptistel, A.C.; Nóbrega, J.C.A.; Andrade, F.R. & Silva, J.B.L. (2015) – Variabilidade espacial dos atributos do solo em duas áreas de manejo convencional no Cerrado piauiense. Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, vol. 58, n. 2, p. 217-227.

MBRAPA. História da soja. 2019.

MOLIN, J. P. **Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão.** ESALQ – USP. 2014. Disponível em:<<http://www.ler.esalq.usp.br/download/CLP%202000.01.PDF>>. Acesso em: 04 nov. 2019.

MOLIN. J; AMARAL. L; COLAÇO. A; Agricultura de Precisão. 1º ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

NEUMAIER, Norman et al. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. **Embrapa Soja- Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2000.

PINHEIRO, J. B.; 2017. Nematoides em Hortaliças. 1º. ed. Brasília: Embrapa Hortaliças, v1. 194p. Disponível em: Acesso: 20 de janeiro de 2022.

PIRES, J.L.F. et al. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.8, p.1541-1547, ago, 2000.

PORTUGAL, A. D. O Desafio da Agricultura Familiar. EMBRAPA, 2002. Disponível em: . Acesso em: Agosto de 2022.

PRADO. E. V; MACHADO. T. A; PRADO. F.M.T. Geração e correlação de zonas de manejo usando sensor SPAD e condutividade elétrica aparente do solo para a cafeicultura irrigada na Zona da Mata Mineira. *REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE AGRONOMIA*, Viçosa-MG: Editora UFV, número 27 – Julho de 2015.

QUEIROZ. D. M; PINTO. F. A. C; ZANDONADI. R. S; EMERICH. I. N; SENA JUNIOR. D. G. Uso de técnicas de agricultura de precisão para a cafeicultura de montanha. In: ZAMBOLIM, L. Efeitos da irrigação sobre a qualidade e produtividade do café. Viçosa: Editora UFV, p.77-108. 2004.

RAMBO. L; COSTA. J. A; PIRES. P; João Leonardo; PARCIANELLO. G; FERREIRA. F. G. RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA E SEUS COMPONENTES POR ESTRATO DO DOSSEL EM FUNÇÃO DO ARRANJO DE PLANTAS E REGIME HÍDRICO *Scientia Agraria*, vol. 3, núm. 1-2, 2002, pp. 79-85 Universidade Federal do Paraná Paraná, Brasil.

SANTI, A. S.; SEBEM, E.; GIOTTO, E. AMADO, T. J. C. **Agricultura de Precisão no Rio Grande do Sul**. CESPOL. Santa Maria/RS. 1ºed. 2016. 309p.

SANTI, Antônio L. et al. Definição de zonas de produtividade em áreas manejadas com agricultura de precisão. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 8, n. 3, p. 510-515, 2013.

SANTOS, A. C., OLIVEIRA, B. D., GOMES, I., & GROF, A. (2018). Fatores e técnicas de produção e sua influência na produtividade e qualidade da soja. *XI ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL*, 1-10

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; PIRES, J.; LAMPERT, E. A.; VARGAS, A. M.; VERDI, A. C. **Grain yield and agronomic traits in soybean according to crop rotation systems**. *Bragantia*, Campinas, v. 73, n. 3, p.263-273, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1678-4499.0136>>. Acessado em: 07 mai. 2020.

SANTOS, L. B. **Viabilidade econômica da implantação de agricultura de precisão na cultura do arroz irrigado em Cachoeira do sul/RS**. Santa Maria - RS – UFSM, 2014. 72p. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <[http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/Dissertacao\\_Lucas\\_Bauer\\_dos\\_Santos.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/Dissertacao_Lucas_Bauer_dos_Santos.pdf)>. Acessado em: 12 nov. 2019.

SILVA, J. S. e; CORRÊA, P. C. Estrutura, **Composição e propriedade dos grãos**. 2014.

SILVA, M. S. L. Principais doenças da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). 2019. D. Acesso em 05 de junho de 2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina / Sociedade Brasileira de Ciência do Solo** – Núcleo Regional Sul: Comissão de Química e Fertilidade do solo RS/SC, 2016.

TSCHIEDEL. M; FERREIRA; M. F. **Introduction the precision farming: concepts and advantages**. Cienc. Rural vol.32. Santa Maria/RS. 2002. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782002000100027&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782002000100027&script=sci_arttext)>. Acesso em: 26 abr. 2020.

USDA - **Departamento de Agricultura dos Estados Unidos**, 2019.

VARELA, A. A.; SENA JUNIOR, D. G. **IT 190- Princípios em Agricultura de Precisão - Estudo do Interpolador IDW do Arcview para Utilização em Agricultura de Precisão**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ. 2008. Disponível em: <[http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT190\\_principios\\_em\\_agricultura\\_de\\_precisao/Aulas/Estudo%20do%20interpolador%20idw%20arcview.htm](http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT190_principios_em_agricultura_de_precisao/Aulas/Estudo%20do%20interpolador%20idw%20arcview.htm)>. Acesso em: 24 mar. 2020.

ZANON, A. J.; TAGLIAPIETRA, E. L.; BEXAIRA, K. P. JUNIOR, A. J. D.; WEBER, P. S.; SILVA, M. R.; CERA, J. C.; RICHTER, G. L. ROCHA, T. S. M.; STRECK, N.A. **Ecofisiologia da soja- Visando altas produtividades**. 1º ed. Santa Maria: [n.s.], 2018. ISBN: 978-85-54856-14-4. 136p.

FEHR, W.R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University os Scince and Technology, 1977. 11p (Special Report, 80).