

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
COLÉGIO POLITÉCNICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA DE  
PRECISÃO

Diego Lopes dos Santos

**DISTRIBUIÇÃO DA PALHADA DE TRIGO E SEU EFEITO SOBRE A  
MICROVARIABILIDADE DA CULTURA DA SOJA**

Santa Maria, RS  
2020

**Diego Lopes dos Santos**

**DISTRIBUIÇÃO DA PALHADA DE TRIGO E SEU EFEITO SOBRE A  
MICROVARIABILIDADE DA CULTURA DA SOJA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agricultura de Precisão.**

Orientador: Prof. Dr. Antônio Luis Santi

Santa Maria, RS  
2020

Santos, Diego Lopes dos

Distribuição da palhada de trigo e seu efeito sobre a microvariabilidade da cultura da soja / Diego Lopes dos Santos.- 2020.

73 p.; 30 cm

Orientador: Antônio Luis Santi

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, RS, 2020

1. Agricultura de Precisão 2. Distribuição de Palhada  
3. Cobertura Vegetal 4. Microvariabilidade I. Santi,  
Antônio Luis II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2020

Todos os direitos autorais reservados a Diego Lopes dos Santos. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: dslopes.diego@gmail.com

**Diego Lopes dos Santos**

**DISTRIBUIÇÃO DA PALHADA DE TRIGO E SEU EFEITO SOBRE A  
MICROVARIABILIDADE DA CULTURA DA SOJA**

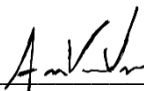
Dissertação de mestrado apresentada ao curso Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Agricultura de Precisão.**

**Aprovado em 31 de março de 2020:**



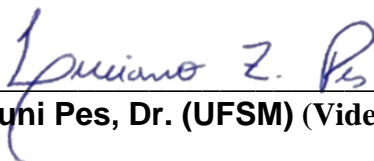
---

**Antônio Luis Santi, Dr. (UFSM) (Videoconferência)**  
(Presidente/Orientador)



---

**André Luis Vian, Dr. (UFRGS) (Videoconferência)**



---

**Luciano Zucuni Pes, Dr. (UFSM) (Videoconferência)**

Santa Maria, RS  
2020

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Adilson Carlos Quintino dos Santos e Adenici Lopes Medeiros, e à minha avó Catarina Santos de Oliveira, que sempre fizeram o possível para me educar e me apoiar ao longo dessa e outras conquistas alcançadas ao longo de minha vida. Que sempre me deram um bom exemplo e me ensinaram a ter garra e determinação para alcançar meus objetivos. À minha noiva Camila Silva, que sempre esteve ao meu lado nos momentos de alegria e tensão ao longo dessa jornada. Ao meu orientador, amigos e colegas.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter me concebido saúde, determinação e sagacidade necessária para atingir todos os meus objetivos.

Aos meus pais, Adilson Carlos e Adenici Lopes, que sempre me deram um bom exemplo de como ser uma pessoa determinada, responsável e disciplinada.

À minha noiva, Camila Silva, que sempre esteve ao meu lado nos momentos felizes e difíceis desse curso.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), que me acolheu no Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão (PPGAP), dando-me a oportunidade de crescer profissional e pessoalmente.

A AGCO Soluções Agrícolas, em especial, ao colega de trabalho e amigo Niumar Aurélio, que me deu a oportunidade de realizar o curso e sempre esteve disposto a ajudar em meu crescimento profissional.

Ao Prof. Dr. Antônio Luís Santi, orientador e amigo, que sempre me ajudou ao longo da realização desta pesquisa, e me guiou para o sucesso nesses últimos dois anos.

Aos colegas de classe do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão (PPGAP), os quais sempre estiveram dispostos a compartilhar seus conhecimentos comigo, ajudando a me tornar um profissional melhor.

Aos colegas do Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas (NEMA) e do Laboratório de Agricultura de Precisão do Sul (LAP SUL), que me apoiaram em inúmeros momentos dessa pesquisa.

Aos meus grandes amigos Tiago Lopes e Vinícius Dutra, que estiveram comigo em vários momentos do curso, sempre me apoiando e tornando essa jornada ainda mais rica e repleta de bons momentos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão (PPGAP), por compartilharem seu vasto conhecimento e me auxiliarem ao longo dessa trajetória.

A todas as pessoas que, de algum modo, contribuíram para a realização desse curso.

A todos, muito obrigado!

*O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.*

*José de Alencar*

## RESUMO

### DISTRIBUIÇÃO DA PALHADA DE TRIGO E SEU EFEITO SOBRE A MICROVARIABILIDADE DA CULTURA DA SOJA

AUTOR: Diego Lopes dos Santos  
ORIENTADOR: Dr. Antônio Luis Santi

A agricultura de precisão e digital vem ganhando corpo de forma rápida no Brasil. O advento de tecnologias provindas da quarta revolução tecnológica em que vivemos estão abrindo caminhos para uma melhor gestão da lavoura. Isso tem tornando possível identificar microvariabilidade dentro de um mesmo talhão, auxiliando o produtor a ser mais acurado nas intervenções, ajudando-o a chegar mais próximo do potencial produtivo da cultivar e do ambiente de produção. A cobertura vegetal nas lavouras desempenha um papel crucial para que se obtenha um bom rendimento da cultura subsequente, além de ser crucial para a preservação do solo. São inúmeros os benefícios trazidos por uma boa cobertura, sendo as principais: preservação da temperatura e umidade do solo, controle de daninhas, controle de erosão, manutenção e incremento de matéria orgânica, preservação da biologia do solo, aporte de nitrogênio e diminuição da compactação do solo. A colhedora de grãos é a principal forma de espalhar a palha no solo, pois realiza essa tarefa simultaneamente com a colheita. Entretanto, quando essa distribuição sofre variação por conta de algumas variáveis externas, a má distribuição da palha pode acontecer, podendo causar microvariabilidade na produtividade, o que não se consegue identificar pelos métodos de mensuração convencionais. O presente trabalho teve como objetivo estudar a distribuição da palhada de trigo e seu efeito sobre a microvariabilidade da cultura da soja, em condição de lavoura. O estudo foi realizado na cidade de Eugênio de Castro - RS, onde foram coletadas amostras de palha de trigo ao centro das linhas de direcionamento da colhedora, e nas entrelinhas, a fim de verificar a variabilidade da deposição da cobertura vegetal. Posteriormente, foram coletadas amostras de produtividades da soja, assim como os componentes de rendimento, nos mesmos pontos onde coletou-se a palha. Utilizou-se de estatística descritiva para análise de todas as variáveis e, para as variáveis produtividade seca e palha seca, foram realizadas análises de variância, correlações lineares de regressão. Os resultados mostraram que as médias de sete dos nove componentes de rendimento analisados eram maiores ao centro da linha de colheita do que nas entrelinhas. A produtividade da soja foi cerca de 12% maior ao centro da linha de colheita, equivalente a 6 sacos de soja/ha. As análises de variância mostraram que o tratamento A (linhas centrais de colheita) geram maiores médias do que o tratamento B (entrelinhas). As análises de correlação indicaram relação moderada entre a produtividade da soja e quantidade de palha de trigo.

**Palavras-chave:** Agricultura de Precisão. Distribuição de Palhada. Cobertura Vegetal. Microvariabilidade.



## ABSTRACT

### DISTRIBUTION OF WHEAT STRAW AND ITS EFFECT ON THE MICROVARIABILITY OF SOYBEAN CULTURE

AUTHOR: Diego Lopes dos Santos

ADVISOR: Dr. Antônio Luis Santi

Precision and digital agriculture is rapidly gaining space in Brazil. The advent of technologies coming from the fourth technological revolution in which we live is paving the way for better crop management. This has made it possible to identify microvariability in the same field, helping the farmer to be more accurate in the interventions, helping him to get closer to the productive potential of the crop and the production environment. Vegetal coverage in the field plays a crucial role in order to obtain a good yield for the subsequent crop, in addition to being crucial for soil preservation. There are many benefits brought by good coverage, the main ones are: preservation of soil temperature and humidity, control of weeds, erosion control, maintenance and increase of organic matter, preservation of soil biology, nitrogen supply and reduced compaction from soil. The harvester is the main way to spread the straw on the soil, as it performs this task simultaneously with the harvest. However, when this distribution varies due to some external variables, an inadequate straw distribution may happen, which can cause microvariability in productivity, which cannot be identified by conventional measurement methods. The present work had as target to study the distribution of wheat straw and its effect on the microvariability of the soybean crop, under field condition. The study was carried out in the city of Eugênio de Castro-RS, where samples of wheat straw were collected in the center of the harvester's guidance lines, and between the lines, in order to verify the variability of the deposition of the vegetation cover. Subsequently samples of soybean yields were collected, as well as yield components, at the same points where straw was collected. Descriptive statistics were used to analyze all variables, and for the variables productivity and dry straw, analyzes of variance, linear regression correlations were performed. The results showed that seven of the nine yield components analyzed had higher averages at the center of the harvest line than between the lines. Soybean productivity was about 12% higher at the center of the harvest line, equivalent to 6 bags of soybeans per hectares. Analysis of variance showed that treatment A (central harvest lines) generate higher averages than treatment B (between the lines). Correlation analyzes indicated a moderate relationship between soybean yield and wheat straw quantity.

**Keywords:** Precision Farming. Straw Distribution. Microvariability. Vegetal Coverage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evidências de má-distribuição da palha do trigo.....	37
Figura 2 – Sistemas de gerenciamento de resíduo em colhedoras de grãos .....	38
Figura 3 – Design de um picador de palha .....	38
Figura 4 – Design de um picador de palha .....	38
Figura 5 – Design de um espalhador de palha .....	39
Figura 6 – Espalhador de palha, equipado em uma colhedora de grãos.....	39
Figura 7 – Identificação da área de pesquisa .....	41
Figura 8 – Modelo Digital do Terreno.....	42
Figura 9 – Médias de temperaturas e precipitações mensais dos últimos 10 anos .....	43
Figura 10 – Esquema para medição da distribuição da palha realizada pela colhedora .....	46
Figura 11 – Método utilizada para definir os locais de coleta dos dados de palha ...	47
Figura 12 – Metodologia para marcação dos pontos amostrais.....	47
Figura 13 – Arranjo dos pontos de coleta de palha na área de estudo.....	48
Figura 14 – Forma de coleta da palha e gabarito .....	48
Figura 15 – Georreferenciamento dos pontos de coleta .....	50
Figura 16 – Pontos de análise de solo.....	51
Figura 17 – Distribuição de palha realizada pela colhedora com espalhador de palha. ....	54
Figura 18 – Mapas interpolados dos atributos CTC, MOS, P e K.....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações sobre as operações de plantio e colheita .....	44
Tabela 2 – Análises estatísticas descritivas das amostras palha seca e soja, coletadas nas linhas e entrelinhas .....	56
Tabela 3 – Estatística descritiva das amostras dos componentes de rendimento da cultura de soja coletadas na linha e entrelinha .....	57
Tabela 4 – Análise de Variância para as variáveis produtividade e palha seca .....	58
Tabela 5 – Análise do intervalo de confiança para regressão linear entre as variáveis palha seca e produtividade .....	61

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Coeficiente de correlação linear e análise de regressão para as variáveis palha seca (x) e produtividade (y), área total.....60
- Gráfico 2 – Coeficientes de correlação linear e análise de regressão para as variáveis X (palha seca) e Y (produtividade), para cada bloco .....61

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	AGRONEGÓCIO BRASILEIRO	14
1.2	PERFIL DO PRODUTOR CONTEMPORÂNEO	14
1.3	TÉCNICAS DE APERFEIÇOAMENTO NO CAMPO	16
1.4	HIPÓTESE	16
1.5	OBJETIVOS	17
1.5.1	Objetivo geral	17
1.5.2	Objetivos específicos	17
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>18</b>
2.1	AGRICULTURA DE PRECISÃO	18
2.2	AGRICULTURA DIGITAL	20
2.2.1	Agricultura 4.0	20
2.2.2	Mão de obra qualificada e serviços inteligentes	20
2.3	A CULTURA DO TRIGO	21
2.4	A CULTURA DA SOJA	22
2.5	SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	23
2.6	PRESERVAÇÃO DO SOLO - COBERTURA VEGETAL	24
2.6.1	Decomposição da palha	25
2.6.2	Relação carbono/nitrogênio	26
2.7	BENEFÍCIOS DA COBERTURA VEGETAL	27
2.7.1	Preservação da temperatura e umidade do solo	27
2.7.2	Controle de daninhas	28
2.7.3	Controle de erosão	28
2.7.4	Manutenção e incremento de matéria orgânica	29
2.7.5	Preservação dos microrganismos	29
2.7.6	Aporte de nitrogênio	30
2.7.7	Compactação do solo	31
2.8	PROTEÇÃO DO SOLO COM PALHA DE TRIGO	32
2.9	VARIABILIDADE NAS LAVOURAS	33
2.9.1	Variabilidade da produtividade	33
2.9.2	Microvariabilidade da produtividade	34
2.9.3	Variabilidade na distribuição da palhada	35
2.10	DISTRIBUIÇÃO DA PALHADA NA COLHEITA MECANIZADA	36
2.11	SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUO	37
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>41</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	41
3.2	CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA E SOLO	42
3.3	OPERAÇÕES REALIZADAS	43
3.4	EQUIPAMENTOS E SOFTWARE	44
3.5	COLETA DE DADOS	45
3.5.1	Amostras de palhada do trigo	45
3.5.2	Amostras de soja	49
3.5.3	Georreferenciamento dos pontos	50
3.5.4	Fertilidade do solo	51
3.6	ANÁLISE DOS DADOS	52

<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>54</b>
4.1	ESPALHADOR DE PALHA .....	54
4.2	MAPAS DE FERTILIDADE DO SOLO .....	54
4.3	ESTATÍSTICA DESCRITIVA .....	56
4.4	ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL.....	58
4.5	TESTE DE NORMALIDADE .....	59
4.6	CORRELAÇÕES E REGRESSÕES.....	59
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>64</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

No que tange ao agronegócio, o Brasil destaca-se como uma das maiores potências mundiais, devido à grande diversidade de culturas e alta produtividade de suas lavouras. Em 2019, o valor bruto de produção (VBP) da agropecuária brasileira atingiu recorde histórico de R\$ 630,9 bilhões, cerca de 2,6% a mais, do volume alcançado no ano anterior (BRASIL, 2020). Os números indicaram um crescimento de 3,81% no PIB do agronegócio brasileiro, sendo o setor responsável por 21,4% do PIB total do país, mostrando ser uma importante “engrenagem” para sua estabilidade econômica e chamariz para investimentos nacionais e internacionais. À vista disso, fica então evidente a força do setor agropecuário do Brasil e sua extrema relevância para o crescimento do país (BRASIL, 2020).

Dentre todos os produtos do agronegócio brasileiro, destacam-se os cultivos de soja, milho e cana de açúcar, totalizando cerca de 80% de toda área destinada à produção agrícola do Brasil. Segundo IBGE, as cinco culturas com maiores áreas cultivadas no Brasil são: a soja, com 35,8 milhões de hectares (ha); o milho, com 17,7 milhões, a cana de açúcar, com 9,6 milhões; o feijão, com 2,9 milhões e o trigo, com 2,1 milhões (SIDRA, 2020). Outros produtos que também vêm se destacando, com crescimento registrado anualmente são: algodão, amendoim, banana, batata-inglesa, mamona e tomate (BRASIL, 2020).

No que tange à balança comercial brasileira, as exportações em geral totalizaram US\$ 97 bilhões em 2019, registrando um volume exportado 6% maior quando comparado à 2018 (CEPEA, 2020). Dentre os dez principais produtos exportados em 2019, oito são provindos do agronegócio, sendo eles: a soja (1º), a carne de frango (3%), a celulose (4º), milho (5º), a carne bovina (6º), o farelo de soja (9º) e café (10º) (MDIC, 2020). O agronegócio na balança comercial do país representa 43,2% de toda venda realizada para o mercado externo.

## 1.2 PERFIL DO PRODUTOR CONTEMPORÂNEO

O produtor rural já entende que, investimentos em técnicas e tecnologias que o auxiliem a alcançar alta produtividade e lucratividade são essenciais nos dias atuais,

para que consiga manter seu negócio rentável. Um outro ponto de destaque é a importância dada à sustentabilidade da agricultura mundial. Segundo projeções da *UN Food and Agriculture Organization*, para que consigamos alimentar toda a população em 2050, estimada em 10 bilhões de pessoas, se fará necessário um crescimento de 70% na produção de alimentos, lançando um enorme desafio para a humanidade, uma vez que, não será possível expandir áreas de cultivo nessa mesma proporção (UN, 2017). Esses pontos fazem com que a comunidade agrícola busque por novas técnicas e tecnologias que sejam capazes de aumentar a produtividade, ao mesmo tempo que otimizam insumos, de forma sustentável e viável economicamente. Nesse mesmo contexto, é importante a utilização racional de insumos, como fitossanitários, fertilizantes e combustível, pois seu consumo de forma indiscriminada pode contribuir para degradação do meio ambiente, ocasionando a poluição de rios, lençóis freáticos, contaminação de seres vivos, deterioração da camada de ozônio, etc.

Além de ter que gerenciar todas essas variáveis, o profissional do ramo agrícola também necessita reduzir seu custo de produção, pois a boa lucratividade é crucial para que os investimentos no processo produtivo continuem a ser feitos, visando à melhoria contínua das técnicas de manejo de solo e planta, na mão de obra e nos ativos da fazenda. Para ter-se como exemplo, considerando apenas investimentos em torno de irrigação em países subdesenvolvidos, calcula-se a necessidade da aplicação de, aproximadamente, 1 trilhão de dólares até 2050. Outros 160 bilhões também precisarão ser investidos em conservação de solo, caso queira-se evitar que pessoas passem fome até essa data (DE CLERCQ, 2018). Essa previsão deixa clara a necessidade de investimento no campo, tanto por parte do produtor, quanto por parte das entidades governamentais. Esses são alguns dos motivos os quais levam à busca por uma agricultura economicamente viável. A adoção de soluções capazes de auxiliar no controle de parte das variáveis envolvidas na produção agrícola torna-se muito importante, ajudando assim, o agricultor a produzir mais e reduzir custos. Tal ação visa garantir uma boa rentabilidade da lavoura, mantendo o ciclo de investimento em novas tecnologias.

Com a intenção de colaborar com esse cenário, e produzir alimentos de uma forma cada vez mais inteligente, a agricultura de precisão (AP) vem sendo crescentemente empregada nas lavouras de todo o mundo. Entre as técnicas mais utilizadas estão: a amostragem de solo, o monitoramento de produtividade, o manejo



de sítio específico de solo e planta, a aplicação de insumos, a taxa variável e o tráfego controlado de máquinas. Um outro conceito que também está sendo bem difundido no campo refere-se à agricultura digital, que emprega tecnologia de ponta para garantir a digitalização das informações do campo, para uma melhor gestão da produção.

### 1.3 TÉCNICAS DE APERFEIÇOAMENTO NO CAMPO

Existe no Brasil uma tendência de a agricultura ser tratada cada vez com mais técnicas inovadoras, buscando seu aperfeiçoamento. Existe a crescente necessidade de alcançar maiores produtividades dentro da mesma área, aliada à otimização do uso de insumos, com objetivo de garantir a sustentabilidade do sistema como um todo. No sistema de plantio direto (SPD), por exemplo, muitas técnicas que melhoram sua eficiência começaram a ganhar atenção nos últimos anos. Nesse contexto, não apenas a rotação da cultura, mas, o manejo da palhada também passa a ter um papel muito importante no sistema. Para Levien et al. (2004), é importante que a palhada esteja bem distribuída sobre o solo, visando evitar a ocorrência de locais com acúmulo ou falhas, causando problemas como: emergência irregular de plântulas, aparecimento de faixas de diferentes fertilidades, áreas mais suscetíveis à erosão, maior emergência de plantas daninhas e eventual embuchamento de plantadoras.

O uso da colhedora, segundo Green et al. (1999), é a maneira mais prática de se manejar o resíduo da colheita, já que se pode determinar a altura de corte, cortar e espalhar a palha na lavoura. Kunz et al. (2008), em estudo avaliando diversas colhedoras na colheita de soja, verificaram que houve irregularidade na distribuição da palha, independentemente da largura de corte do equipamento. Citam ainda que essa irregularidade na distribuição pode ocasionar disponibilidade desuniforme de nutrientes, com maiores teores nas faixas onde ocorre a deposição da palha proveniente das peneiras da colhedora.

### 1.4 HIPÓTESE

A má distribuição da palhada do trigo pode contribuir para microvariabilidade na produtividade da cultura da soja.

## 1.5 OBJETIVOS

### 1.5.1 Objetivo geral

Avaliar a distribuição da palhada do trigo, distribuída pela colhedora, e seu efeito sobre a microvariabilidade espacial da cultura da soja, em condição de lavoura.

### 1.5.2 Objetivos específicos

- Avaliar o perfil de distribuição de palhada procedente do sistema de gestão de resíduos da colhedora;
- Analisar a distribuição da palhada do trigo, deixada ao centro das linhas de trajeto da colhedora e nas extremidades da plataforma de corte (entrelinhas);
- Analisar a produtividade da soja colhida ao centro das linhas de colheita do trigo, assim como, a colhida nas entrelinhas;
- Comparar os dados dos componentes de rendimento da soja obtidos ao centro das linhas de colheita do trigo, com os obtidos nas entrelinhas;
- Identificar a correlação entre a quantidade de palhada de trigo depositada no solo com a produtividade da soja.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO

É possível notar uma grande ascensão do uso de tecnologias nas lavouras do Brasil. O produtor rural contemporâneo necessita aliar a economia de insumos ao aumento de produtividade para se manter no mercado de forma competitiva. Essa é uma das poucas formas de se manter o investimento contínuo em novas técnicas e equipamentos no campo que o auxiliarão a obter altos rendimentos. As lavouras não são gerenciadas da mesma forma que eram nas décadas passadas, uma gestão mais eficiente, tanto da cultura quanto dos ativos da fazenda, é uma necessidade do produtor e, para isso, é indispensável a utilização de ferramentas que o auxiliem a concluir todas as etapas do ciclo de produção agrícola de forma acurada, com o mínimo de gastos possível e maior produtividade.

Invariavelmente, o produtor rural tem que lidar com situações cada vez mais adversas, coisa que no passado não se dava tanta atenção. As variáveis que o produtor necessita gerenciar são tantas, que a adoção de novas tecnologias que o auxiliem nesse processo, acaba sendo imprescindível. Variáveis que não eram muito levadas em consideração no passado, como falta de mão de obra qualificada, relatórios e regulamentações, frotas mistas, volatilidade climática, instabilidade nos custos de insumos e maiores distâncias entre as áreas, hoje são pontos críticos no processo produtivo agrícola, fazendo com que o agricultor invista em ferramentas que o ajudem a administrar esses pontos, tanto quanto os custos envolvidos o permita (AGCO, 2015). Na busca por melhores resultados, encontrou-se na AP muitas soluções com grande potencial de auxiliar a administrar as variáveis do processo agrícola, sendo esse o motivo da AP estar cada vez mais difundida nas lavouras do Brasil e do mundo.

Encontra-se na literatura várias definições sobre AP, desde os mais conservadores até os mais inovadores. Para Manzatto et al. (1999), o principal conceito é aplicar os insumos no local correto, no momento adequado, as quantidades de insumos necessárias à produção agrícola, para áreas cada vez menores e mais homogêneas, tanto quanto a tecnologia e os custos envolvidos o permitam. Já para a EMBRAPA (1997), o termo agricultura de precisão engloba as tecnologias para um

melhor manejo do solo, dos insumos e da cultura, levando em conta as variáveis especiais e temporais que afetam a produtividade.

A AP pode ser concebida como um sistema de gestão ou de gerenciamento da produção agrícola, que emprega um conjunto de tecnologias e procedimentos para que as lavouras e sistemas de produção sejam otimizados, tendo como elemento-chave o manejo da variabilidade da produção e dos fatores envolvidos (MOLIN, 2002). Diante deste cenário, a utilização de ferramentas de AP permite a valorização da variabilidade espacial dos atributos do solo e possibilita manejá-la, visando aumentar a eficiência técnica e econômica do uso de insumos (SANTI et al., 2009). No entanto, o solo é um corpo natural muito complexo, onde traçar estratégias de manejo da variabilidade não é uma tarefa fácil, especialmente, quando se almeja analisar a relação do potencial produtivo das culturas com indicadores físico-químicos do solo (SANTI, 2007).

A AP pode ser facilmente entendida ao imaginar-se essa como um ciclo, o qual contempla as etapas de coleta de dados, análises e intervenções. Ao final de cada ciclo, outro recomeça, safra após safra. Existe no mercado uma gama de produtos tecnológicos indicados para viabilizar as etapas de tal ciclo, cada um com uma aplicabilidade, de acordo com o perfil do produtor. Existem tecnologias, as quais são utilizadas sem a necessidade de outro equipamento para auxílio ou fornecimento de potência, como medidores de compactação, amostradores de solo e GPS portátil para georreferenciamento. Geralmente, essas tecnologias se enquadram na etapa de coleta de dados. Ainda assim, existem também tecnologias que podem vir embarcadas de fábrica no maquinário (em tratores, colhedoras, pulverizadores e implementos). São exemplos dessas tecnologias: sistemas de direcionamento automático; sistemas de correção GNSS; monitores de produtividade; controladores de pulverização com corte de seção; sistemas de distribuição de adubo e semente a taxa variável e sistemas de telemetria. Essas ferramentas destacam-se por já serem uma realidade no campo, com benefícios consolidados.

## 2.2 AGRICULTURA DIGITAL

### 2.2.1 Agricultura 4.0

O termo agricultura 4.0 teve origem na Alemanha em 2015, após um discurso de Carl-Albrecht Bartmer, no momento, presidente da *The German Agriculture Society* (DLG), durante a feira de tecnologia agrícola *Agritechnica* (FRANKELIUS, 2017). O termo refere-se ao impacto de sensores, tecnologias digitais, satélites e robótica no campo, que serão responsáveis por pavimentar o caminho da agricultura de precisão de agora em diante (MULLA, 2013). A agricultura 4.0 preconiza a digitalização dos dados coletados no campo, para melhor embasar a tomada de decisão, subsidiando as próximas intervenções, viabilizando o conceito da agricultura digital. Hoje, tal ação é possível graças à evolução da tecnologia embarcada nas máquinas agrícolas modernas e às tecnologias de conectividade, como celulares e tablets. Assim, é permitida a coleta e disponibilização dos dados da máquina e da cultura ao agricultor, em tempo real e por meio de uma interface de simples interpretação.

O uso dessas ferramentas tecnológicas possibilita colocar em prática os conceitos de IOT (*Internet of Things*), CC (*cloud computing*), Big Data e *Machine Learning* na agricultura, trazendo então, maior profissionalização para o setor, pois viabiliza importantes ações para uma eficiente gestão da produção. Alguns exemplos de tais ações são: a utilização de sistemas integrados de informação do campo, a troca de informações em tempo real entre lavoura e escritório, a decisão baseada em grande quantidade de dados; o diagnóstico dos ativos; operações de forma remota e a geração de indicadores de performance.

### 2.2.2 Mão de obra qualificada e serviços inteligentes

Apenas o desenvolvimento e comercialização de novas tecnologias não são suficientes para garantir o futuro da agricultura mundial. Nesse contexto, a existência de mão de obra qualificada, por exemplo, é de extrema importância. Sem profissionais com bom nível de instrução no campo, o uso de tecnologias pode não ser realizado de forma eficaz, podendo até mesmo, em alguns casos, não se perceber ganho em sua utilização. Para driblar esse problema, alguns institutos e universidades passaram a oferecer cursos de capacitação específicos para a área de tecnologia voltada ao

agro. Um exemplo é o curso de pós-graduação, nível mestrado, oferecido pela Universidade Federal de Santa Maria - RS, desde 2012, que possui uma grade curricular específica, voltada para técnicas e tecnologias aplicadas na AP.

A iniciativa privada também vem investindo na capacitação de recursos humanos para atender a demanda gerada pela AP e AD, formando internamente seus profissionais para atuarem na área. Da mesma forma, parcerias entre indústria e faculdades já podem ser observadas, a fim de formar profissionais para o ramo. Um exemplo é a Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo (Fatec) que oferece curso tecnólogo em áreas correlatas, por meio de uma parceria com uma indústria de equipamentos agrícolas.

Essa capacitação vai de encontro com a demanda das empresas do ramo agrícola, que buscam cada vez mais oferecer ao produtor rural, serviços voltados à AP e AD. Esses serviços visam ajudar o agricultor a melhor adaptar as técnicas de cultivo ao novo panorama da agricultura moderna (mais produtiva e com uso racional de insumos), gerenciar as tecnologias existentes na lavoura e proporcionar uma gestão eficiente dos dados das operações. Montadoras de máquinas agrícolas, por exemplo, estão integrando em seu portfólio esses tipos de serviços, promovendo a integração entre agronomia e tecnologia.

### 2.3 A CULTURA DO TRIGO

Não se tem ao certo quando o trigo entrou no cardápio dos humanos, contudo, alguns estudos permitiram identificar trigos de, aproximadamente, 6.700 anos a.C., em escavações no Iraque. O cultura já foi e continua sendo fundamental para evitar a fome de populações de grandes cidades. Entretanto, por conta da grande concentração de pessoas em áreas urbanas, muito provavelmente boa parte sequer verá uma planta de trigo. Provavelmente, a cultura se manterá como uma das mais acessíveis fontes de alimento da sociedade, pois podem ser encontradas em qualquer parte do mundo, em pães, bolos, bolachas, etc. (TOMASINI et al., 1998).

O trigo é, aproximadamente, 32% da produção mundial de grãos, sendo um dos principais alimentos da sociedade (COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 2003). O consumo de trigo por habitante é cerca de 60kg/ano, sendo o Brasil um grande importador do cereal, oscilando em torno de 6,0 milhões de toneladas, e com potencial de chegar até 10 milhões. (MASCHIO, 2004).

Seu ciclo de desenvolvimento pode ser dividido em três fases: vegetativa, reprodutiva e enchimento de grãos. Cada período tem uma duração distinta, dependendo se deu genótipo e ambiente, delimitada pelos estádios de desenvolvimento. A adaptabilidade do trigo depende das mudanças no ambiente, o qual acelera ou retarda seu desenvolvimento, conforme época do ano, sendo os principais influenciadores, a temperatura e fotoperíodo (RODRIGUES et al., 2011).

## 2.4 A CULTURA DA SOJA

Atualmente, a soja é a maior fonte de renda agrícola brasileira, tendo uma boa representatividade nas lavouras do RS. A cultura vem se expandindo cada vez mais, e atingindo lavouras cada vez menores. O preço do grão remunera bem a atividade e, normalmente, é estável, o que vem ajudando a mudar o cenário agrícola do estado. A soja contribui muito para o cenário agrícola, tanto em áreas rurais, quanto nas cidades, pois ajuda a manter a economia sustentável, em termos ambientais e econômicos. Nesse contexto, manter e aperfeiçoar a produção dessa oleaginosa demanda de um bom cultivo, prezando por diversificação de espécies de plantas em seu sistema de produção (EMBRAPA, 2016).

O indicador de desenvolvimento e crescimento da soja é, em termos gerais, a quantidade de massa seca acumulada na planta. A massa seca é constituída de tudo que existe na planta, como carboidratos, proteínas, lipídeos e nutrientes minerais, com a única exceção da água. A fotossíntese é o processo pelo qual a soja produz grande parte de sua massa seca. O desenvolvimento da planta é dividido em 2 fases: vegetativa (V) e reprodutiva (R). As subdivisões da fase vegetativa se dão por V1, V2, V3, até Vn, com exceção dos dois primeiros estádios, que são representados por VE (emergência) e VC (estádio de cotilédone). O último estágio vegetativo é o Vn, onde “n” indica o número do último nó vegetativo formado por um cultivar específica. O valor de “n” varia de acordo com as variedades e ambientes (RITCHIE, 1998).

A soja surgiu no Rio Grande do Sul (RS) no início do século passado e, até aproximadamente, o ano de 1950 foi muito utilizada nas propriedades rurais para alimentação de suínos. O fato do trigo, nessa época, ter recebido incentivos governamentais à produção, fez com que surgisse a necessidade de encontrar-se uma leguminosa para o cultivo em sucessão. A partir do ano de 1957, a soja foi uma solução para a sucessão do trigo. O seu cultivo iniciou-se para sustentar a economia

regional de milhares de famílias rurais, e com bom preço, liquidez e forte mercado, rapidamente foi adotada por produtores. Um fator também positivo com relação ao seu cultivo é a proteção que oferece a terra durante o ciclo vegetativo, pois cobre a superfície do solo, o enriquecendo com nitrogênio, por ser uma leguminosa (COSTAMILAN; BERTAGNOLI, 2014).

No sul do Brasil, a sucessão trigo-soja é uma das principais alternativas econômicas empregadas (CARAFFA et al., 2016).

## 2.5 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Torres et al. (2005) faz referência ao sistema de plantio direto como um sistema conservacionista de manejo, que mantém os resíduos culturais da cultura anterior na superfície, sendo uma importante técnica para a manutenção e recuperação do potencial produtivo do solo de áreas degradadas. Pode-se dizer que o SPD consiste na semeadura direta, sem o preparo do solo, e que essa técnica altera sensivelmente os componentes físicos, químicos e biológicos dos solos (BALOTA, 1998). Isso porque baseia-se na adição e manutenção de palhada no solo, o que pode vir a melhorar a dinâmica dos nutrientes, por meio de sua disponibilização. (ALVARENGA et al., 2001).

Fatores importantes para que se alcance a eficácia na semeadura direta estão relacionados à quantidade e qualidade dos resíduos produzidos pelas plantas de cobertura, assim como sua persistência no solo (GONÇALVES; CERETTA, 1999). Quando, dentro do conforme, haverá a manutenção ou incremento da matéria orgânica no solo, otimizando a disponibilidade de nutrientes para a cultura subsequente (REICOSCKY; FORCELLA, 1998). Uma série de outros benefícios também podem ser observados, como: redução da erosão dos solos (CARPENEDO; MIELNICZUCK, 1990), elevação dos teores de N total (SOUZA; MELLO, 2000), acúmulo de P (MUZILLI, 1981), e aumento da disponibilidade de P, K, Ca e Mg (CALEGARI et al., 1992) em superfície (TORRES et al., 2005). Assim como, a inclusão de plantas de cobertura, a eficácia do plantio direto também está ligada à rotação de cultura, conciliando então o rendimento econômico com a preservação da capacidade de produção do solo. Quando utilizado a rotação de culturas com espécies de raízes agressivas, o SPD pode ser continuado sem interrupções, mesmo quando ocorrem compactações superficiais (AMARAL et al., 2004).



No SPD, a palhada das culturas de cobertura, deixada sobre o solo, somado aos resíduos das culturas comerciais, ajudam a criar um ambiente propício ao crescimento da planta, também contribuindo para estabilização da produção, assim como a manutenção e recuperação da qualidade do solo. Logo, torna-se necessário a busca por plantas de cobertura que se adaptem a diferentes ambientes edafoclimáticos e se ajustem aos sistemas de rotação de cultura (ALVARENGA et al., 2001). Pesquisas indicam que, em áreas de plantio direto, há mais de 5 anos, existe o aumento significativo nos teores de fósforo nos cinco primeiros centímetros do solo. A redistribuição do nutriente, de forma orgânica, ocorre de forma mais estável, e menos suscetível à fixação, melhorando o proveito dos adubos fosfatados aplicados. Como existe o aumento de teores de nutrientes na camada superficial, a adubação das culturas subsequentes pode ser melhor racionalizada, a partir do quarto ano (KURIHARA et al., 1998).

## 2.6 PRESERVAÇÃO DO SOLO - COBERTURA VEGETAL

Argenton et al. (2015), relata que a utilização de práticas conservacionistas tem recebido atualmente grande ênfase, isso pela capacidade de manutenção e melhoria de propriedades físicas, biológicas e químicas dos solos cultivados, promovendo um melhor rendimento à cultura. Pelo fato do solo ser um recurso de importância fundamental para a produção de alimentos e matéria prima, sua conservação é primordial para a preservação da qualidade (MORETI et al., 2007). A preservação do solo está totalmente ligada à viabilidade da agricultura, tanto nos dias atuais, quanto no futuro. Por esse motivo, ela é de extrema importância. Quando trabalhando com plantas de cobertura, a quantidade de fitomassa produzida dependerá das características das culturas utilizadas, e sua persistência no campo, depende da forma de manejo e tecnologias utilizadas. Muitos dos fatores que afetam a produção de fitomassa de uma cultura estão ligados às condições climáticas, dessa forma, a ciclagem de nutrientes, relação carbono/nitrogênio (C/N), teores de matéria orgânica, níveis de capacidade de troca de cátions (CTC), capacidade de retenção hídrica e cobertura de solo, podem determinar o sucesso ou o fracasso da lavoura. (GONÇALVES et al., 2010).

A conservação do solo envolve um conjunto de ações com o intuito de melhorar sua propriedade, podendo ser entendida de diversas formas. Essas ações têm como

objetivo aumentar o potencial lucrativo, tornando o solo mais fértil, sem promover danos ao meio ambiente. Assim, entende-se que a conservação do solo tem como conceito utilizá-lo de forma racional, mas, não impedir seu uso (SOLO, 2007). Plantas de cobertura permitem maior retenção de água pelo solo, aumentando a capacidade de retenção e diminuindo a evaporação (BRAGAGNOLO; MIELNICZUK, 1990; CAMPOS et al., 1994). Como consequência, a maior umidade do solo, aliada a menor temperatura, auxiliam em uma melhor germinação das sementes quando no estágio inicial (SALTON; MIELNICZUK, 1995).

### **2.6.1 Decomposição da palha**

O manejo dos resíduos culturais resulta em diferentes velocidades de decomposição. Por mais que na literatura não exista um consenso sobre o melhor método para avaliar a decomposição da palhada, são sugeridas por Mellilo et al. (1982) e Berg (1986) medir a concentração de N, relação CN e nível de lignina/N. (TORRES et al., 2005).

A liberação de compostos orgânicos hidrossolúveis (ácidos orgânicos de baixo peso molecular) acontece durante a decomposição dos resíduos vegetais (FRANCHINI et al., 2001). Esses compostos são capazes de formar complexos com magnésio, cálcio e alumínio (PEARSON, 1966), neutralizando então o alumínio tóxico, podendo aumentar a mobilidade do calcário aplicado em superfície e em perfil de solo. Isso, somado à adição constante de resíduos orgânicos pode auxiliar na produção contínua de compostos hidrossolúveis, contribuindo para manutenção e melhoria do solo. (AMARAL et al., 2004)

Gonçalves et al. (2010) diz que, a fragmentação dos materiais orgânicos por meio da ação da macro e mesofauna dá início ao processo de decomposição, seguido pela despolimerização das moléculas complexas, produzindo açúcares, dissacarídeos, ácidos aminados, dipeptídeos, etc. Após passarem pela membrana celular, uma parte desses compostos servirá para síntese microbiana, sendo que, parte também será mineralizada para a produção de energia, resultando na liberação de CO<sub>2</sub> (SYLVIA et al., 1998).

Cada espécie de planta possui uma constituição, onde alguns constituintes podem possuir maior ou menor velocidade de decomposição. As raízes possuem uma menor taxa de decomposição, por serem pobres em carboidratos solúveis e

apresentarem maior concentração de lignina e polímeros fenólicos, já a parte aérea, possui uma decomposição mais acelerada (LUIZ et al., 2007).

Em linhas gerais, os fatores que afetam a taxa de decomposição de resíduos são: o contato solo/resíduo (AMADO et al., 2000; CARVALHO et al., 2008), o regime hídrico (PARTON et al., 2007), a adição de N inorgânico ao solo (MARY et al., 1996), a temperatura do solo (KOENIG et al., 1994), a relação C/N (CARVALHO et al., 2008; MARY et al., 1996; TORRES; PEREIRA, 2008), o teor de lignina e polifenóis (KOENIG et al., 1994; ESPÍNDOLA et al., 2006) e a concentração de N no tecido vegetal (MEDRADO et al., 2011; PARTON et al., 2007). No entanto, entre as características qualitativas, a relação C/N dos resíduos adicionados são de muita importância na decomposição e relação entre mineralização e imobilização de N pela biomassa microbiana (ACOSTA et al., 2014).

### **2.6.2 Relação carbono/nitrogênio**

Segundo Assis et al. (2006), em solos cultivados, são reduzidos os teores de carbono e nitrogênio, isso comparado com mata nativa. Na pedosfera, existem dois tipos de entrada de carbono: o orgânico e o inorgânico, esse último podendo ser encontrado na forma de carbonato e bicarbonato, conforme explicado por Tedesco et al. (1995). Em maior parte, o nitrogênio no solo é encontrado em sua forma orgânica, em uma variedade de compostos radicais, refletindo a diversidade de compostos orgânicos, existentes nos microrganismos e plantas (RAIJ, 1991). Um indicador muito importante da decomposição da matéria orgânica no solo é a relação Carbono-Nitrogênio (C/N), pois, ela dá informação sobre humificação. A relação C/N é muito importante para indicar a competição entre os nutrientes essenciais para os microrganismos. Segundo Neu (2005), quando falamos em Latossolos, por exemplo, a relação C/N está relacionada à atividade biológica, com maior grau de humificação e estabilidade da matéria orgânica, Raij (1983) afirma que a relação C/N afeta diretamente a disponibilidade de nitrogênio disponível no solo.

Dependendo dessa relação C/N, pode ocorrer o esgotamento do N, como no caso de um resíduo com relação C/N alta ( $> 30$ ) ou a liberação do elemento mineralizado se o resíduo apresentar baixa relação ( $< 20$ ) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). Entretanto, estudos dizem que a relação C/N de forma isolada não permite por si só analisar a biodegradabilidade dos resíduos vegetais (TRINSOUTROT et al.,

2000a). É conhecido que a aplicação de N mineral em resíduos orgânicos com alta relação C/N acelera o processo de decomposição. Isso ocorre devido à assimilação de C que é sempre acompanhada pelos níveis de N. Um estudo realizado por Saviozzi et al. (1997) apontou que, quando misturado dejetos de suínos (ricos em N mineral) à palha de trigo (C/N = 79,6), a decomposição da palha acelerou. Isso foi indicado pela emissão de C-CO<sub>2</sub> do tratamento, que superou 23% quando comparado com a decomposição da palha isoladamente (LUIZ et al., 2007).

Dependendo do material incrementado ao solo, pode ocorrer o esgotamento de N, ou a liberação do elemento em forma mineral. A concentração de N no material em decomposição é aumentada à medida que o C é liberado, na forma de CO<sub>2</sub>, fazendo com que a relação C/N seja reduzida. Isso, então, controla o balanço entre os processos de imobilização e mineralização de N. (LUIZ et al., 2007).

## 2.7 BENEFÍCIOS DA COBERTURA VEGETAL

### 2.7.1 Preservação da temperatura e umidade do solo

Por se situar em uma região subtropical, o Rio Grande do Sul possui uma grande amplitude térmica entre o inverno e verão. Durante o verão, o estado passa longos períodos de altas temperaturas, com baixa umidade do solo. Além de ser uma proteção física contra erosão, evitando o impacto da chuva diretamente no solo, a cobertura vegetal também atua como regulador de umidade e temperatura. (ACOSTA, 2004). Em estudos realizados por Mota (1979) em regiões do Rio Grande do Sul, constatou-se que a redução da capacidade calorífica e da condutividade térmica dos solos com incremento de resíduos orgânicos aumenta a capacidade de retenção de água. A temperatura máxima encontrada no solo em períodos mais quentes do dia também é amenizada pelo acúmulo de material orgânico em sua superfície, garantindo um ambiente mais propício ao crescimento vegetal. Assim, fica claro a importância de técnicas de cultivo que proporcionam grandes aportes de matéria orgânica, para região (BRAGAGNOLO; MIELNICZUK 1990). Segundo Derpsch et al. (1985), os efeitos da cobertura vegetal sobre as variações de temperatura dependem da quantidade, qualidade e distribuição dos resíduos sobre o solo. (ACOSTA et al., 2004).

### **2.7.2 Controle de daninhas**

Ultimamente, a presença de cobertura vegetal no solo tem se mostrado muito importante para a diminuição da infestação de plantas daninhas no plantio direto. (VIDAL et al., 1998). Alguns experimentos relacionados à semeadura direta, em Nebraska, EUA, indicaram que 5 e 7 toneladas por ha, de resíduos de palha de trigo foram responsáveis por reduzir a fitomassa de daninhas de 21 e 73%, respectivamente, quando comparando com solos descobertos. (WIKS et al., 1994). Outro estudo realizado por Crutchfield et al., (1985) mostrou que 5 toneladas por ha de resíduos de trigo resultou em 65% menos infestantes, comparados com solos sem resíduos.

### **2.7.3 Controle de erosão**

Dependendo das condições superficiais do solo e da forma de atuação do agente erosivo, a erosão hídrica pode ser dividida entre erosão entressulcos e erosão em sulcos (ELLISON, 1947; MEYER et al., 1975). A erosão em sulcos ocorre em pendentes relativamente curtas, normalmente, orientadas pelo microrrelevo, sendo superficial. Nessas áreas, o escoamento é uniforme e acontece superficialmente. Nos entressulcos, a degradação das partículas de massa do solo é oriunda do impacto das gotas da chuva. A energia cinética das gotas gera pressão de cisalhamento no ponto de impacto, podendo desagregar grandes quantidades de partículas de solo (ELLISON, 1947). Segundo Braidá et al. (1999), o transporte das partículas desagregadas é realizado pelo fluxo superficial raso. Esse fluxo possui uma capacidade de transporte relativamente baixa, mas, é intensificada pelo impacto das gotas de chuva no solo exposto. O impacto das gotas causa uma turbulência no fluxo, mantendo suspensas as partículas de solo degradado (KINNEL, 1988).

A existência de resíduos vegetais na superfície do solo aumenta sua rugosidade hidráulica, reduzindo então, o aumento da profundidade e velocidade do fluxo (FOSTER, 1982). Portanto, a cobertura de solo pode diminuir a erosão entressulcos por impedir o impacto direto das gotas de chuva na superfície, reduzindo a capacidade de transporte do fluxo superficial, e aumentando a profundidade do fluxo, reduzindo a taxa de degradação (MUTCHLER; YOUNG, 1975).

#### **2.7.4 Manutenção e incremento de matéria orgânica**

A matéria orgânica é um outro fator muito importante, que é preservado quando o solo conta com uma boa cobertura vegetal. A quantidade de matéria orgânica do solo é determinada pelo balanço entre a adição de material orgânico adicionado no solo e taxa de decomposição. Assim, maiores adições de carbono no solo podem alterar seu balanço, conseqüentemente, aumentando os teores de CO (BROWN; DICKEY, 1970; SOMMERFELDT; CHANG, 1985).

Ela melhora a agregação do solo e suas características físicas, com bastante notoriedade para permeabilidade e porosidade, além de elevar a CTC no solo e capacidade de retenção hídrica (GONÇALVEZ, 2010). Quando o solo é submetido a sistemas de preparo com revolvimento, ocorre uma rápida queda no estoque de matéria orgânica, decorrente da oxidação microbiana e aumento das perdas por erosão hídrica (SILVA et al., 1994). Por isso, técnicas de proteção de solo, como a cobertura vegetal, sem o revolvimento, são de extrema importância para a sustentabilidade das características orgânicas do solo.

#### **2.7.5 Preservação dos microrganismos**

A atividade dos microrganismos decompositores, assim como outros fatores do ambiente, estão diretamente ligados à decomposição dos resíduos orgânicos. Os microrganismos presentes no solo participam diretamente do ciclo biogeoquímico dos nutrientes, mediando sua disponibilidade no solo e atuando diretamente nos processos de decomposição da matéria orgânica, permitindo existir no solo um reservatório de vários nutrientes (GRISI; GRAY, 1986). A velocidade do processo de decomposição é em função dos fatores bióticos e abióticos, definindo assim, a persistência dos resíduos na superfície do solo (ESPÍNDOLA et al., 2006). A temperatura (CAMPBELL et al., 1981; JENKINSON, 1965), a umidade (RANNELS; WAGGNER, 1992), o teor de matéria orgânica, (DICK, 1983; DORAN, 1980), a localização (PARKER; LARSON, 1962; SMITH; SHARPLEY, 1990) e a quantidade de material adicionado (BROWN; DICKEY, 1970) afetam diretamente a decomposição dos resíduos, mas, são os microrganismos heterotróficos, os principais agentes responsáveis por realizar a decomposição. Ao longo do processo de decomposição eles obtêm elementos essenciais para sua nutrição, assim como o carbono,

necessário à produção de energia e formação de tecidos microbianos (AITA, 1997). Após ser decomposta pelos microrganismos, a palhada libera fósforo, nitrogênio e enxofre (VANLAUWE et al., 1994; TORRES; SARAIVA, 1999).

### **2.7.6 Aporte de nitrogênio**

Um elemento essencial para a planta é o Nitrogênio (N), pois participa de uma série de rotas metabólicas em sua bioquímica. O nitrogênio constitui importantes moléculas, como ATP, NADH, NADPH, clorofila, proteínas de armazenamento, ácidos nucleicos, e enzimas (HARPER, 1994).

Além de ser importante biologicamente, o N é o nutriente mais difícil de ser manejado nos solos de regiões tropicais e subtropicais, devido à alta instabilidade e ao número de reações que está sujeito (ERNANI, 2003; SANGOI, 2007). Grande quantidade de N está concentrada na parte aérea das culturas de cobertura, apesar disso, o aproveitamento do nutriente pela cultura sucessora irá depender do sincronismo entre taxa de demanda da cultura e a decomposição da biomassa (BRAZ et al., 2006).

O N, após liberação na fonte mineral ou orgânica, pode ser absorvido, perdido por lixiviação, volatilização, erosão e desnitrificação, além de poder também permanecer no solo, em maior parte na forma orgânica. Isso torna imprescindível o conhecimento das interações entre manejo dos adubos verdes, exigências nutricionais da planta, e doses de fertilizantes minerais nitrogenados, pois assim é possível melhor utilizar-se das estratégias e técnicas de manejo que otimizem o aproveitamento do nitrogênio (BRAZ et al., 2006).

As plantas de cobertura contribuem muito quando se trata de adicionar N no solo quando leguminosas. (DERPSCH et al., 1985). Entretanto, segundo Floss (2000), as palhadas de gramíneas também são fornecedoras de nutrientes às culturas sucessoras a médio e longo prazo, especialmente, na camada superficial. (BRAZ et al., 2006). Ranells e Wagger (1996) demonstram em seus estudos que, quando se utiliza o consórcio de leguminosas e gramíneas, consegue-se obter uma fitomassa com relação C/N equivalente intermediária, trazendo então benefícios à cultura de sucessão. As características químicas importantes de cada tipo de resíduo vegetal, como relação C/N (VIGIL; KISSEL, 1988), teores de lignina e polifenóis (FOX et al., 1990; MASON, 1980; PALM; SANCHEZ, 1991), e teor de P e relação C/P

(COSGROVE, 1967; FULLER et al., 1956) influenciam na decomposição e mineralização de N e P. (WISNIEWSKI et al., 1997).

Por mais que a questão da aplicação ou não de nitrogênio na cultura de soja seja polêmica, pesquisadores sugerem que esse macronutriente pode ser utilizado para adubar as culturas de inverno que antecedem a soja, como ao longo do cultivo de uma gramínea. Dessa forma, haveria o aumento da produção de matéria seca e maior concentração de nutrientes.

### **2.7.7 Compactação do solo**

O trânsito de máquinas agrícolas e animais sobre o solo, quando esse se encontra em condições inadequadas de umidade, é uma das principais causas da compactação identificada na lavoura, causando danos à produção das culturas vegetais, uma vez que, a umidade do solo é um dos principais fatores determinantes da susceptibilidade à compactação (DIAS JUNIOR; PIERCE, 1996; SILVA et al., 2002). Caracteriza-se por compactação: a taxa de difusão de oxigênio, redução do volume de poros, aumento da densidade da resistência física e da energia com que a água é mantida no solo (MÜLLER et al., 2001). A compactação em grau moderado pode aumentar a disponibilidade de água para as culturas, em solos não cultivados. (ROSENBERG, 1964). Por outro lado, caso a compactação seja acentuada, a presença de poros capilares pode ser reduzida (VEIHMEYER; HENDRICKSON, 1948). A compactação do solo pode ser um fator crítico para o desenvolvimento da planta, principalmente, quando os níveis são altos, podendo diminuir a quantidade de água disponível para o sistema radicular, prejudicando-o por manter as raízes acima da camada compactada. Quando isso ocorre, o volume de solo explorado pelas raízes é menor, deixando-as com menor acesso à ar, água e nutrientes, limitando então, a produtividade. Em solos mais compactados, o sistema radicular tende a se desenvolver lateralmente, criando raízes mais finas, podendo adentrarem em poros do solo diâmetro reduzido. (FOLONI et al., 2006). A utilização de plantas de cobertura pode ajudar a melhorar essa condição, pois suas raízes ajudam no processo de aeração do solo, além da camada protetora que, posteriormente, fica sobre o solo, o protege de impactos, como o proporcionado por gotas de chuva. Estudos realizados por Albuquerque et al. (1995) e Campos et al. (1995), em Latossolo Vermelho distrófico argiloso, e por Wohlenberg et al. (2004), em Argissolo Vermelho



constatarem que, ao realizar a rotação de culturas, com intuito de preservar a qualidade do solo sem a necessidade de revolvimento, ocorreram diminuição da densidade do solo, melhorias na sua condutividade hidráulica saturada, aumento da porosidade e melhoras na estabilidade de agregados. (GENERO JUNIOR et al., 2009).

Em geral, observa-se que, para um mesmo nível de energia aplicado ao solo, quanto maior o teor de matéria orgânica desse, menor é o valor de densidade máxima e maior é o teor de água necessário para atingi-lo (BRAIDA, 2006). Esse fato foi observado em estudos que consideraram diferentes teores de matéria orgânica (Aragón et al., 2000; BALL et al., 2000), em estudos com solos distintos de mesma textura e com diferentes teores de matéria orgânica (Silva et al., 1986) e, em estudos com a adição ao solo de material orgânico semidecomposto (STONE; EKWUE, 1993; ZHANG et al., 1997). Segundo as pesquisas, isso ocorre pelo efeito amortecedor da matéria orgânica, que resulta em dissipação de parte da energia aplicada; capacidade de retenção da água da matéria orgânica, capacidade da matéria orgânica em estabelecer ligações entre as partículas de solo, aumentando a coesão entre essas, e baixa densidade da matéria orgânica, uma vez que, quando se aumenta o teor de matéria orgânica, diminui-se a densidade da mistura: solo e matéria orgânica. (BRAIDA, 2006).

## 2.8 PROTEÇÃO DO SOLO COM PALHA DE TRIGO

Ultimamente, no Brasil, trabalhos com plantas de cobertura no outono e inverno vêm sendo realizados com certa frequência, visando caracterizar a decomposição e a liberação do N de resíduos culturais (DA ROS, 1993; RANELLS; WAGGER, 1992; RANELLS; WAGGER, 1996; WAGGER, 1989a). Esses trabalhos evidenciam que as leguminosas são rapidamente decompostas após seu manejo, quando utilizadas como culturas solteiras. Isso pode resultar em um assincronismo entre a liberação de N dos resíduos culturais e da demanda da cultura em sucessão. Além do mais, a baixa relação C/N das leguminosas, que resulta a rápida decomposição, diminui a eficiência na manutenção da umidade e na proteção do solo contra erosão. (DERPSCH et al., 1985; AITA et al., 2003). Nesse aspecto, a palhada de uma gramínea, como a do trigo, tende a ser mais interessante de se trabalhar, por ter uma decomposição mais lenta.

Isso pensando em aporte de nitrogênio gradual, e maior tempo de proteção do solo, devido sua relação C/N elevada.

## 2.9 VARIABILIDADE NAS LAVOURAS

Uma das principais ações de gestão na agricultura é a identificação da variabilidade da lavoura, sendo um importante aspecto estudado dentro da AP e considerada por muitos pesquisadores e usuários, seu ponto de partida. As variáveis suscetíveis à variação na lavoura são inúmeras, sendo que, as mais estudadas estão relacionadas a atributos físicos e químicos do solo, assim como a produtividade da cultura. Souza et al. (2004) relata que os atributos físicos do solo variam entre pontos relativamente próximos em áreas de mesma unidade taxonômica, muitas vezes, de forma significativa. Segundo Schaffrath et al. (2008), tal desuniformidade pode estar associada ao sistema de manejo, às culturas adotadas e às características intrínsecas do solo, relacionadas com seus fatores e processos de formação. O fato de não existir muita coerência entre as respostas obtidas por meio do uso de ferramentas clássicas da estatística, fez com que a geoestatística tivesse aplicação mais adequada nessa área (SANTOS, 2012). Ao referir-se à variabilidade da produtividade, pode-se afirmar que ela representa a resposta da cultura ao manejo, sendo sua identificação muito importante para que se possa realizar uma investigação aprofundada sobre as causas de tais variações. A forma convencional de se identificar a viabilidade de um talhão é por meio de monitores de produtividade, os quais estimam a quantidade colhida de forma dinâmica, ao longo da colheita.

### 2.9.1 Variabilidade da produtividade

Após a colheita, é possível extrair da máquina um conjunto de dados de produtividade, georreferenciados que, posteriormente, são trabalhados para que então possam dar origem a mapas de produtividade. Esses mapas são compostos por pontos, sendo cada um definido em função da velocidade de deslocamento da colhedora, do tempo de coleta de cada ponto, da largura da plataforma e do fluxo de massa colhida. De posse desses dados, pode-se trabalhá-los nos mais diversos *software* de informações geográficas (SIG) (MOLIN et al., 2015) e plataformas digitais.

São várias as utilidades de um mapa de produtividade. Além da investigação da variabilidade, podemos atribuir três principais usos: o primeiro é o entendimento das relações de causa e efeito, ou seja, entender por que a produtividade está sendo prejudicada ou favorecida em determinado ponto; o segundo, é a reposição de nutrientes baseado na quantidade exportada pela cultura, assim como refinamento das equações de recomendações de fertilizantes à taxa variável; o terceiro uso, é relacionado a identificar zonas de produtividades semelhantes, e tratá-las de forma diferenciada, o que é conhecido como gestão por unidade diferenciada ou por zonas de manejo. É importante salientar que a produtividade tende a apresentar tanto variabilidade espacial, quanto temporal, essa última referente a produtividades distintas entre as safras. Quando se analisa um mapa de produtividade de apenas um período, é possível se observar a variabilidade espacial, entretanto, quando se analisa vários mapas de uma mesma área, provindos de várias safras, é possível identificar a variação da produtividade ao longo do tempo (MOLIN et al., 2015).

Em estudos realizados por Milani et al. (2006), observou-se que o manejo localizado tendeu a apresentar produtividades mais homogêneas e superiores ao manejo realizado uniformemente. Entretanto, esse estudo requer análise de um histórico de mapas de produtividade, considerando várias safras e diferentes culturas, para que então sejam contempladas as variabilidades temporal e espacial (BLACKMORE et al., 2003).

### **2.9.2 Microvariabilidade da produtividade**

Define-se como microvariabilidade da produtividade a variabilidade espacial de menor escala presente na produtividade da cultura, a qual não se consegue estimar pelo monitor de produtividade da colhedora. Isso se dá em virtude de a variabilidade estar presente em menor grandeza do que um ponto de produtividade, o qual é calculado em função da largura da plataforma. Deste modo, não se torna possível identificar a microvariabilidade da produtividade na lavoura analisando apenas dados gerados pelo monitor. Para tal identificação, é necessário estudar pontos mais próximos, utilizando-se malhas amostrais com distâncias entre pontos menores do que a largura da plataforma de colheita.

### 2.9.3 Variabilidade na distribuição da palhada

O conceito de variabilidade na lavoura não é recente, entretanto, ele tem se limitado a parâmetros de fertilidade física do solo e produtividade. Por mais que o enfoque sobre esses atributos seja essencial, as tecnologias advindas da AP nos possibilitam trabalhar outras variáveis, que também podem afetar a produtividade. Técnicas de amostragem de solo, taxa variada de corretivos e fertilizantes, assim como o monitoramento de colheita, já são amplamente conhecidas e utilizadas. Mas, as ferramentas geoespaciais também possibilitam o monitoramento de aspectos ligados à conservação do solo, embora não existam muitos estudos correlacionados. Uma das possibilidades é o monitoramento da distribuição da palhada no solo, a fim de identificar sua variabilidade e possíveis efeitos sobre a cultura subsequente (SANTI et al., 2016).

O conhecimento da produção de palha pelos sistemas de cobertura outono/inverno, assim como sua distribuição no solo, é muito importante, uma vez que, pode afetar diretamente a cultura subsequente. Por mais que esse critério não seja decisório, quando analisado isoladamente, é evidente que a variabilidade da cobertura existente dentro de uma mesma lavoura, pode então perturbar o sistema de produção. Em certos casos, é possível observar situações de pontos na lavoura com duas a três vezes maior produção de palha, o que indica a necessidade de uma forma de gestão e manejo diferenciados (SANTI et al., 2016).

Um aspecto interessante a ser estudado, é justamente da variabilidade da cobertura vegetal, identificando onde ela ocorre e com qual intensidade. Como, normalmente, as lavouras possuem zonas de baixa, média e alta produtividade, isso pode levar a variabilidade na produção de matéria seca depositada no solo. Desse modo, algumas áreas podem apresentar cada vez mais nutrientes, enquanto outras continuam com um déficit. Surge então a hipótese de que, a variabilidade espacial dos nutrientes do solo pode ter relação com a variabilidade da cobertura vegetal, principalmente, sobre a deixada após colheita da cultura de inverno (SANTI et al., 2016).

Quantidades aceitáveis de resíduo, assim como o limite permitido, dependem de muitos fatores e variáveis específicas. Devem ser considerados o tipo de cultura, clima, equipamentos, condições do resíduo e quantidade de resíduo restante sobre a planta emergente (SMITH, 1996). Para Alvagenga (2001), pode-se considerar 6

toneladas por hectare uma adequada quantidade de resíduos sobre a superfície do solo, em áreas onde se aplica o SPD, garantindo uma boa taxa de cobertura de solo.

## 2.10 DISTRIBUIÇÃO DA PALHADA NA COLHEITA MECANIZADA

O manejo mecânico da palha inicia-se durante a operação de colheita, uma vez que, o fracionamento e distribuição da palha que passa no interior da colhedora são de fundamental importância (KUNZ, 2008). No entanto, a presença de palha em si, não é garantia de sucesso. Segundo Levien et al. (2004), é importante que essa palha esteja bem distribuída sobre o solo.

Geralmente, o manejo mecânico da palha tem início durante a operação de colheita, sendo o espalhamento da palha realizado pela própria colhedora. Essa é a forma mais prática para a gestão dos resíduos vegetais, uma vez que, por meio da colhedora, pode-se cortar e espalhar a palha uniformemente na lavoura (ALBERTA, 1999). Como existe a necessidade de uma boa cobertura vegetal no solo, a fim de garantir máximos benefícios para cultura subsequente, é importante que a distribuição dos resíduos seja eficaz. Para isso, os mecanismos de distribuição devem ser eficientes o bastante para garantirem uma distribuição de boa qualidade, evitando falhas ou excessos em pontos na lavoura ao longo da colheita. Nas últimas décadas, a largura de corte das colhedoras tem aumentado, juntamente com a produção de massa seca das cultivares, levando a quantidades elevadas de resíduo sendo processado pela máquina. Veseth et al. (1997) evidenciaram que, na colheita de trigo, a boa distribuição do resíduo vegetal tem sido comprometida, sendo que um dos principais pontos que leva a isso, é a ineficiência dos dispositivos de espalhamento de palha que, em alguns momentos, não atendem a largura da plataforma.

Figura 1 – Evidências de má-distribuição da palha do trigo



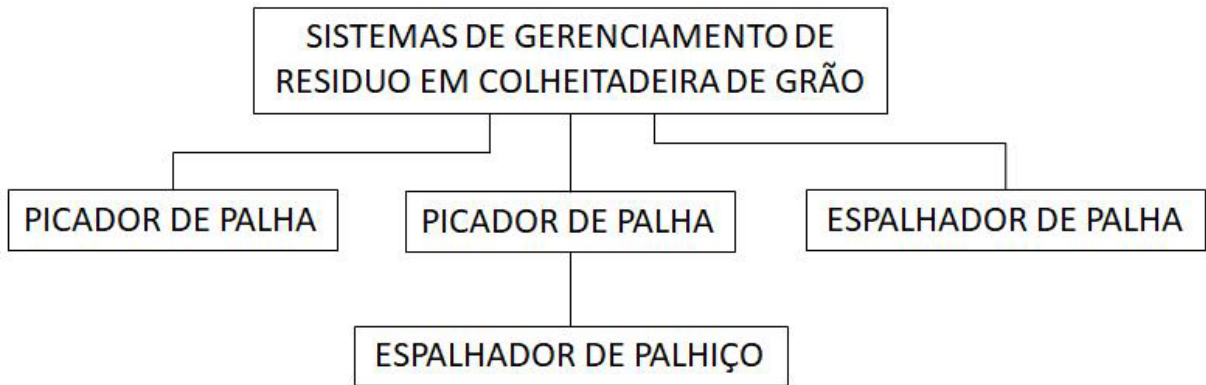
Fonte: Acervo Próprio (2018).

As linhas com má distribuição de palha, deixadas por um sistema de distribuição ineficaz, normalmente encontram-se no cruzamento das linhas centrais de colheita, ou seja, nas entrelinhas. Essas áreas podem estar suscetíveis a menores produtividades, quando comparadas com as linhas com boa distribuição, isso, devido à cultura de sucessão não ter acesso a todos os benefícios de uma boa cobertura vegetal.

## 2.11 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUO

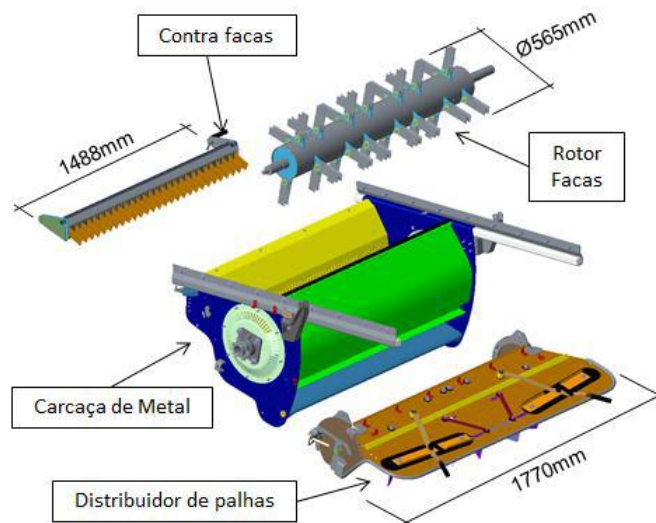
A palha proveniente do sistema de processamento de grãos, assim como do sistema de limpeza da colhedora, ao final do processo é enviada ao sistema de gerenciamento de resíduo, que tem como função picar a palha e espalhar ou apenas espalhar, de forma homogênea e, na mesma largura do corte da plataforma. Atualmente, existe no mercado três sistemas de gerenciamento de resíduos, os quais podem ser equipados em uma colhedora de grãos. São eles: o espalhador de palhicho, o picador de palhas e espalhador de palhas. A opção do sistema ser utilizado é de escolha do cliente, no momento da aquisição da máquina, sendo possível configurar a colhedora com picador de palha, com picador de palha e espalhador de palhicho, ou com o espalhador de palhas (TOLOTTI, 2018) Esse último, trata-se de um desenvolvimento mais recente, quando comparado com os demais sistemas de gestão de resíduos.

Figura 2 – Sistemas de gerenciamento de resíduo em colhedoras de grãos



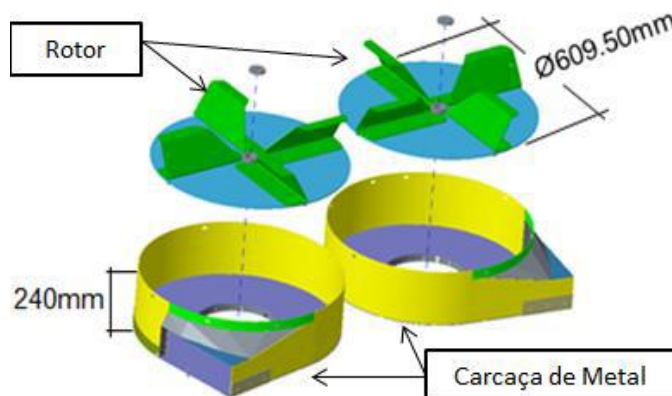
Fonte: Tolotti (2018)

Figura 3 – Design de um picador de palha



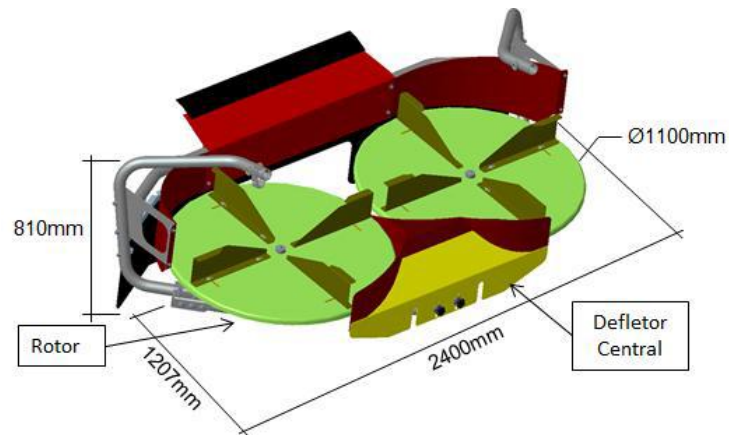
Fonte: Tolotti (2018)

Figura 4 – Design de um picador de palha



Fonte: Tolotti (2018)

Figura 5 – Design de um espalhador de palha



Fonte: Tolotti (2018)

O espalhador de palha vem sendo embarcado em colhedoras com cada vez mais frequência, com o objetivo de atender a necessidade da boa distribuição do resíduo vegetal ao longo de toda largura das plataformas atuais no mercado (mais largas), substituindo então, o picador de palha e espalhador de palhicho. Segundo Tolotti (2018), o espalhador é constituído por rotores com pás de metais, sendo que um rotor gira no sentido horário e outro anti-horário, acionados por motores hidráulicos com rotação de trabalho em torno de 350rpm.

Figura 6 – Espalhador de palha, equipado em uma colhedora de grãos



Fonte: Acervo Próprio (2018)



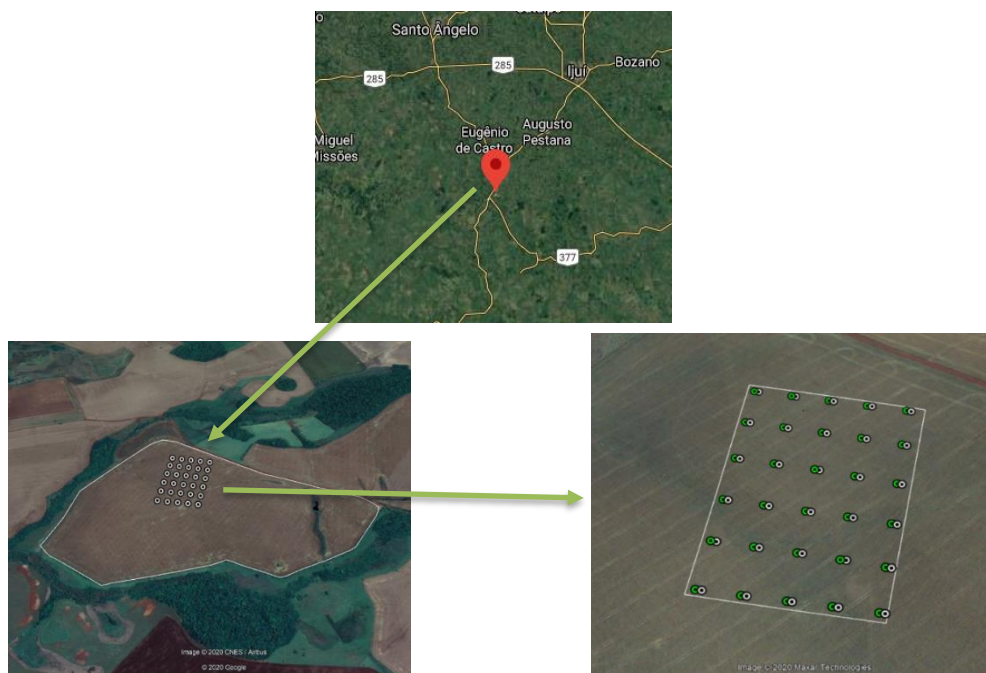
Para Bandeirantes (2005), o mecanismo tem a finalidade de efetuar a distribuição uniforme da palha sem promover a fragmentação da mesma e com baixo consumo de combustível. Quando bem regulado, esse equipamento tem garantido uma melhor distribuição da palha, atendendo a cobertura de maiores larguras de plataformas, como as de 40 e 45 pés. É importante ressaltar que, por mais que o espalhador esteja bem regulado e performando adequadamente, variáveis como o vento e declividade podem exercer considerável impacto na distribuição da palha, provocando falhas localizadas ou acúmulos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

Realizou-se o experimento no município de Eugênio de Castro, localizado na região do Planalto do Estado do Rio Grande do Sul, ao longo do ano agrícola de 2018/2019. O estudo ocorreu em uma lavoura comercial de, aproximadamente, 52 ha, sendo que a parte destinada ao estudo possuía cerca de 7 ha. As coordenadas geográficas da área são  $28^{\circ}38'14.76''S$  e  $54^{\circ}19'37.19''O$ , Datum WGS 84, meridiano central.

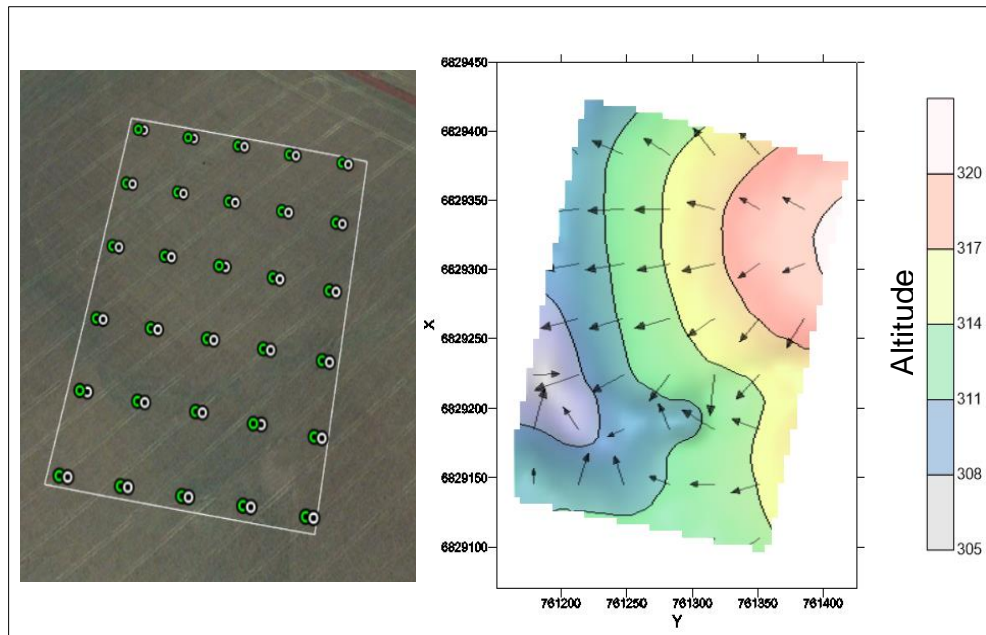
Figura 7 – Identificação da área de pesquisa



Fonte: Google Earth (2020)

Realizou-se um estudo de declividade do terreno, via modelo digital de elevação, para identificação do sentido da declividade e variações de altitude, com o intuito de auxiliar a determinar o melhor sentido das operações mecanizadas. (Figura 8).

Figura 8 – Modelo Digital do Terreno

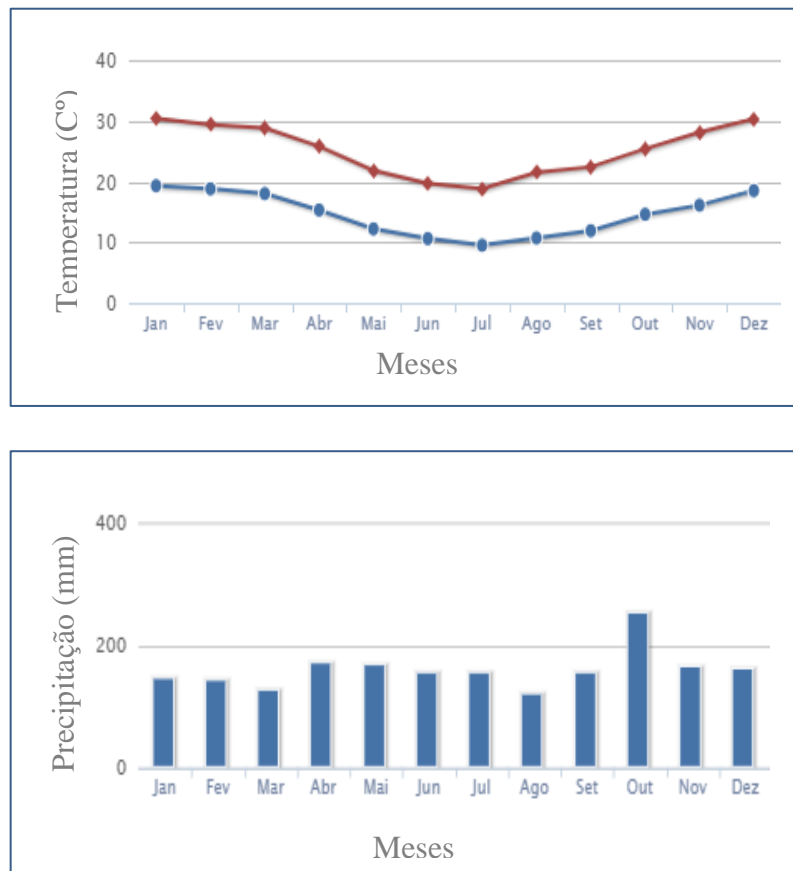


Fonte: Acervo Próprio (2018)

### 3.2 CLASSIFICAÇÃO CLIMATOLÓGICA E SOLO

O clima da região é classificado como Cfa subtropical, segundo Köppen-Geiger, de verões quentes, sem definição de estações secas. A temperatura média normal do ar no mês mais quente ocorre em janeiro ( $30,4^{\circ}\text{C}$ ) e a do mês mais frio em julho ( $9,5^{\circ}\text{C}$ ). A média normal das máximas é de  $30,4^{\circ}\text{C}$ , em janeiro, e de  $19,2^{\circ}\text{C}$ , em junho. A média das temperaturas mínimas do mês mais quente é de  $25,2^{\circ}\text{C}$ , em dezembro, e de  $14,6^{\circ}\text{C}$  a do mês mais frio, em julho. As chuvas são distribuídas regularmente em, praticamente, todos os meses do ano, sem estação seca definida, com precipitação mensal oscilando entre 119,7 mm a 253,5 mm. O tipo de solo da área é definido como Latossolo Vermelho Disfórico.

Figura 9 – Médias de temperaturas e precipitações mensais dos últimos 10 anos



Fonte: IRGA (2019)

### 3.3 OPERAÇÕES REALIZADAS

A área de estudo vem sendo manejada há mais de 20 anos utilizando-se sistema de plantio direto, com produção de grãos. Todos os anos são cultivados trigo, como cultura de inverno, e soja, como cultura de verão, sendo que no outono a área permanece em pousio. As informações decorrentes da safra a qual realizou-se a pesquisa podem ser observadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Informações sobre as operações de plantio e colheita

	Trigo	Soja
Variedade	Oro-LG	Ponta - Brasmax
População de Plantas	470 mil/ha	240 mil/ha
Espaçamento	17 cm	45 cm
Adubação	MAP, 150kg Ureia Cloretada, 150 kg	KCL, 150kg
Método de Adubação	Sulco	Lanço
Distribuição	Fixa	Variável
Data do Plantio	05/06/2018	17/11/2018
Data da Colheita	05/11/2018	27/03/2019

MAP – Fosfato Monoamônico, KCL – Cloreto de Potássio

### 3.4 EQUIPAMENTOS E SOFTWARE

Os equipamentos, *software* e plataformas digitais utilizados ao longo da pesquisa estão discriminados a seguir:

#### COLETA DA PALHA

- a) Colhedora classe VIII, com 470 cavalos de potência, de fluxo axial; com sistema de direcionamento automático, operando com sinal de correção RTK, via base móvel; monitor de produtividade e umidade; espalhador de palha;
- b) Plataforma de corte de esteira, com 40 pés de largura;
- c) Gabarito para coleta de palha, de 0,250 metros quadrados;
- d) Tesouras de poda;
- e) Trena de 25 metros;
- f) Cordão gabarito de 50 metros;
- g) Estação Base Total, marca Topcon, modelo Hiper AG.

#### COLETA DA SOJA

- a) Duas bases RTK, marca Topcon, modelos Hiper V;
- b) Sacos de estopa;
- c) Tesouras de poda;
- d) Batedor de grãos;
- e) Balança de precisão;

f) Medidor de umidade portátil.

#### ANÁLISE DOS DADOS

- a) *Software* Topcon Tools v8.2
- b) *Software* R Studio, v3.6.3;
- c) *Software* Excel 2010;
- d) *Software* QGIS v2.18.28;
- e) *Software* Auto-Cad Civil Estudant 2019;
- f) TCGeo IBGE
- g) *Software* Vesper v1.63;
- h) *Software* Surface Pro-Water;
- i) Plataforma Digital InCeres.

### 3.5 COLETA DE DADOS

As coletas de dados em campo ocorreram em condições normais de cultivo, sendo realizadas dentro das seguintes operações: no período de pré-colheita do trigo, coletaram-se dados do perímetro da área; durante a operação de colheita do trigo, coletaram-se amostras de palha; no período de pré-colheita da soja, alocaram-se os pontos de coleta para amostragem da cultura; e ao início da operação de colheita da soja, coletaram-se as amostras da cultura.

#### 3.5.1 Amostras de palhada do trigo

Essa etapa se deu ao longo a colheita do trigo. Antes de se dar início a colheita, realizou-se a verificação da eficácia do espalhador de palha equipado na colhedora. Para isso, verificou-se a qualidade da distribuição do resíduo vegetal, utilizando-se da seguinte metodologia:

- a) Estendeu-se na frente da colhedora uma lona coletora, dividida em 12 sessões de 1 metro cada;
- b) Coletou-se a palha depositada em cada sessão, proveniente do espalhador, colocando-as em sacos de papel etiquetado com o número da sessão;
- c) Repetiu-se o procedimento 3 vezes;

- d) Encaminhou-se as amostras para posterior secagem em estufa com circulação forçada, seguindo metodologia de Kiehl (1979), para determinação de massa seca e umidade.
- e) Pesou-se o material em balança analítica e registrou-se a o peso médio depositado em cada sessão.

Figura 10 – Esquema para medição da distribuição da palha realizada pela colhedora



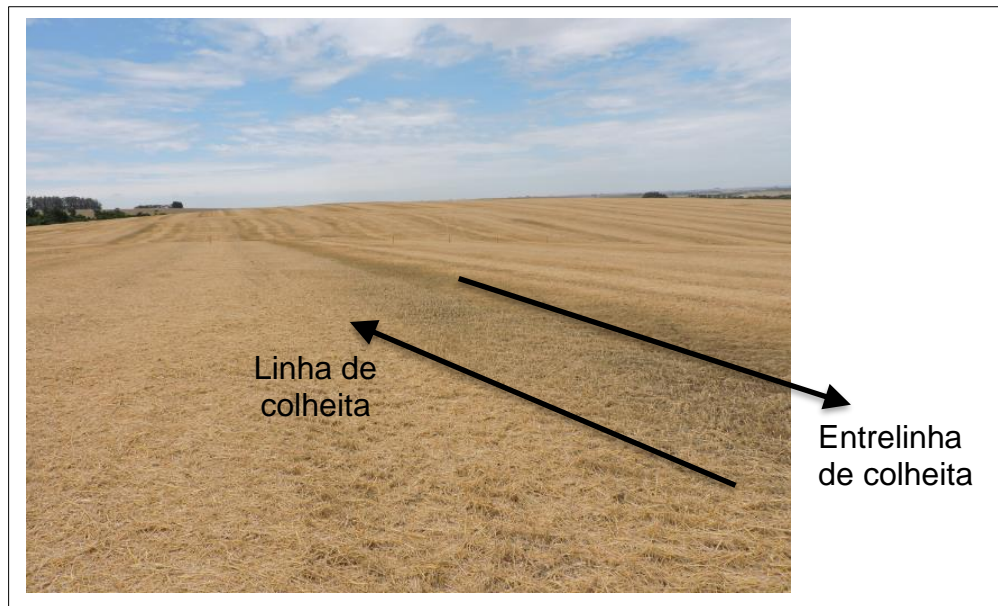
Fonte: Acervo Próprio (2018)

A velocidade média da máquina ao longo da colheita foi de  $5,80 \text{ km h}^{-1}$ , segundo informações do monitor de produtividade. A produtividade média do trigo foi de 60 sacos  $\text{ha}^{-1}$ .

Para estudar a distribuição da palhada após colheita, coletou-se amostras ao centro das de direcionamento da colhedora, e na extremidade da plataforma, onde as linhas de colheita se cruzam. Ao longo do trabalho, adotou-se os termos “linha de colheita” para fazer referência ao centro da linha de trajeto da colhedora, e “entrelinha de colheita” para o local onde ocorre cruzamento entre duas passadas da máquina. No total, coletou-se 60 unidades amostrais, sendo 30 pontos ao longo das linhas, e 30 pontos nas entrelinhas (Figura 11).



Figura 11 – Método utilizada para definir os locais de coleta dos dados de palha



Fonte: Acervo Próprio (2018)

Para que as linhas e entrelinhas não fossem perdidas ao longo da colheita, identificou-se os pontos de coleta imediatamente após passagem da máquina, utilizando-se de estacas. Em seguida as coletadas eram realizadas e os pontos georreferenciados, como mostra (Figura 12).

Figura 12 – Metodologia para marcação dos pontos amostrais

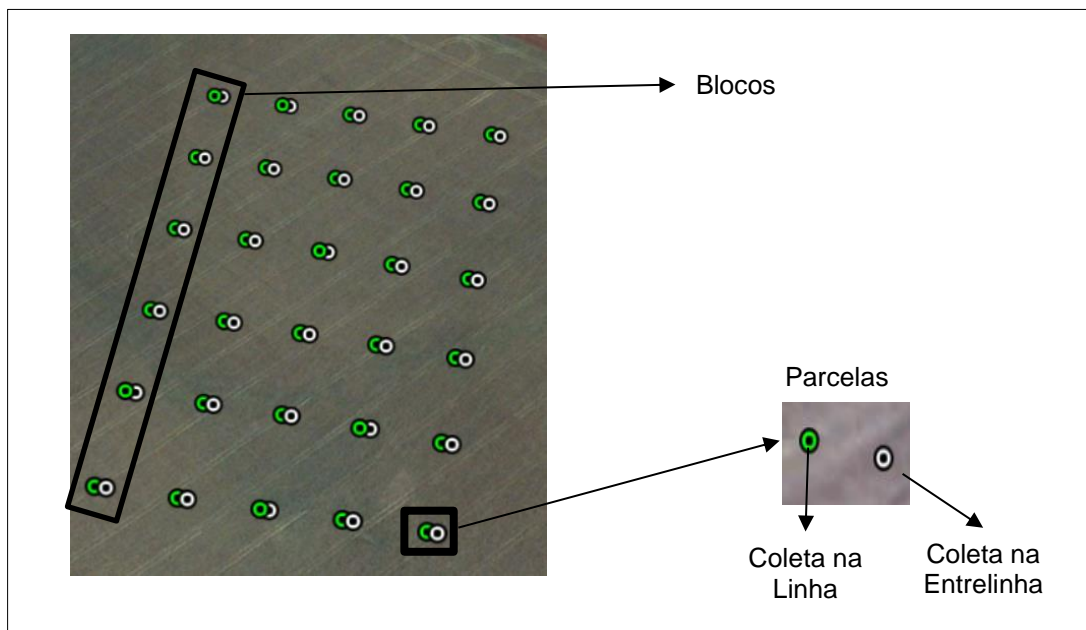


Fonte: Acervo Próprio (2018)



Foram coletadas amostras de palha ao longo de 5 blocos. Para cada um deles, coletou-se 6 parcelas, onde cada parcela possuía 2 coletas (uma na linha e uma na entrelinha), totalizando uma amostragem de 60 unidades. Utilizou-se um buffer de 25 metros para determinar a distância entre os blocos. As parcelas foram equidistantes a 50 metros dentro de cada bloco (Figura 13).

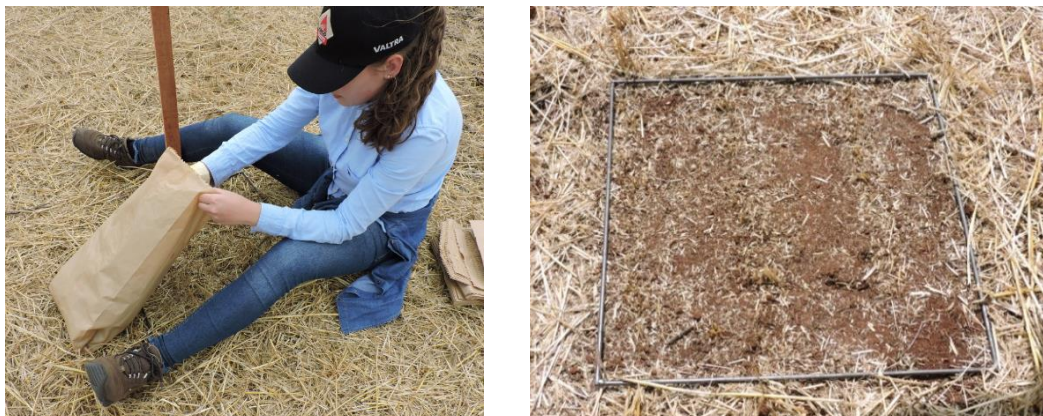
Figura 13 – Arranjo dos pontos de coleta de palha na área de estudo



Fonte: Acervo Próprio (2018)

Utilizou-se o gabarito para coleta, retirando-se todo resíduo vegetal no ponto amostral, e ensacando-o em sacos de papel (Figura 14)

Figura 14 – Forma de coleta da palha e gabarito



Fonte: Acervo Próprio (2018)

Na sequência, as unidades amostrais foram levadas para secagem em estufa, com circulação de ar forçada a 45°C, até se atingir massa constante. Em seguida, pesou-se o material em uma balança de precisão, determinando-se a massa seca.

Para essa variável estudada, ao longo do trabalho, adotou-se o termo “palha seca”, que considera a palhada coletada na colheita do trigo, em novembro de 2018.

### **3.5.2 Amostras de soja**

No período indicado da colheita da soja, em março de 2019, realizou-se a coleta das amostras de soja, utilizando-se dos mesmos pontos onde amostrou-se a palha do trigo. Primeiramente, realocaram-se os pontos onde havia sido coletadas as amostras de palhada e, posteriormente, coletaram-se as amostras de soja. No momento da coleta, respeitou-se o sentido da colheita do trigo, realizando-se a amostragem ao longo das linhas e entrelinhas. Também se atentou em coletar plantas ligeiramente ao lado do ponto onde havia sido retirada a amostra da palha do trigo, eliminando o risco de se obter todas as amostras na mesma condição (sem palha). As amostras então foram encaminhadas para análise dos componentes de rendimento e produtividade. Para viabilizar a avaliação dos componentes de rendimento, coletaram-se 10 plantas de soja por ponto, respeitando o sentido da colheita do trigo. Os componentes avaliados foram: Altura das plantas; número de ramos, números de nós vivos nos ramos, número de nós vivos na haste, número de grãos no ramo, número de grãos na haste, número de legume nos ramos, número de legume na haste e peso por mil grãos.

Para determinação da produtividade, colheram-se dois metros lineares em duas linhas centrais de cada ponto de coleta, totalizando uma área de 1,8 m<sup>2</sup> cada. As amostras foram batidas e pesadas, determinando-se o valor de produtividade. Após isso, calculou-se a umidade de cada unidade, por meio de um medidor manual.

Para a variável de produtividade da soja, ao longo do trabalho adotou-se o termo “produtividade”, que considera a produtividade seca coletada na colheita da soja, em março de 2019.

### 3.5.3 Georreferenciamento dos pontos

Como realizou-se o experimento em condição de lavoura, não se possibilitou deixar demarcados os pontos de coleta da palha do trigo de forma fixa. Isso ocorre devido ao fluxo de máquinas na lavoura, que impede a alocação física permanente do ponto. A fim de encontrá-los novamente durante a coleta da soja, aplicou-se a técnica de georreferenciamento a cada um dos 60 pontos amostrais, para que assim fosse possível coletar as amostras de soja exatamente nos pontos onde previamente coletou-se a palha do trigo. Para isso, utilizou-se uma estação base total, com a finalidade de demarcar os pontos, e alocou-se uma segunda estação em ponto fixo, georreferenciado previamente, com o intuito de fazer “base” e possibilitar o pós-processamento. Logo após a demarcação dos pontos de coleta de palha, processaram-se os dados. Utilizou-se o software Topcon Tools, e realizou-se o pós-processamento pelo método de posicionamento por ponto preciso (PPP), obtendo-se as coordenadas com um desvio padrão máximo de 2,5 cm.

Figura 15 – Georreferenciamento dos pontos de coleta



Fonte: Acervo Próprio (2018)

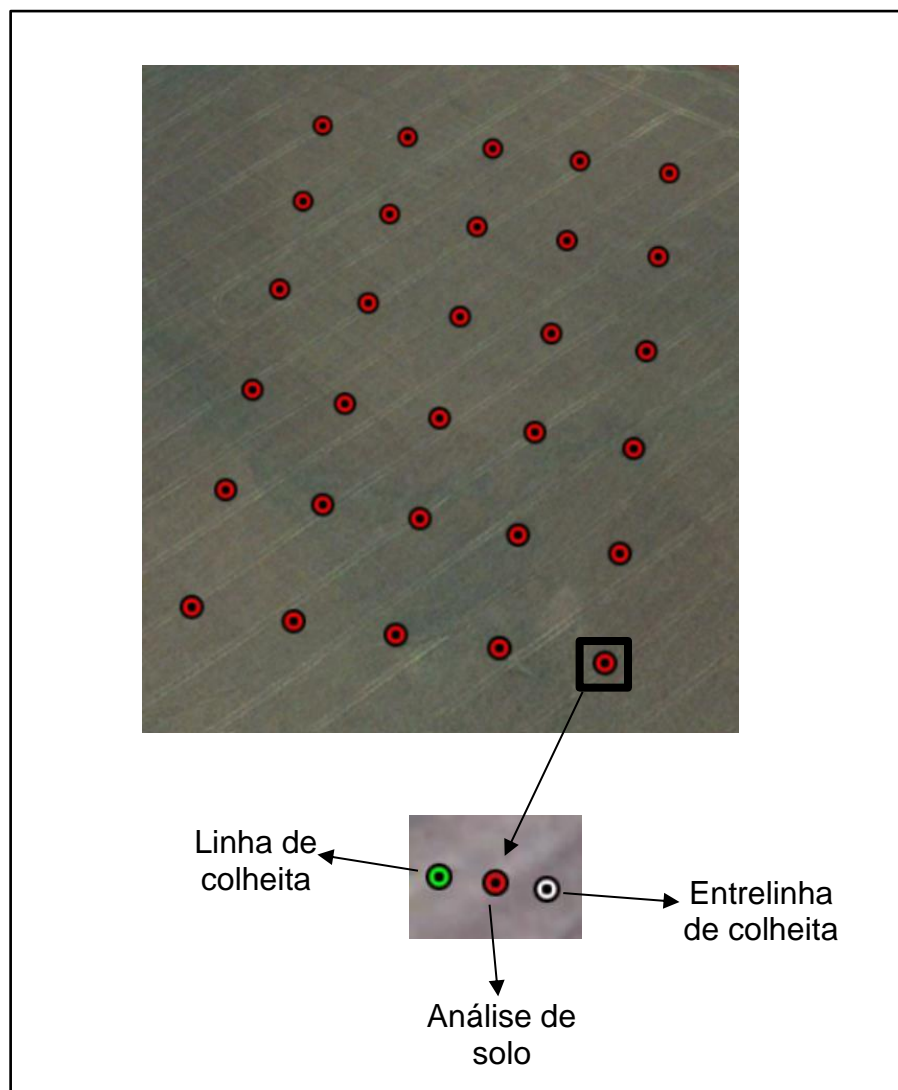
Para a coleta das amostras de soja, foram utilizadas duas estações base e um palm, fazendo uso da técnica de correção cinemática em tempo real (RTK), para a alocação dos pontos onde coletaram-se as amostras da palha. Logo, garantiu-se que

a coleta das amostras de soja fosse realizada exatamente no local onde ocorreu a amostragem da palha do trigo.

### 3.5.4 Fertilidade do solo

Para determinar os teores de fertilidade da área estudada, a fim de garantir um melhor embasamento dos resultados obtidos, realizou-se a amostragem de solo em cada uma das 30 parcelas. Para elaboração da grade amostral, considerou-se um ponto central entre a linha e a entrelinha, com o intuito de melhor representar a fertilidade da parcela (Figura 16).

Figura 16 – Pontos de análise de solo



As amostras de solo foram efetuadas após a colheita do trigo, seguindo a metodologia do manual de adubação e calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLAS). Cada amostra foi composta de 9 subamostras, considerando um raio de 5 metros do ponto central. As amostras de solo foram coletadas na camada de 0-10 centímetros, com uso de trado de rosca acoplado em quadricúlo. Posteriormente, foram encaminhadas para análises no laboratório de análises de solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

### 3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Para avaliar a uniformidade da distribuição da palhada realizada pela colhedora, calculou-se o coeficiente de variação (CV) das doze seções do perfil de distribuição. Posteriormente, classificou-se a distribuição conforme definição proposta Tolotti (2018), que considera: muito satisfatória ( $CV < 20$ ); satisfatória ( $20\% \leq CV < 30\%$ ), regular ( $30\% \leq CV < 40\%$ ), insatisfatória ( $40\% \leq CV < 50\%$ ), muito insatisfatória ( $CV \geq 50$ ).

Para análise dos dados de fertilidade do solo, realizou-se análise geoestatística por meio do *software* Vesper, por onde foi modelado o semivariograma. Os dados foram interpolados pelo método de krigagem e então elaborados mapas temáticos dos atributos, utilizando a plataforma digital Inceres.

Os dados de palha seca, produtividade e componentes de rendimento foram submetidos à análise estatística descritiva. Os parâmetros estatísticos determinados foram: média, mediana, desvio padrão, máximo, mínimo, CV e coeficiente de assimetria (Cs). Para classificação do CV, considerou-se a definição proposta por Warrick e Nielsen (1980), sendo: baixo ( $CV < 12\%$ ), médio ( $12\% \leq CV < 60\%$ ) e alto ( $CV \geq 60\%$ ).

Para análise estatística experimental, adotou-se o delineamento por blocos casualizado, composto de cinco blocos, dois tratamentos e seis repetições por bloco. As linhas de colheita foram denominadas de tratamento A e as entrelinhas de tratamento B, sendo que as variáveis avaliadas foram palha seca e produtividade. Realizou-se a análise de variância dos dados, aplicando-se o teste de Shapiro-Wilk, a 5% de significância, para verificar a normalidade dos resíduos. Calculou-se também a homogeneidade da variância, aplicando o teste de Bartlett a 5% de significância. Utilizou-se, posteriormente, o teste F para verificação das hipóteses, e teste Tukey

para identificar o tratamento com maior média. As hipóteses consideradas foram  $H_0$ : tratamentos possuem a mesma média, e  $H_1$ : tratamentos possuem médias diferentes.

Diretamente para as variáveis palha seca e produtividade foram feitas verificações ao atendimento dos pressupostos de normalidade dos erros, para posterior estudo de correlação. As variáveis então foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk, a 5% de significância. Como a variável palha seca não apresentou normalidade, normalizaram-se os dados utilizando metodologia Box-Cox.

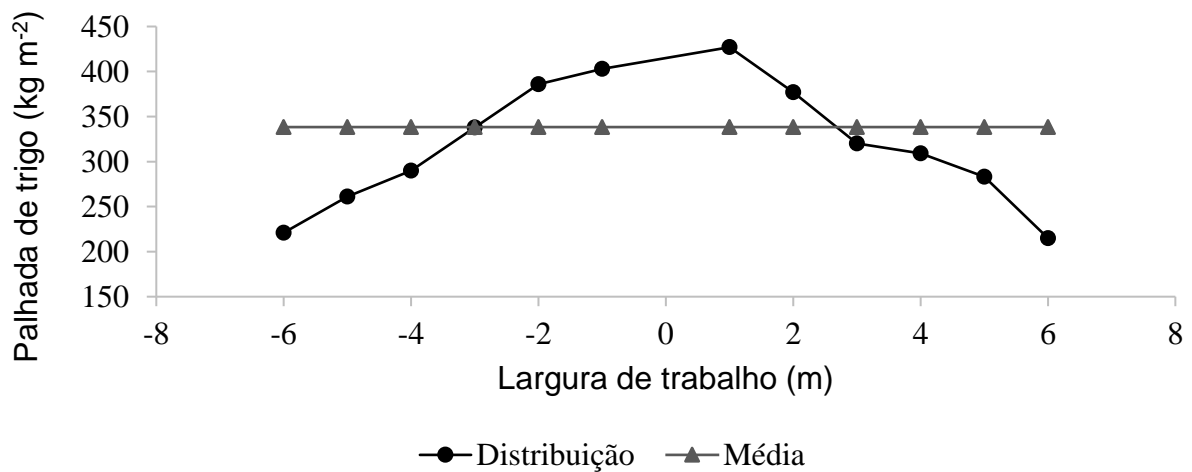
Para o estudo de correlação, realizou-se análise de correlação linear simples ( $r$ ) de Pearson, com nível de significância  $p < 0,05$ , tanto para variável produtividade, quanto palha seca. Também foram feitas análises de regressão e cálculo dos coeficientes de determinação ( $r^2$ ).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ESPALHADOR DE PALHA

O perfil da distribuição da palha obtido pelo espalhador é apresentado conforme figura 17. O coeficiente de variação encontrado foi de 21%, classificando-se como distribuição satisfatória.

Figura 17 – Distribuição de palha realizada pela colhedora com espalhador de palha.



Fonte: Acervo Próprio (2019)

Por mais que as aferições tenham sido realizadas e provada a boa performance do espalhador de palha da colhedora, no momento do estudo a velocidade do vento apresentou picos de até  $8,2 \text{ m s}^{-1}$ , causando consideráveis variações na deposição da palha, deixando falhas nas entrelinhas e excesso nas linhas.

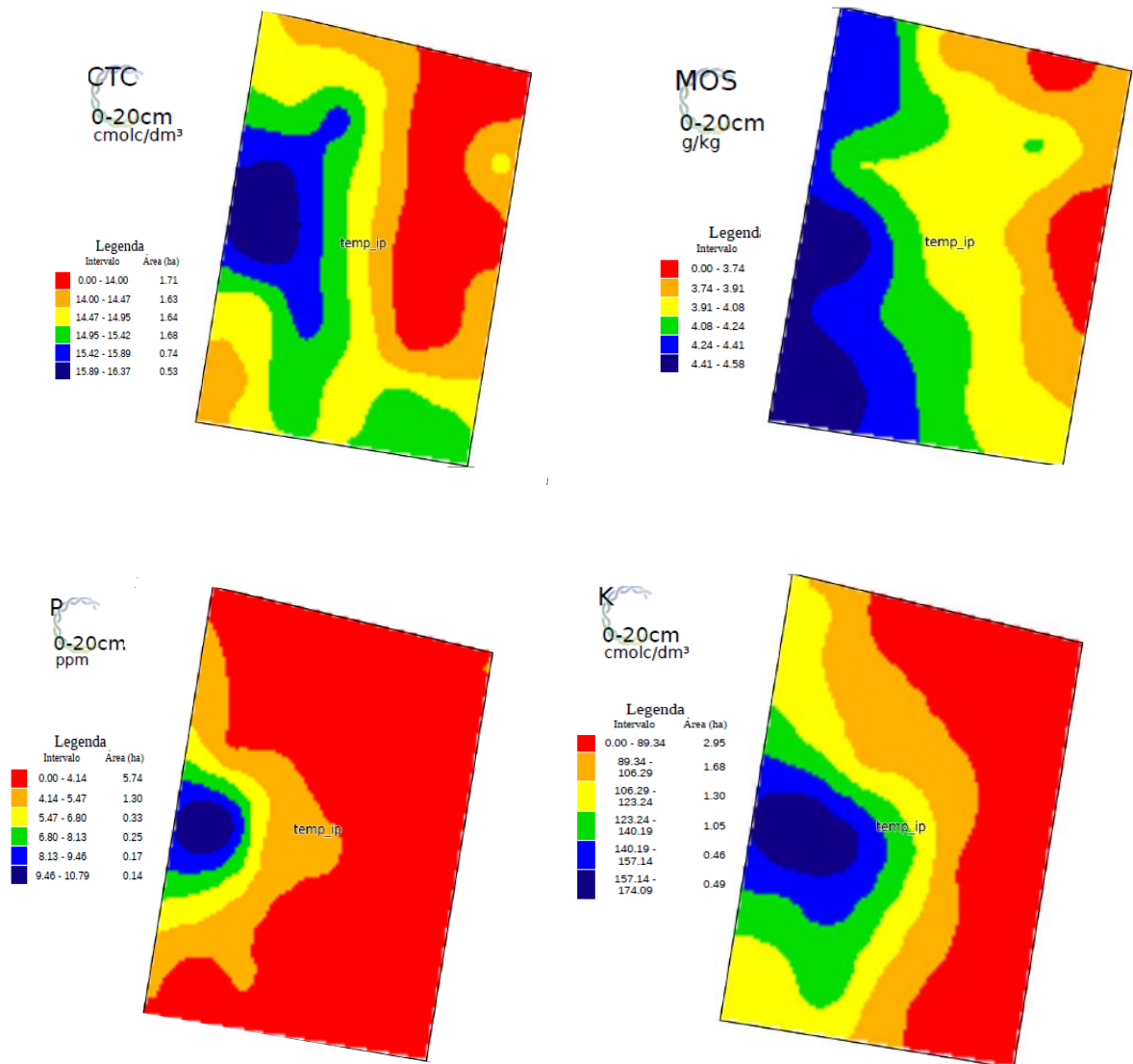
### 4.2 MAPAS DE FERTILIDADE DO SOLO

Para análise de fertilidade, consideraram-se os seguintes atributos, para os quais foram gerados mapas temáticos: capacidade de troca de cátions (CTC), matéria orgânica, (MOS), potássio (K) e fósforo (P). Tais mapas ajudaram demonstrar que o posicionamento dos blocos foi, de fato, o melhor possível dentro do arranjo, devido a menor variabilidade de fertilidade dentro dos blocos. As informações de fertilidade de



solo se fizeram importantes ao longo do trabalho, pois ajudaram a embasar o motivo da anormalidade de alguns conjuntos de dados coletados e calculados.

Figura 18 – Mapas interpolados dos atributos CTC, MOS, P e K



Fonte: Acervo Próprio (2019)

Ao analisar os 4 mapas, nota-se que as faixas de variabilidade se concentram na vertical, seguindo o sentido da colheita e consequente alocação dos blocos. É possível identificar que as zonas com maiores fertilidades se encontram na esquerda da área da pesquisa. Isso talvez ajude a explicar o motivo da média de palha seca gerada nos últimos três blocos ser 14% maior do que nos dois primeiros. O mesmo



comportamento não se confirma quando analisados dados de produtividade da soja, os quais se mantêm, praticamente, com a mesma média.

### 4.3 ESTATÍSTICA DESCRITIVA

As primeiras análises foram em torno dos dados de palha seca e produtividade. Os resultados das análises estatísticas descritivas para as linhas e entrelinhas podem ser observados na Tabela 2:

Tabela 2 – Análises estatísticas descritivas das amostras palha seca e soja, coletadas nas linhas e entrelinhas

	Variável	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente	
				Mín	Máx		CV	Cs
Linha	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	3610	3666	2717	4208	363	10,00%	-0,47
	Palha Seca (kg ha <sup>-1</sup> )	7229	7917	3535	11197	2233	30,9%	-0,92
Entre Linha	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	3218	3192	2437	3823	371	11,50%	0,21
	Palha Seca (kg ha <sup>-1</sup> )	1810	1257	347	8086	1715	94,7%	0,97

CV – Coeficiente de variação, Cs – Coeficiente de Assimetria

O coeficiente de variação da palha seca, encontrado nas coletas realizadas ao centro das linhas foi de 30,9%, enquanto o encontrado nas amostras coletadas nas entrelinhas foi de 94,7%. Em termos percentuais, tal diferença indica um coeficiente de variação 206% maior nas amostras coletadas nas entrelinhas. Observou-se que a quantidade média de palha seca encontrada nas amostras coletadas nas linhas foi de 7229 g/m<sup>2</sup>, enquanto a média encontrada nas amostras coletadas nas entrelinhas foi de 1810 kg ha<sup>-1</sup>. Tal diferença indica 299% a mais de palha seca ao centro das linhas de trajeto da colhedora, quando comparado com as entrelinhas. No momento das coletas de palha, a variável “vento” influenciou muito, causando consideráveis variações em sua deposição, deixando falhas nas entrelinhas e excesso nas linhas, mesmo com sistema de gerenciamento de resíduos da máquina estar atuando de forma satisfatória. Isso pode ter contribuído para o coeficiente de variação da palha seca ter atingido valores altos.

O coeficiente de variação da produtividade encontrado nas coletas realizadas nas linhas de trajeto da colhedora foi de 10,0%, enquanto o encontrado nas amostras

coletadas nas entrelinhas foi de 11,5%. Em termos percentuais, tal diferença indica um coeficiente de variação 11% maior nas amostras coletadas nas entrelinhas. Observou-se que a produtividade média encontrada nas amostras das linhas foi de 3610 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto a média encontrada nas entrelinhas foi de 3218 kg ha<sup>-1</sup>. Tal diferença representa 12% a mais de produtividade ao centro das linhas de trajeto da colhedora, equivalente a 6,5 sacos de soja por ha, quando extrapolado.

No que concerne aos coeficientes de assimetria, Andriotti (2003) diz que dados com assimetria variando entre -0,2 e +0,2 podem ser considerados simétricos. Para valores situados entre -1,0 e -0,2 ou 0,2 e 1,0, a assimetria é considerada fraca. Já para valores inferiores a -1,0 ou superiores a 1,0, a assimetria é considerada forte. No presente estudo, as duas variáveis demonstraram assimetria fraca.

Quanto às variáveis de componente de rendimento, a seguir, apresentam-se os resultados obtidos após análise estatística descritiva.

Tabela 3 – Estatística descritiva das amostras dos componentes de rendimento da cultura de soja coletadas na linha e entrelinha

Coleta	Variável	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente	
				Mín	Máx		CV	Cs
Linha	Altura da planta	88,1	87,1	69,78	104,89	7,3	8,30%	0,4
	Nº de ramos	4,34	4,2	2,9	6,1	0,93	21,40%	0,44
	Nº grãos. haste	68,03	67,5	29,44	91,5	8,55	12,60%	0,19
	Nº grãos. ramos	69,51	68,9	35,2	128,3	26,42	38,00%	0,07
	Nº leg. haste	27,12	27,2	15,7	34,5	3,97	14,60%	-0,06
	Nº leg. ramos	29,8	26,89	14,8	58	12,35	41,50%	0,71
	Nº nós v. haste	15,49	15,4	12,7	18,2	1,3	8,40%	0,21
	Nº nós v. ramos	19,58	18,6	10,9	35,11	7	35,70%	0,42
	Pmg	17,03	16,98	14,91	18,69	0,76	4,40%	0,21
Entre Linha	Altura da planta	87,9	86,7	58,88	116,33	10,8	12,30%	0,34
	Nº de ramos	4	4,1	2,5	6,3	0,83	20,80%	-0,35
	Nº grãos. haste	63,31	63,6	29,44	91,5	11,69	18,50%	-0,07
	Nº grãos. ramos	60,72	54,5	21,1	170,2	33,23	54,70%	0,56
	Nº leg. haste	24,99	25	12,22	38,3	4,73	18,90%	-0,01
	Nº leg. ramos	24,31	22	10,4	66,1	11,31	46,50%	0,61
	Nº nós v. haste	14,45	14,5	11,67	20,3	1,72	11,90%	-0,09
	Nº nós v. ramos	15,53	14,78	7,2	36,2	5,98	38,50%	0,38
	Pmg	17,01	17,09	15,03	20,28	1,04	6,10%	-0,24

CV – Coeficiente de variação, Cs – Coeficiente de assimetria, PMG – Peso por mil grãos., Nº nós v. – Número de nós vivos, Nº leg. – Número de legumes

Observou-se que, quando se compara as linhas e entrelinhas, a média de sete dos nove componentes apresentam-se maiores nas linhas, sendo eles: N° de Nós v. Ramos (26%), N° de Legume no Ramo (+23%), N° de Grãos nos Ramos (+14%), N° de Legume na Haste (+9%), N° de Ramos (+8%), N° de Grãos na Haste (+7%), , N° de Nós v. Haste (7%). As médias dos componentes Altura da Planta e PMG não tiveram diferença significativa entre suas médias. Com relação aos valores de CV, oito dos nove componentes apresentaram maiores valores nas entrelinhas do que nas linhas, sendo eles: N° de Grãos nos Ramos (+16,7%), N° de Grãos na Haste (+5,9%), N° de Legume no Ramo (+5%), N° de Legume na Haste (+4,3%), Altura da Planta (+4%), N° de Nós v. Haste (+3,5%) e N° de Nós v. Ramos (+2,8%) e PMG (+1,70). O componente N° de Ramos foi o único que apresentou valor de CV maior na entrelinha.

#### 4.4 ESTATÍSTICA EXPERIMENTAL

Para viabilizar a análise paramétrica, os resíduos da variância devem possuir distribuição normal, assim como as variâncias devem ser homogêneas. Realizou-se então o cálculo da ANOVA, para as variáveis produtividade e palha seca (Tabela 4).

Tabela 4 – Análise de Variância para as variáveis produtividade e palha seca

Variável		GL	SQ	QM	Valor F	Pr(>F)
Produtividade	Tratamento	1	2304568	2304568	18,762	0,000065
	Bloco	4	1174737	293684	2,391	0,061985
	Resíduo	54	6632743	122829		
	Total	59	10112048			
Palha Seca	Tratamento	1	440505091	4,4E+08	111,954	0,00000
	Bloco	4	17432074	4358018	1,108	0,36241
	Resíduo	54	212473773	3934700		
	Total	59	670413520			

GL- Grau de Liberdade, SQ- Variação Total, QM-Variação dentro da Amostras,

Para variável produtividade, aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk, onde encontrou-se um valor-P = 0,251, chegando-se a conclusão de que, os resíduos seguem um padrão de distribuição normal. O teste de Bartlett apontou um valor-P = 0,901, logo as variâncias são homogêneas. O teste de F rejeitou a hipótese nula (Ho) a nível de 5% de probabilidade, indicando diferenças entre os tratamentos para variável produtividade. Aplicou-se o teste de Tukey, identificando que o tratamento A

gerou maiores médias do que o tratamento B. Já para variável palha seca, após aplicar-se o teste de Shapiro-Wilk, encontrou-se um valor-P = 0,317, chegando-se a conclusão de que os resíduos também seguem um padrão de distribuição normal. O teste de Bartlett apontou um valor-P = 0,160, indicando variâncias homogêneas. O teste de F rejeitou a hipótese nula ( $H_0$ ) a nível de 5% de probabilidade, o que também indica diferenças entre os tratamentos. Novamente aplicou-se o teste de Tukey, que identificou o tratamento A como responsável por maiores médias.

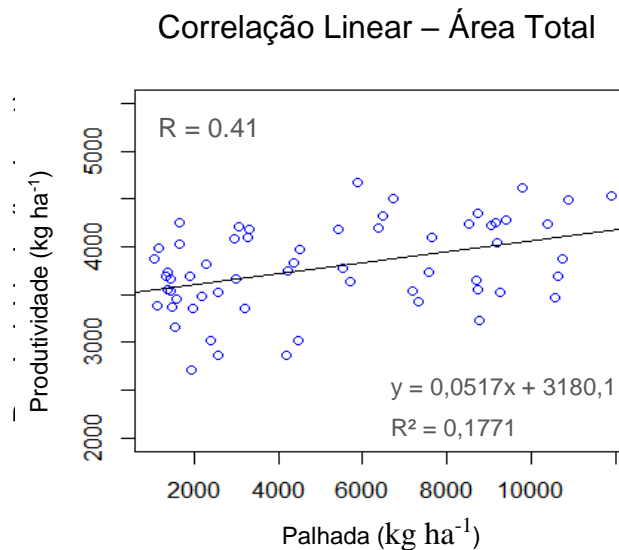
#### 4.5 TESTE DE NORMALIDADE

Para análise da normalidade dos dados de palha seca produtividade, aplicou-se diretamente às duas variáveis o teste Shapiro-Wilk, a 5% de significância. Para a variável produtividade, calculou-se um valor-P = 0.458, indicando que os dados seguem um padrão de normalidade. Já quando aplicado o teste para palha seca, encontrou-se um valor-P de 0.0001, refutando a hipótese de normalidade dos dados. Utilizou-se então a normalização da variável com o método de Box Cox. Após normalização, aplicou-se novamente o teste de normalidade, contudo, utilizando a metodologia de Kolmogorov Smirnov, por ser mais adequado para o tipo de distribuição apresentada pelos dados. Nesse caso, o valor-P foi igual a 0,025, provando normalidade dos dados a uma significância de 2,5%.

#### 4.6 CORRELAÇÕES E REGRESSÕES

Realizou-se, primeiramente, o cálculo de correlação linear para área total, considerando as variáveis palha seca e produtividade. Como os dados foram normalizados, utilizou-se a metodologia de Pearson, recomendada para dados paramétricos. Um dos objetivos específicos do trabalho foi identificar a correlação entre a variável palha seca versus produtividade, desse modo, realizou-se o estudo de correlação linear apenas para esse caso, da mesma forma, também foi aplicada a estatística de regressão e calculado  $r^2$ .

Gráfico 1 – Coeficiente de correlação linear e análise de regressão para as variáveis palha seca (x) e produtividade (y), área total



Fonte: Acervo Próprio (2019)

Ao analisar os dados da área total, observa-se que a correlação entre as variáveis é de  $r = 0,41$ . Dancey e Reidy (2005) apontam para a seguinte classificação para os valores obtidos de correlação: fraca ( $0,10 \leq r < 0,30$ ), moderada ( $0,40 \leq r < 0,60$ ) e forte ( $\geq 0,70$ ). De acordo com os autores, o valor de  $r=0,41$  representa uma correlação moderada positiva. Analisando o valor-P do teste, que foi de 001, conclui-se que o valor do coeficiente de correlação linear teve significância estatística.

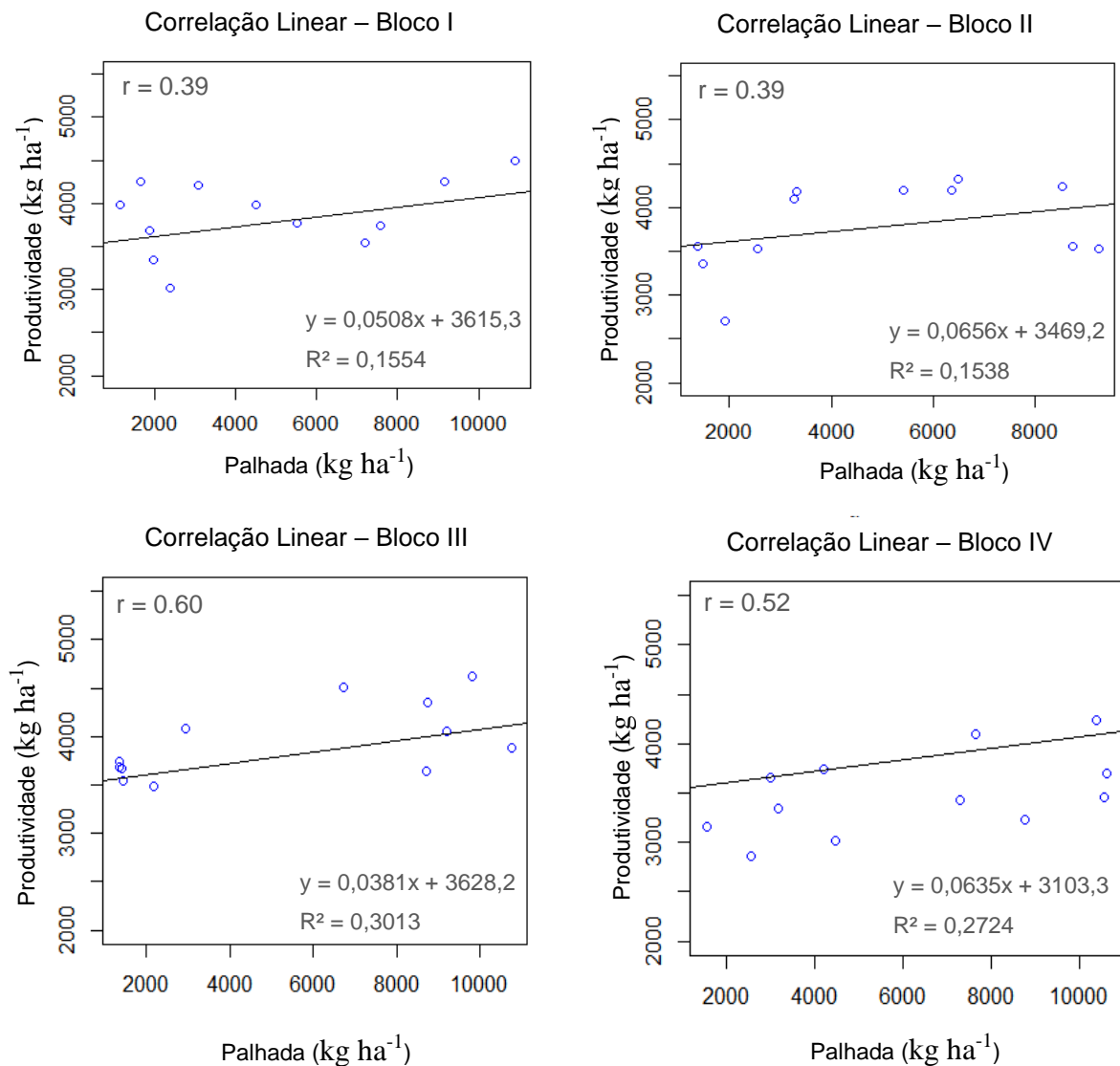
Ao realizar a análise do coeficiente de determinação, obteve-se um  $r^2=0,1771$ , sendo suficiente para considerar o modelo útil, ao nível de significância 5% para  $N = 60$  e  $k = 2$ . (QUININO, 2005). De qualquer forma, o modelo representa baixo potencial para realização de previsões. Existiram evidências estatísticas de dependência da variável Y (produtividade) em função de X (palha seca), pois o valor-P calculado foi de 0,001, apresentando significância para 95% de probabilidade. A análise do intervalo de confiança também traz evidências estatísticas de relação, pois o ZERO não está entre os limites máximos e mínimos, podendo-se afirmar que há dependência entre as variáveis (Tabela 5).

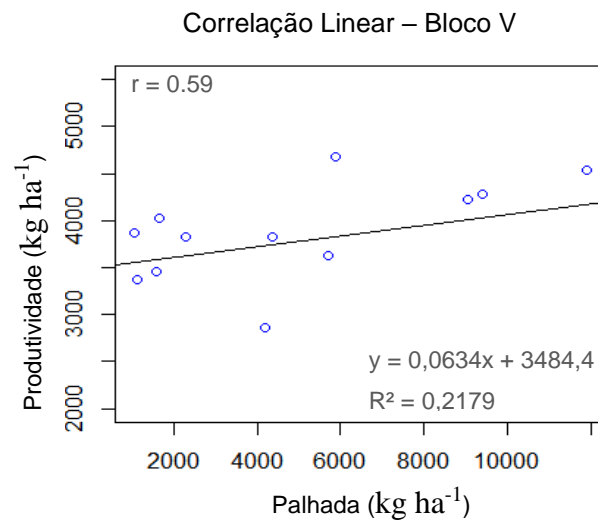
Tabela 5 – Análise do intervalo de confiança para regressão linear entre as variáveis palha seca e produtividade

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	Intervalo de Confiança	
					95% inferiores	95% superiores
Interseção	3180,054	82,240	38,668	0,000	3015,433	3344,676
X 1	0,052	0,015	3,533	0,001	0,022406	0,080978

Em outra análise, agora com o intuito de verificar a correlação entre palha seca e produtividade em cada bloco, individualmente, realizou-se o estudo de correlação linear bloco a bloco. Cálculos de análise de regressão, assim como do coeficiente de determinação também foram realizados.

Gráfico 2 – Coeficientes de correlação linear e análise de regressão para as variáveis X (palha seca) e Y (produtividade), para cada bloco





Fonte: Acervo Próprio (2019)

Ao analisar os dados dos blocos separadamente, pôde-se observar que a correlação linear variou de  $r = 0,29$  (bloco I e II) a  $r = 0,60$  (bloco III). Para todos os conjuntos o valor do coeficiente de correlação linear apesentou significância estatística. Com relação ao coeficiente de determinação, os valores se encontraram entre  $r^2 = 0,153$  (bloco I) e  $r^2 = 0,301$  (bloco III). Para todos os modelos calculados, existiu uma baixa aderência do modelo para realização de previsões. Porém, novamente os dados mostram evidências estatísticas da relação de Y em função de X, devido os valores-P serem muito inferiores à 0,05 (fator de significância para 95%).

## 5 CONCLUSÃO

A distribuição da palha do trigo realizada pela colhedora apresentou um alto coeficiente de variação, tanto no centro da linha da colhedora, quanto nas entrelinhas. No entanto, a variação na entrelinha foi consideravelmente maior.

A variação da umidade no centro das linhas de colheita é, consideravelmente, menor do que nas entrelinhas.

A produtividade da soja, obtida no centro da linha de colheita foi em média 10% maior do que a encontrada nas entrelinhas. Extrapolando o valor para kg ha<sup>-1</sup>, chegou-se ao equivalente a 7 sacos ha<sup>-1</sup>.

Oito dos nove componentes de rendimento analisados obtiveram maiores médias no centro da linha de colheita do que nas entrelinhas.

Os resultados da estatística experimental mostraram que o tratamento A (colheita na linha) e tratamento B (entrelinha) proporcionam diferentes médias de produtividade e palha, sendo o tratamento A responsável pelas maiores médias.

As correlações entre as variáveis palha seca e produtividade se mostraram moderadas. Os estudos de regressão apresentam fortes evidências estatísticas de que a variável y (produtividade) tem grau de dependência com variável x (palha seca). Entretanto, os valores de  $r^2$  mostraram que o modelo calculado tem baixa relevância para realização de previsões.

Ao analisar as correlações e regressões bloco a bloco, observou-se maiores correlações e maiores coeficientes de determinação, indicando que a cobertura vegetal teve maior relevância sobre a produtividade quando se estuda os blocos separadamente.



## REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. et al. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Embrapa Trigo-Artigo**, Periódico indexado, 2014.
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.
- ALBUQUERQUE, J.A. et al., Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. I- Efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.
- ALMEIDA, V. P. et al. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de Cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1227-1237, 2008.
- ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo**, Periódico indexado, 2001.
- AMADO, T.J.C. et al. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 179-189, 2000.
- AMARAL, A. S. et. al. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 115-123, 2004.
- ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. 2003. São Leopoldo: Unisinos, 2003. 165 p. (Coleção Manual Universitário).
- ARGENTON, J. et al. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 425-435, 2005.
- ASSIS, C. P. D. et al. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1541-1550, 2003.
- BALOTA, E. L. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 4, p. 641-649, 1998.
- BAYER, C. et al. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 54, n. 1, p. 101-109, 2000.

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soil. **Forest ecology and Management**, v. 133, p. 13-22, 2000.

BERG, B. Nitrogen release from litter and humus in coniferus forest soil - a mini review. **Scandinavian journal of forest research**, v. 1, p. 359-369, 1986.

BLACKMORE, B. S.; GODWIN, R. J.; FOUNTAS, S. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. **Biosystems Engineering**, v. 84, p. 455-466, 2003.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 91-98, 1990.

BRAIDA, J. A. et al. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 4, p. 605-614, 2006.

BRAIDA, J. A.; CASSOL, E. A. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 711-721, 1999.

BRASIL. C. N. A. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Boletim PIB: PIB do agronegócio cresce 3,81% em 2019**, v. 1, p. 18, 2020.

BRASIL. **Portal**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

BRAZ, A. J. B. P. et al. Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em sistema de plantio direto após diferentes culturas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 193-198, 2006.

BROWN, P. L.; DICKEY, D. D. Losses of wheat straw residue under simulated field conditions. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, v. 34, p. 118-121, 1970.

CALEGARI, A. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: ASPTA, 1993. p. 56.

CALEGARI, A. et al. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: Imprensa, 1995.

CAMPBELL, C. A. et al. Potentially mineralizable nitrogen, decomposition rates and their relationship to temperature for five Queensland soils. **Australian Journal of Soil Research**, v. 19, p. 323 -332, 1981.

CAMPOS, B. C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 1, p. 121-126, 1995.

CARAFFA, M. et al. Estratégias de sucessão trigo/aveia preta-soja para sistemas de produção de grãos no Noroeste do Rio Grande do Sul. **Embrapa Trigo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2016.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, A. M. et al. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2831-2838, 2008.

CEPEA, C. **PIB do agronegócio brasileiro**. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib>>. Acesso em: 05 mar. 2020.

CEPEA, U. A. **CNA**. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 05 mar. 2020.

CHRISTENSEN, B. T. Barley straw decomposition under field conditions: Effect of placement and initial nitrogen content on weight loss and nitrogen dynamics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 18, p. 532-529, 1986.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

COMISSÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO. **Recomendações da Comissão Sul-Brasileira de Pesquisa de Trigo para a cultura do trigo**. 2003.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (org.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 197-225.

COSGROVE, D. J. Metabolism of organic phosphates in soil. In: McLAREN, A. D.; PETERSON, O. J. (Ed.). **Soil Biochemistry**. 1967. v. 1, p. 216-228.

COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLI, P. F. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina: 2004/2005**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 2004.

CRUTCHFIELD, D. A. et al., Effect of winter wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch level on weed control. **Weed Science**, Champaign, v. 34, p. 110-114, 1985.

DANCEY, Christine P.; REIDY, John. Análise de correlação: or de Pearson. Dancey CP, Reidy J. **Estatística sem matemática para psicologia**. Porto Alegre: Artemed, p. 178-216, 2006.

DENARDIN, J. E. et al. Sistema plantio direto: evolução e implementação. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico**, 2011.

DERPSCH, R. et al., Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 761-773, 1985.

DICK, W. A. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity. **SoU Science Society of America. Journal**, v. 47, p. 102-107, 1983.

DORAN, J. W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **SoU Science Society of America. Journal**, v. 44, p. 765-771, 1980.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Artigo - A soja no sistema de cultivo**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>>. Acesso em: 24 mar. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Tecnologia em mecanização no Brasil**: Equipamentos e sistemas para o futuro. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2018.

ERNANI, P. R. **Disponibilidade de nitrogênio e adubação nitrogenada para a macieira**. Lages: Graphel, 2003. 76p.

ESPÍNDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 321-328, 2006.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2009.

FOLONI, J. S. S. et al. Crescimento aéreo e radicular da soja e de plantas de cobertura em camadas compactadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 49-57, 2006.

FOLONI, J. S. S. et al. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 947-953, 2003.

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C. T. (ed.). **Hydrologic modeling of small watersheds**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1982. p. 297-380.

FOX, R. H. et al. The nitrogen mineralization of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. **Plant and Soil, The Hague**, v. 129, p. 251-259, 1990.

FRANCHINI, J. C. et al. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. **Plant Soil**, v. 231, p. 55-63, 2001.

FULLER, N. H. et al. Some factors influencing the utilization of phosphorus from crop residues. **Soil Science Society of America**. Proceedings, Madison, v. 20, p. 218-224, 1956.

GAMA-RODRIGUES, A. C. et al. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em argissolo vermelho-amarelo na região noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1421-1428, 2007.

GENRO JUNIOR, S. A. et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p. 65-73, 2009.

GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 307-313, 1999.

GONÇALVES, S. L. et al. Decomposição de resíduos de aveia e trigo em função do tempo e do manejo do solo. **Embrapa Soja-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2010.

GREEN, M. et al. A review of combine sensors for precision farming. Alberta Agriculture, **Food and Rural Developmen**, Alberta, 1999. 2 p.

HARPER, J. E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K. J. et. al. **Physiology and determination of crop yield**. [S.l.]: American Society of Agronomy, 1994. Cap. 11A, p. 285-302.

HEAL, O. W. et al. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: CADISCH, G.; GILLER, K. E. (org.). **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 3-30.

JENKINSON, D. S. Studies on the decomposition of plant material in soil. 1. Losses of carbon from C 14 labeled ryegrass incubated with soil in the field. **Journal of Soil Science**, v. 16, p.104-115, 1965.

JÚNIOR, S. L.; AGRANONIK, C. **Painel do Agronegócio no Rio Grande do Sul**. 2019.

KIEHL, E.J. Manual de Edafologia; relações solo-planta. **Agronômica Ceres**, 1979.

KINNEL, P. I. A. The influence of flow discharge on sediment concentrations in raindrop induced flow transport. **Australian Journal of Soil Research**, v. 26, p. 575-562, 1988.

KOENIG, R. T.; COCHRAN, V. L. Decomposition and nitrogen mineralization from legume and non-legume crop residues in a subarctic agricultural soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 17, p. 269-275, 1994.

KUBO, C. T. et al. Produtividade de soja em plantio direto em sucessão ao trigo, aveia branca, aveia preta com e sem adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 2, p. 235-240, 2007.

- KUNZ, V. L. **Distribuição transversal da palha por colheitadeiras autopropelidas**. 2007. 46 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2007.
- KUNZ, V. L. et al. Distribuição de palha por colhedoras autopropelidas na colheita da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 125-135, 2008.
- KURIHARA, C. H. et al., Sistema de plantio direto. Brasília. [S.l.]: Embrapa-Agropecuária Oeste, 1998. p. 135-144.
- LAFLEN, J. M. et al. Measuring crop residue cover. **Soil and Water Conservation**, Washington, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.
- LLISON, W. D. Soil erosion studies. **Agriculture Engineering**, v. 28, p. 145-146, 1947.
- LUZ, L. P. **Dinâmica do carbono durante a decomposição de palha de trigo marcada com 13 ce dejetos líquidos de suínos**. 2007. 72 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- MANZATTO, C. V. et al. **Agricultura de precisão: propostas e ações da Embrapa solos**. [S.l.]: EMBRAPA Solos, 1999.
- MARY, B. et al. Interaction between decomposition of plant residues and nitrogen and nitrogen cycling in soil. **Plant and Soil**, v. 181, p. 71-82, 1996.
- MASCHIO, J. **Boom do agronegócio eleva safra de trigo**. Londrina: Agência Folha, 2004.
- MASON, C. F. **Decomposição, Temas de Biologia**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1980. 63 p.
- MDIC, M. do D. Indústria e Comércio Exterior. **Balança comercial brasileira: Unidades da Federação**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-unidades-da-federacao>>. Acesso em, 10 mar. 2020.
- MEDRADO, R. D. et al. Decomposição de resíduos culturais e liberação de nitrogênio para a cultura do milho. **Ciência Agrária**, v. 12, p. 97-107, 2011.
- MELLILO, J. M. et al. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, v. 63, p. 621-626, 1982.
- MEYER, L. D. et al. Source of soil eroded by water from upland slopes. In: **Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources**. Washington: USDA-Agricultural Research, 1975. p. 177-189.
- MILANI, L. et al. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, p. 591-598, 2006.

- MOLIN, J. P. Fatores restritiva adoção da agricultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 2002. p. 221-229.
- MORAES, R. A. M. et al. Teores de Carbono, Nitrogênio e Relação C:N em solos cultivados com soja em sistema plantio direto e convencional em Paragominas, Pará. In: CONGRESSO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015. Natal. **Anais...** Natal, RN: SBPC, 2015.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora da UFLA, 2002. 626p.
- MORETI, D. et al. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 1, p. 167-175, 2007.
- MOTA, F. S. Meteorologia Agrícola - 4ª edição. São Paulo, Nobel, 1979. UNGER, P.W. Straw mulch effects on soil temperature and sorghum germination and growth. **Agronomic Journal**, Madison, v. 70, p. 858-864, 1978.
- MÜLLER, M. M. L. et al. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 531-538, 2001.
- MUTCHLER, C. K.; YOUNG, R. A. Soil detachment by raindrops. In: **Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources**. Washington: USDA-Agricultural Research, 1975. p.113-117.
- MUZILLI, O. Princípios e perspectivas de expansão. In: Plantio direto no Estado do Paraná. Londrina, **IAPAR**, 1981. p.11- 70.
- NEU, V. **Influência da Cobertura Vegetal na Ciclagem de Nutrientes Via Solução do Solo na Região de Manaus**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2005.
- OLIVEIRA, A.; ROSA, A. P. S. A. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014.
- PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Nitrogen release (mm the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, p. 38-88, 1991.
- PARRER, D. T.; LARSON, W. E. Nitrification as affected by temperature and moisture content of mulched soils. **SoU Science Society of America. Proceedings**, Madison, v. 26, p. 238-242, 1962.
- PARTON, W. et al. Global-scale similarities in nitrogen release patterns during long-term decomposition. **Science**, v. 315, p. 361- 364, 2007.
- PEARSON, R. G. Acids and Bases. **Science**, v. 151, p. 172-177, 1966.

QUININO, R.C.; REIS, E. A.; BESSEGATO, L. F. **O coeficiente de determinação R<sup>2</sup> como instrumento didático para avaliar a utilidade de um modelo de regressão linear múltipla**. Belo Horizonte: UFMG, 1991.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba: CERES, Instituto da Potassa & Fosfato, 1991.

RANELLS, N. N.; WAGGER, M. G., Nitrogen release grass and legume cover crop monocultures and bicultures. **Agronomy Journal**, v. 88, p. 777-782, 1996.

RANNELS, N. N.; WAGGER, M. G. Nitrogen release from crimson clover in relation to plant growth stage and composition. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 424-430, 1992.

REICHERT, J. M. et al. **Compactação do solo em sistema de plantio direto: limites críticos e mitigação**. Cuiabá: Universidade Federal do Mato Grosso, 2003. 501p.

REICOSKY, D. C.; FORCELLA, F. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. **Journal of Soil Water Conservation**, v. 53, p. 224-229, 1998.

REINERTSEN, S. A. et al. Role of available carbon and nitrogen in determining the rate of wheat straw decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 16, p. 459-464, 1984.

RITCHIE, S. W. Como a planta de soja se desenvolve. Piracicaba: **POTAFOS**, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998.

RODRIGUES, O. et al. Ecofisiologia de trigo: bases para elevado rendimento de grãos. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico**, 2011.

ROSENBERG, N. J. Response of plants to the physical effects of soil compaction. **Advances in Agronomy**, v. 16, p. 181-196, 1964.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 313-319, 1995.

SANCHEZ, P. A. Soil organic matter. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: John Willey & Sons, 1976. p. 162-183.

SANGOI, L. et al. Características agrônômicas de cultivares de trigo em resposta à época da adubação nitrogenada de cobertura. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1564-1570, 2007.

SANTI, A. L. et al. É chegada a hora da integração do conhecimento. **Revista Plantio Direto**, v. 129, n. 1, p. 24-30, 2009.

SANTI, A. L. et al. **Relações entre indicadores de qualidade do solo e a produtividade das culturas em áreas com agricultura de precisão**. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.



- SANTI, A. L. et al. **Taxa Variada de Palha**: qual o investimento no sistema plantio direto. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/303566931\\_TaxaVariada\\_de\\_Palha\\_qual\\_investimento\\_no\\_sistema\\_plantio\\_direto/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/303566931_TaxaVariada_de_Palha_qual_investimento_no_sistema_plantio_direto/citation/download)>. Acesso em: 21 ago. 2019.
- SANTOS, D. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho após cultivo de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 843-848, 2012.
- SAVIOZZI, A. et al. Role of chemical constituents of wheat straw pig slurry on their decomposition in soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 25, p. 401-406, 1997.
- SCHAFFRATH, V. R. et al. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1369-1377, 2008.
- SIDRA. **Sistema IBGE de recuperação automática**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 541-547, 1994.
- SILVIA, D. M. et al. **Principles and Applications of Soil Microbiology**. Ney Jersey: Prentice Hall, 1998. p. 550.
- SMITH, J. A. Distribution of crop residue: a requirement for conservation tillage. Cooperative Extension, **Institute of Agriculture and Natural Resources**, University of Nebraska--Lincoln, 1996.
- SMITH, V.; SHARPLEY, A. N. Soil nitrogen mineralization in fite presencce of surface and incorporated crop residues. **Agronomy Journal**, v. 82, p. 112-116, 1990.
- SOLO, D. O. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 1-48.
- SOMMERFELDT, T. G.; CHANG, C. Change in soil properties under annual applications of feedlot manure and different tillage practies. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, p. 983-987, 1985.
- SOUZA, Z. M. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 51-58, 2004.
- TOLOTTI, F. C. Análise do sistema de espalhamento de palha em colheitadeiras de grãos. 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- TOMASINI, R. G. A.; AMBROSI, I. Aspectos econômicos da cultura de trigo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 15, n. 2, p. 59-84, 1998.
- TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1999. 58 p.

TORRES, J. L. R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1609-1618, 2008.

TRINSOUTROT, I. et al. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics non limiting nitrogen conditions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 918-929, 2000.

VANLAUWE, B. et al. Residue fractionation and decomposition: The significance of the active fraction. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 158, n.1, 263-274, 1994.

VEIHMEYER, F. J. HENDRICKSON, A. H. Soil density as a factor in determining the permanent wilting percentage. **Soil Science**, v. 62, p. 451-456, 1948.

VESETH, R. **Uniform combine residue distribution for successful no-till and minimum tillage systems**. 1986.

VIDAL, R. A. et al. Palha no sistema de semeadura direta reduz a infestação de gramíneas anuais e aumenta a produtividade da soja. **Ciência Rural**, v. 28, n. 3, p. 373-377, 1998.

VIGIL, M. F., KISSEL, D. E. Equations for estimating the amount of nitrogen mineralized from crop residues. **Soli Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, p. 757-761, 1988.

WAGGER, M. G. Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till corn. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 533- 538, 1989.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability for soil physical properties in the field. p. 319–344. D. Hillel (ed.) **Applications of soil physics**. Academic Press, Toronto. Spatial variability for soil physical properties in the field. p. 319–344. In D. Hillel (ed.) **Applications of soil physics**. Academic Press, Toronto., p. -, 1980.

WICKS, G. A. et al. Influence of wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch and metolachlor on corn (*Zea mays*) growth and yeld. **Weed Science**, Champaign, v. 42, p. 141-147, 1994.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.

WOHLENBERG, E. V. et al. Dinâmica da agregação de um solo franco arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 891-900, 2004.