



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA**

DOUGLAS LUIS UTZIG

**SISTEMA PLANTIO DIRETO: UTILIZAÇÃO DE SUAS PREMISAS PARA
VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA COM ENFOQUE NAS
MISSÕES, RIO GRANDE DO SUL.**

CERRO LARGO

2018

DOUGLAS LUIS UTZIG

**SISTEMA PLANTIO DIRETO: UTILIZAÇÃO DE SUAS PREMISSAS PARA
VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA COM ENFOQUE NAS
MISSÕES, RIO GRANDE DO SUL.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado
como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em
Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof.º Dr.º Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2018

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Utzig, Douglas Luis

SISTEMA PLANTIO DIRETO: UTILIZAÇÃO DE SUAS PREMISSAS PARA VIABILIDADE E SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA COM ENFOQUE NAS MISSÕES, RIO GRANDE DO SUL. / Douglas Luis Utzig. -- 2018.

40 f.:il.

Orientador: Doutor Douglas Rodrigo Kaiser.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia, Cerro Largo, RS, 2018.

1. INTRODUÇÃO. 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. 3. METODOLOGIA. 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO. 5. CONCLUSÕES. I. Kaiser, Douglas Rodrigo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

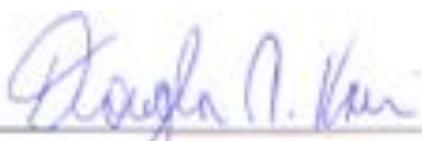
DOUGLAS LUIS UTZIG

**SISTEMA PLANTIO DIRETO: UTILIZAÇÃO DE SUAS PREMISSAS PARA VIABILIDADE
E SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA COM ENFOQUE NAS MISSÕES, RIO
GRANDE DO SUL.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado
como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em
Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

28/11/2018

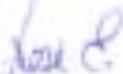


Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

Orientador



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira



Dr. José Eloir Denardin

RESUMO

O plantio direto (PD) ocorreu pela iniciativa de agricultores e posteriormente foi aprimorado pelas instituições de pesquisa, sendo denominado sistema plantio direto (SPD), para contornar os problemas encontrados no cultivo convencional do solo (CC). O SPD se constitui como um importante sistema de manejo para a conservação dos solos e para a sustentabilidade da agricultura, porém para o sucesso do SPD é necessário que este seja empregado com todas suas premissas básicas. Na região missioneira do Rio Grande do Sul e outras regiões do Brasil muitas de suas premissas foram negligenciadas, levando a crise do sistema e o conseqüente retorno de problemas do CC e a ampliação de outros (erosão do solo, excessivo uso de insumos, estagnação ou redução da produtividade, degradação do solo, poluição das águas, compactação e adensamento do solo). O presente trabalho tem por objetivo elaborar um planejamento do modelo de produção para culturas anuais de grãos para a região das Missões – RS, de maneira que as premissas do SPD sejam retomadas, apresentando os benefícios das práticas e orientações para o início, reparação e continuidade do sistema, com diversificação de culturas, uso de plantas de coberturas e retomada de práticas complementares de combate a erosão do solo, através da consulta de artigos, boletins técnicos, livros, manuais e outras fontes pertinentes fazendo uso de plataformas de pesquisa e acervos bibliográficos. Com os modelos de diversificação de culturas propostos neste trabalho é possível produzir a quantidade de palha requerida pelo sistema. O milho se apresenta como cultura indispensável para compor o sistema de rotação de culturas. O uso de plantas de cobertura e de adubação verde é fundamental para o fornecimento de palha em qualidade, quantidade e frequência para tornar o SPD estável e apresentar seus efeitos pela melhoria proporcionada pelo aumento da biodiversidade e matéria orgânica do sistema. Desta forma conjuntamente com as práticas complementares de conservação do solo, a erosão pode ser reduzida a níveis insignificantes.

Palavras-chave: Conservação, rotação, diversificação, solos, cobertura.

ABSTRACT

No-tillage introduced under in Brazil the initiative of farmers and later was improved by the research institutions, being called the no-tillage system, to overcome the problems encountered in conventional soil cultivation. The no-tillage system constitutes an important management system for soil conservation and for the sustainability of agriculture, but for the success of the no-tillage system it is necessary that it be employed with all its basic premises. In the Missões region of Rio Grande do Sul and other regions of Brazil many of its premises were neglected, leading to the crisis of the system and the consequent return of problems of conventional cultivation and the expansion of others (soil erosion, excessive use of inputs, or reduction of productivity, soil degradation, water pollution, compaction and soil densification). The present work has the objective of elaborating a production model for annual grain crops for the Missões region, so that the premises of the no-tillage system are resumed, presenting the benefits of the practices and guidelines for the beginning, repair and continuity of the system, with rotation and diversification of crops, the use of cover crops and the resumption of complementary practices to combat soil erosion, through the consultation of articles, technical bulletins, books, manuals and other relevant sources using research platforms and collections. With the models of crop rotation proposed in this work it is possible to produce the amount of straw required by the system, corn presents itself as an indispensable crop to compose the crop rotation system. The use of cover crops and green manure are fundamental to the supply of straw in quality, quantity and frequency to make the system no tillage system stable and to present its effects by the improvement provided by the increase of the biodiversity and organic matter of the system, thus jointly with complementary soil conservation practices, erosion can be reduced to insignificant levels.

Keywords: Conservation, rotation, diversification, soil, roof.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Tomada de decisão para ação mecânica para correção de problemas físicos ou químicos	25
Quadro 2 – Diversificação de culturas após a interferência mecânica.	27
Quadro 3 - Opção 1: Planejamento de diversificação de culturas e plantas de cobertura.....	29
Quadro 4 - Opção 2: Planejamento de diversificação de culturas e plantas de cobertura.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gramíneas de cobertura para estação fria.....	26
Tabela 2 - Gramíneas de cobertura para estação quente	27
Tabela 3 - Culturas de grãos para estação quente.....	28
Tabela 4 - Culturas de grãos para estação fria.....	28
Tabela 5 - Leguminosas de cobertura para estação quente	30
Tabela 6 - Cobertura de estação fria.....	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 CARACTERIZAÇÃO DAS MISSÕES	12
2.2 SOLO COMPACTADO E/OU ADENSADO	12
2.3 EROSÃO DOS SOLOS	13
2.4 SISTEMAS DE CULTIVO	13
2.4.1 Cultivo Convencional.....	13
2.4.2 Cultivo Mínimo.....	15
2.4.3 Sistema Plantio Direto	16
2.4.3.1 Diversificação de Culturas.....	18
2.4.3.2 Plantas de cobertura e adubação verde	19
2.5 PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS COMPLEMENTARES.....	20
3 METODOLOGIA.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 SUGESTÕES GERAIS	34
5 CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

Os solos da região missioneira do estado do Rio grande do Sul, particularmente os LATOSSOLOS, não eram agricultáveis até o início dos anos 1970 devido sua baixa fertilidade e elevada acidez, muito semelhante ao que ocorria nos solos do planalto do estado que possuem características muito semelhantes (MIELNICZUK et al., 2003).

A partir disto foi desenvolvido um programa estadual de melhoramento do solo que fomentou a correção e melhora da fertilidade dos solos, que por sua vez permitiu a expansão dos cultivos de trigo/soja. O cultivo do solo convencional que era empregado na época, com intensa mobilização dos solos na camada arável (0-20 centímetros) e remoção da cobertura vegetal com o uso da queimada principalmente, proporcionaram um rápido desgaste dos solos, tanto em estrutura quanto em fertilidade, de forma que a fertilização mineral não era mais suficiente para recuperá-los. Os problemas com erosão e enxurradas que comprometiam o início do cultivo eram frequentes (MUZILLI, 1985; ANGHINONI, 2005; MIELNICZUK et al., 2003).

A partir de 1982 os primeiros esforços para difusão do Sistema Plantio Direto (SPD) foram iniciados, com a criação do Clube Amigos da Terra, porém, ainda haviam inconvenientes de equipamentos e técnicas pouco eficazes. Graças à atuação de agricultores, técnicos de pesquisa, cooperativas e extensão o SPD, a partir de 1992 foi aprimorado e difundido pelo estado do Paraná e Rio Grande do Sul e depois para o resto do Brasil (STRECK, 2012).

O SPD é uma prática que consiste no cultivo do solo com exclusiva mobilização na linha de semeadura, manutenção de palhada superficial de 10 a 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ ou superior, rotação de cultura, utilização de plantas de cobertura e adubação verde (DENARDIN et al., 2011).

Assim como ocorre em outras regiões do Rio Grande do Sul, na região do COREDE Missões (região Noroeste do estado que abrange 25 municípios) o SPD não tem sido empregado em sua totalidade fazendo uso apenas do plantio direto na palha ou o chamado plantio direto (PD), o que tem proporcionado o retorno de problemas encontrados no Cultivo Convencional (CC), como por exemplo, a erosão.

A erosão tem retornado com grande intensidade nas lavouras missioneiras, sendo fruto principalmente da utilização incompleta do SPD e não utilização de práticas complementares de conservação do solo, como terraços, plantio em contorno, etc. problemas como o vazio outonal, não utilização de plantas de cobertura e adubação verde juntamente com a sucessão

trigo/soja são os principais responsáveis pela ineficácia do plantio direto (PD). Para a eficiência do SPD, ele deve ser cumprido com todos seus princípios básicos, pois o resultado se dá pelo conjunto das ações que são inter-relacionadas e interdependentes (FERREIRA, AMADO E RICE, 2015).

É extremamente importante para a agricultura das Missões que a execução do SPD ocorra preconizando todos seus princípios, em virtude da expressão social e econômica que a agricultura possui na região sendo que suas bases estão fundamentadas na sustentabilidade. A utilização adequada do SPD na região missioneira pode trazer uma série de impactos positivos, entre eles podemos citar:

- a) Ambiental, por reduzir a entrada de sedimentos nos rios que consigo carregam fertilizantes e resíduos de agrotóxicos;
- b) Econômica: por permitir estabilidade produtiva, reduzir os investimentos com fertilizantes e corretivos além de cortes no custo de preparos do solo ocasionados por erosão;
- c) Social: a reprodução social dos agricultores é garantida além da melhora da qualidade de vida no campo e na cidade.

O presente estudo tem por objetivo consultar na literatura recomendações a fim de se elaborar modelos de produção para sistemas de produção de grãos com culturas anuais onde às práticas de diversificação de culturas, uso de plantas de cobertura e adubação verde, passam a ser utilizadas com viabilidade econômica e possa ajudar na crise que se encontra o SPD, considerando o enquadramento das plantas no zoneamento agrícola das Missões.

Portanto, com esse estudo espera-se construir um planejamento de manejo do solos em SPD visando amenizar os problemas da erosão, auxiliar na descompactação do solo, redução da pressão de doenças, redução da emergência de plantas daninhas, aumento da biodiversidade do solo, equilíbrio da fertilidade e redução dos gastos com tratamentos culturais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERIZAÇÃO DAS MISSÕES

A região missioneira do Rio Grande do sul situa-se ao noroeste do estado, sendo composta por 25 municípios (CORED, 2015) abrangendo uma área de 12.855,5 km² (FEE, 2017). A economia é baseada na agropecuária, desenvolvendo atividades de culturas anuais (soja, milho e trigo), pecuária leiteira e de corte, além de suinocultura e avicultura. As atividades de culturas anuais são desenvolvidas em pequenas à grandes propriedades, sendo que as pequenas são de mão de obra familiar, nestas predominam as atividades de pecuária leiteira sendo que normalmente integram a atividade de lavoura. A agricultura familiar representa 84% das propriedades com módulo fiscal médio de 25 hectares, 73% da área está nas mãos de médios e grandes agricultores (HAAS, 2008).

2.2. SOLO COMPACTADO E/OU ADENSADO

A compactação do solo pode ser definida como redução do espaço poroso e aumento da resistência à penetração de raízes no solo. Em virtude dos atributos físico/químicos do solo e a distribuição de raízes no perfil serem interdependentes, a compactação afeta a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas raízes, promovido pelo baixo volume de solo explorado, o que pode afetar negativamente a produtividade da cultura. A condição de uma camada compactada além de promover o desenvolvimento das raízes na porção mais superficial do solo, pode causar alterações morfológicas e fisiológicas delas, que por sua vez, afetam o crescimento da cultura (KOCHANN; DENARDIN, 2000).

Mantovani (1987) descreve a compactação do solo da seguinte forma,

[...] O volume total de um solo é constituído do volume das partículas minerais e orgânicas do solo e do volume de poros entre as partículas. O volume de um poro é ocupado com água e/ou ar. O solo está compactado quando a proporção do volume total de poros para o do solo é inadequada ao máximo desenvolvimento de uma cultura ou manejo eficiente do campo [...]. (1987, p. 52)

A compactação pode ser geralmente observada abaixo da camada revolvida do solo, causada pela ação dos implementos, comumente conhecida como pé de arado ou pé de grade, quando a camada compactada ocorre mais superficialmente esta, é causada pelo tráfego de máquinas. Kochann e Denardin (2000) descrevem como encrostamento superficial o aumento

da densidade do solo na camada superficial, o que acarreta em menor taxa de infiltração de água no solo e aumento das enxurradas, já quando o aumento da densidade é identificado na camada subsuperficial do solo, esta é chamada de camada adensada, cuja qual restringe o desenvolvimento das raízes e reduz a taxa de água estocada no solo, mobilidade da água e no perfil e trocas gasosas com a atmosfera (REICHERT et al., 2007).

2.3. EROSÃO DOS SOLOS

Mesmo sem a atuação do homem, a erosão ocorre naturalmente na natureza, porém em áreas agrícolas este processo pode ser acelerado, são dois agentes promotores da erosão, a água e o vento. A possibilidade da ocorrência da erosão ou não, é influenciada por diversos fatores, para isso se considera a erosividade e erodibilidade (VITTE; MELLO, 2007).

A erodibilidade diz respeito à suscetibilidade do solo em sofrer erosão, é influenciado pelas suas características de textura, matéria orgânica (MO), composição química, pH, estrutura (estabilidade de agregados, porosidade), etc. Quanto a textura, solos com maior quantidade de argila tendem ser menos suscetíveis a erosão em virtude da maior estabilidade dos microagregados promovida pela coesão da argila, já solos com maiores quantidade de silte e areia tendem a ser mais suscetíveis (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012).

A erosividade basicamente é a capacidade da chuva em causar erosão, sendo determinado pela intensidade e duração da chuva. Para ocorrer o desencadeamento da enxurrada é necessário haver o escoamento superficial, posteriormente à inclinação do terreno e o comprimento de rampa são fatores determinante deste potencial, considerando isso, condições de boa cobertura vegetal, existência de rugosidade superficial do solo e não ocorrência de selamento superficial do solo pelos impactos da água da chuva possibilitam adequada infiltração da água no solo, o que permite a redução das enxurradas, desta forma o SPD empregado em sua totalidade é uma eficiente prática conservacionista de combate à erosão hídrica (BAGATINI, 2011; VOLK; COGO, 2014).

2.4. SISTEMAS DE CULTIVO

2.4.1. Cultivo Convencional

Este método de cultivo também denominado Plantio Convencional tem por objetivo dar condições ideais de desenvolvimento para sementes ou tubérculos, depende do material de

propagação utilizado. Tais condições visam garantir o estabelecimento da cultura por meio da mobilização do solo garantindo íntimo contato com o material de propagação, facilidade do estabelecimento das raízes e emergência da planta. Além disso, têm por objetivo eliminação total de plantas daninhas, reduzindo assim a competição inicial com a cultura, tarefas de semeadura e plantio mecanizado ou não também são facilitadas, a prática visa facilitar a infiltração de água a fim de se reduzir riscos de erosão e enxurradas (ALBUQUERQUE FILHO et al. 2018).

O preparo do solo para culturas anuais normalmente envolve uma operação de aração e duas gradagem, destorroamento/nivelamento. Segundo Albuquerque Filho et al. (2018) o preparo pode ser dividido em primário e secundário, conforme descrito a seguir,

Preparo primário:

[...] consiste na operação mais grosseira, realizada com arados ou grades pesadas, que visa afrouxar o solo, sendo utilizada também para incorporação de corretivos, de fertilizantes, de resíduos vegetais e de plantas daninhas, ou para a descompactação superficial (2018).

Os equipamentos de disco por proporcionarem melhor mistura de fertilizantes, corretivo e material vegetal ao solo são mais eficientes se comparados ao arado de aivecas ou o escarificador, por outro lado tem maior potencial de causar compactação subsuperficial do solo, já o arado de aivecas e o escarificador são eficientes na descompactação do solo em profundidade.

Preparo secundário:

[...] consiste na operação de destorroamento e de nivelamento da camada arada de solo por meio de gradagens do terreno. Sendo um dos objetivos do preparo do solo o controle de plantas invasoras, pode-se proceder à última gradagem niveladora imediatamente antes do plantio. (ALBUQUERQUE FILHO et al. 2018).

O preparo do solo promove a suscetibilidade do mesmo a compactação e erosão portanto as operações de mecanização devem ser adequadas a região, de acordo com o tipo de solo e clima, é necessário elaborar um plano conservacionista para a viabilidade da prática, utilização de boas práticas de conservação do solo como cultivo em faixas, plantio em contorno, terraços de base larga e nível, elaboração de canais escoadouros da água e manutenção de rugosidades na superfície do solo são exemplos de práticas que devem ser adotadas para reduzir a erosão, sendo que o preparo convencional se limita em declividades de até 18% (DENARDIN et al., 2011).

O método convencional de cultivo do solo é uma prática importante que precisa ser bem conduzida para mitigar seus efeitos negativos sobre a estrutura do solo que o torna mais suscetível a erosão, existem cultivos onde esta prática é indispensável, por exemplo, na cultura da batata (*Solanum tuberosum*) o uso deste sistema é indispensável por permitir um melhor desenvolvimento dos tubérculos.

a) Vantagens:

- Eficiente método para eliminar plantas daninhas;
- Condições que permitem um rápido estabelecimento da cultura;
- Reduz problemas com fungos saprófitos;
- Permite calagem e adição de nutrientes em profundidade;
- Descompacta o solo na camada arável;
- Elimina insetos pragas que se abrigam no solo e palhada.

b) Desvantagens:

- Desagrega o solo;
- Promove a redução da matéria orgânica do solo;
- Facilita a lixiviação de fertilizantes;
- Compacta o solo abaixo da camada arável (pé de arado);
- Reduz a biodiversidade e atividade biológica do solo;
- Reduz o armazenamento de água no solo;
- Favorece a erosão;
- Altos custos com mecanização e combustíveis.

2.4.2. Cultivo Mínimo

O cultivo mínimo é uma prática que tem por objetivo reduzir ao máximo as atividades mecânicas de preparo do solo, o que ocorre normalmente é executar apenas uma atividade de escarificação, subsolagem uso da enxada rotativa (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2012). A escolha do método de preparo depende das necessidades que a cultura a ser implantada exige do solo.

Como as operações de gradagens não são executadas, esta prática é menos hostil à estrutura do solo o que contribui para redução da erosão, é importante destacar que a escarificação ou subsolagem não destroem a palhada sobre a superfície do solo deixada pela cultura antecessora, o que é favorável para a conservação do solo, pode-se dizer que o PD e SPD surgiram no cultivo mínimo. Como exemplo temos o plantio de mudas florestais, a

mobilização do solo ocorre apenas com a escarificação no sulco de semeadura (CASTRO, 1995).

2.4.3. Sistema Plantio Direto

O uso intensivo do solo com utilização do cultivo convencional (CC), com a sucessão de trigo/soja, gerou uma série de problemas de degradação do solo e do meio ambiente (MUZILLI, 1985; ANGHINONI, 2005; MIELNICZUK et al. 2003).

Vieira e Frazier (1961) foram os primeiros autores a identificar em 1961 a necessidade da implementação de uma agricultura mais conservacionista, os autores descreviam o sistema denominado de cultivo mínimo, que estava sendo desenvolvido em vários países e que aqui no Brasil poderia contribuir também para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável. (DENARDIN et al, 2011)

O plantio direto (PD) foi introduzido a partir da década de 70 nas lavouras de sucessão trigo/soja, para controlar a erosão, era um método alternativo de cultivo do solo que foi introduzido conjuntamente com a propriedade rural e a pesquisa (KOCHHANN; DENARDIN, 2000).

O principal objetivo da adoção do PD foi para o controle da perda de solo pela erosão que ocorria por ter condições edafoclimáticas favoráveis (SÁ, 1999). Além disso, o autor pontua que a preocupação inicial era introduzir no sistema plantas de cobertura em solos de baixa fertilidade, como critério elas tinham que ter elevada capacidade produtiva de material vegetal.

Após os agricultores pioneiros da adoção do PD terem iniciado a prática, a pesquisa teve demora até a obtenção dos resultados conclusivos e difusão de técnicas, por sua vez isso contribuiu para poucos agricultores obterem sucesso no PD e retornavam ao CC. A partir de 1980 fica evidenciado através dos resultados obtidos dos pesquisadores, que o plantio direto não poderia ser adotado apenas como um método de controle da erosão era necessário ser considerado como um sistema de exploração, com práticas ordenadas, metódicas e complexas de forma sistematizada (KOCHHANN; DENARDIN, 2000).

Com o entendimento de uma complexidade sobre as técnicas aplicadas sobre o PD, contrário do simples abandono da intensa mobilização do preparo do solo, este tem um enfoque ampliado para sistema plantio direto, onde o PD passa a ser integrado às práticas de manutenção de cobertura vegetal sobre o solo, rotação e associação de culturas com retorno econômico e de material vegetal (SÁ, 1999).

Desta forma conceitua-se no Brasil o SPD como:

[...] Sistema de exploração agropecuário que envolve diversificação de espécies, via rotação de culturas, as quais são estabelecidas na lavoura mediante mobilização de solo exclusivamente na linha de semeadura, mantendo-se resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo [...] (KOCHHANN; DENARDIN, 2000, p. 8).

[...] Gestão da terra fundamentada na diversificação de espécies, na mobilização de solo apenas na linha ou cova de semeadura, na manutenção permanente da cobertura do solo e na minimização do intervalo entre colheita e semeadura, objetivando estabelecer o processo contínuo colher-semear [...] (SÁ, 1999).

O SPD é a prática de cultivo do solo que descarta qualquer forma de preparo antes da semeadura ou plantio da cultura, o objetivo é que apenas ocorra abertura de um sulco de semeadura para deposição adequada de sementes e fertilizantes, é necessário ter uma semeadora que seja apta para realizar tal tarefa, as outras práticas são de cunho mais conservacionista que integram o sistema sendo indispensáveis e que o tornam sustentável (CASSOL; DENARDIN; KOCHMANN, 2007).

O SPD integra de maneira holística prática da agroecologia e tem seus princípios fundamentados na natureza, buscando sustentabilidade da agricultura, pode se dizer que é uma prática que tenta imitar um ecossistema natural, tentando alcançar equilíbrio do agroecossistema, em longo prazo torna-se possível recuperar-se o ambiente que outrora foi degradado, pacotes tecnológicos não se aplicam de forma eficiente e sustentável, sendo que antigos conceitos de enfoque mineralista não são capazes de explicar novas concepções de fertilidade dos solos (SÁ, 1999; NICOLODI et al., 2008).

O SPD é uma prática que vai se tornando mais eficiente em termos de resposta a produtividade ao longo dos anos, pois o sistema precisa ir se recuperando e tornando-se mais equilibrado e estável para expressar todos seus benefícios (FERREIRA; AMADO; RICE, 2015).

As vantagens ou desvantagens do SPD são influenciadas pelas condições edafoclimáticas de cada região, em termos de produtividade os efeitos benéficos do sistema se tornam visíveis a longo prazo e dependem de questões cruciais do planejamento e da execução bem-feita do que é preconizado, outra questão importante é uma implantação adequada do sistema, com correção do pH e fertilidade.

a) Vantagens:

- Aumento da MO;
- Melhoria da estrutura do solo;

- Aumento da infiltração de água;
- Redução da evaporação da água do solo;
- Aumento da biodiversidade dos organismos do solo;
- Redução de plantas daninhas;
- Redução de problemas de fitossanidade;
- Redução da erosão;
- Redução da mecanização e número de implementos;
- Estabilização da produtividade.

b) Desvantagens:

- Exige maior planejamento agrícola;
- Maior tecnificação dos agricultores;
- Pode causar compactação subsuperficial;
- Não permite a correção do pH e da fertilidade química em profundidade;
- Nos primeiros 5 anos tem-se redução da produtividade;
- Aumenta o uso de herbicidas.

2.4.3.1. Diversificação de Culturas

Santos e Reis (2003) exaltam que ocorrem degradações físicas, químicas e/ou biológicas quando um agroecossistema é conduzido por monocultivos ou sucessões de soja, trigo e/ou milho, levando a redução da produtividade ao longo dos anos, contribuindo para o desenvolvimento de pragas e doenças, colaborando também com a erosão e problemas ambientais.

Conceitos básicos da prática encontrados na literatura:

A rotação de culturas é definida como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas, em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área e na mesma estação do ano (FRANCHINI et al., 2011).

[...] Consiste em alternar espécies vegetais no decorrer do tempo, numa mesma área agrícola, numa sequência planejada de cultivo de diferentes culturas, preferencialmente com sistemas de raízes diferentes entre si, como por exemplo, gramíneas e leguminosas, no inverno ou no verão, onde cada espécie desenvolve um efeito residual positivo para o solo e para o meio ambiente ou para a cultura sucessora [...] (FRANCHINI et al., 2011).

Para viabilidade econômica da rotação de cultura é importante identificar-se qual a cultura principal então realizar o planejamento de ciclos, como por exemplo, de três anos ou

mais, dividindo-se a lavoura em três glebas (número de glebas é igual ao número de anos por ciclo), então é planejado um esquema de rotação para três anos, neste caso, onde um destes anos não se cultive a cultura principal, portanto a cultura de maior retorno econômico sempre será cultivada apenas em 67% da propriedade, na gleba restante se escolhe uma cultura de retorno econômico que preferencialmente seja de espécie distinta, com alta relação carbono/nitrogênio (C/N), com sistema radicular denso e profundo e que tenha necessidades nutricionais diferentes, na safra seguinte não se repete o cultivo da cultura principal em uma das glebas, até ter rotacionado em todas, posteriormente repete-se o ciclo ou se escolhe outro. Para exemplo prático seria cultivar por dois anos consecutivos soja no verão e no próximo cultivo milho (FRANCHINI et al., 2011).

Os benefícios da prática ocorrem pela rotatividade de mecanismos e princípios ativos dos agrotóxicos, rotatividade de sistemas radiculares que exploram o solo em diferentes camadas e diferentes formas com diferentes níveis de exigências e aproveitamento de nutrientes, ciclagem de nutrientes, aumento da biodiversidade do solo, quebra do ciclo de pragas e, redução da erosão e compactação do solo, diversificação da produção e estabilidade econômica (SANTOS; REIS, 2003; FRANCHINI et al., 2011).

2.4.3.2. Plantas de cobertura e adubação verde

As plantas de cobertura são indispensáveis para a eficácia do SPD, elas trazem melhorias nos atributos físicos e químicos do solo, tem papel fundamental na ciclagem dos nutrientes, além disso permitem a proteção do solo contra os impactos das gotas da chuva, redução da velocidade do escoamento superficial, redução da infestação de plantas daninhas, incremento de MO ao solo, rompimento de camadas compactadas, aumento da atividade biológica do solo e diminuição das oscilações térmicas do mesmo, é importante destacar que o papel das raízes é importante quanto o da palhada sobre a superfície do solo (ALVARENGA et al., 2001; LAMAS, 2017).

As plantas de cobertura podem ter valor para fornecimento de forragem aos animais ou colheita de grãos, não necessitam ser de uso exclusivo para cobertura do solo, o objetivo é fazer uso de plantas sucedendo as culturas comerciais para que sempre se tenha plantas e raízes crescendo no solo, é fundamental escolher as espécies que se adaptam as condições edafoclimáticas de cada região. Vale ressaltar que é importante integrar mais de uma espécie, pois não existe uma planta que consiga ser perfeita, Características favoráveis são requeridas na escolha das espécies, precisam produzir elevada fitomassa, não ter característica de

invasora ou alelopatia¹, para a cultura comercial sucessora, possuir sistema radicular agressivo, capacidade de supressão de plantas daninhas, resistência à estiagem, insetos e doenças. É interessante que leguminosas sejam adicionadas antes do cultivo de gramíneas o que permite a redução de gastos com insumos (ALVARENGA et al. 2001; FRANCHINI et al., 2011; LAMAS, 2017).

Uma prática importante é fazer a semeadura se possível das plantas de cobertura sem mobilização de solo, também é interessante fazer uso do sistema colher semear, que seria introduzir a cobertura no momento em que a cultura comercial entra na fase de senescência, ou então imediatamente após a colheita. O manejo da cobertura ocorre quando as plantas atingem o máximo desenvolvimento (floração), que também é quando ocorre o maior acúmulo de fitomassa, as plantas podem ser dessecadas (uso de herbicida) ou derrubadas sobre a superfície do solo para facilitar as operações de semeadura, objetiva-se que não ocorra trituração excessiva da palha para que o processo de decomposição seja lento (DENARDIN et al., 2011).

2.5. PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS COMPLEMENTARES

Mesmo com todas as premissas do SPD bem conduzidas, existem situações onde a rotação de cultura, manutenção de boa cobertura vegetal e semeadura em contorno não são suficientes para impedir a erosão hídrica, nesta situação que o declive e comprimento de rampa são muito elevados, ocorrem enxurradas que desencadeiam o processo erosivo do solo (NUERNBERG, 1998).

Denardin et al., (2011) fazem considerações a respeito da tomada de decisão para construção de obras hidráulicas ou barreiras mecânicas como prática complementar de conservação do solo, é importante observar a palhada sobre a superfície do solo, identificar os pontos onde tem falha, estes locais representam a necessidade de outro meio para contenção da erosão hídrica, a exemplo, o terraceamento, além disso, estas falhas indicam o limite crítico da distância entre cada barreira.

A construção de terraços tem como objetivo conter as águas do escoamento superficial sendo alocado transversalmente ao sentido do escoamento da água, reduzindo a velocidade do escoamento, conduzindo a água para fora da lavoura ou dutos, armazenando a água no solo o

¹ Processo pelo qual uma planta libera substâncias químicas (aleloquímicos) alterando o desenvolvimento de outra espécie vegetal.

que contribui para o abastecimento do lençol freático e reduz o efeito de veranicos (DENARDIN et al., 2011).

Os fatores que definem os tipos de barreira mecânica a ser construída são determinados pelo tipo de solo, capacidade de retenção de água, taxa de infiltração de água no solo, intensidade das chuvas, declividade do terreno, tamanho da propriedade, capacidade de mecanização (PRUSKI, 2009). Os tipos de terraços são de base larga, base média, base estreita, e podem ser classificados conforme sua função: nível, onde a água é infiltrada e armazenada na lavoura; Desnível, onde a água é conduzida para fora da lavoura; Mistos, atende as duas funções (PRUSKI, 2009).

3. METODOLOGIA

A região denominada missões situada no noroeste do estado do Rio Grande do sul, delimita-se a Leste com o Planalto Médio, ao Norte com o Alto Uruguai, ao Sul com a Campanha e a Oeste com o rio Uruguai. O material de origem dos solos é de rochas vulcânicas e sedimentos, os solos predominantes são classificados como LATOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos da Unidade de Mapeamento Santo Ângelo, que abrangem o município de Santo Ângelo até os municípios de Bossoroca, Santo Antônio das Missões, São Nicolau e Guarani das Missões (STRECK et al., 2018). Os LATOSSOLOS não possuem restrição a mecanização agrícola em nem um nível tecnológico e apresentam boas condições de fertilidade quando corrigido o pH, apresentando bons resultados para o cultivo de plantas anuais para produção de grãos.

Os NITOSSOLOS VERMELHOS Distroféricos apresentam boa aptidão para as culturas anuais, a Unidade de Mapeamento São Borja tem predominância destes tipos de solos que por sua vez são encontrados no percurso Santo Antônio das Missões a São Borja (STRECK et al., 2018).

As principais atividades agropecuárias desenvolvidas nas Missões são, suinocultura, avicultura, bovino de corte e leite e culturas anuais de soja, milho e trigo sendo a soja a predominante, a maior parte das propriedades são de agricultores familiares e a maior extensão de terra pertence a médios e grandes agricultores (HAAS, 2008).

Em 1966 a criação da operação tatu, que foi um plano estadual de melhora da fertilidade dos solos do Rio Grande do Sul, impulsionou o avanço da agricultura, com isto, devido ao método de cultivo que desagregava o solo juntamente com a remoção da palhada superficial, com recorrentes problemas de erosão aliado a perda de insumos e danos ambientais, levou a necessidade da utilização de um manejo mais conservacionista do solo, que por sua vez, foi implementado pelos esforços de agricultores e instituições governamentais, que assim criaram o SPD que se popularizou a partir de 1992.

Na atualidade o SPD encontra-se em crise, pois não é empregado com a utilização de todas premissas que foram propostas para um manejo conservacionista do solo, o que ocorre é um plantio na palha, com pouca cobertura vegetal ($3392 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) sem rotação de culturas (soja ocupando 78,6% da área cultivada no verão), intervalos de cultivos prolongados (apenas 18,7% da área de verão é ocupada com culturas de grãos no inverno), e remoção de métodos complementares para conservação do solo, como por exemplo, terraços. Sendo identificados problemas acentuados de erosão, doenças, pragas, plantas daninhas e

compactação, 69,6% das propriedades apresentam compactação do solo acima do nível crítico na camada de 7 a 14 cm de profundidade (FIORIN; SCHNELL; RUEDELL 2007).

A proposta do presente estudo elaborou um planejamento do modelo de produção onde as premissas do SPD são retomadas de maneira econômica e ambientalmente viáveis, realizando manejos conservacionistas do solo. Foram desenvolvidas orientações para iniciar de fato o SPD e planejamentos de diversificações de culturas com maximização das oportunidades de comercialização dos produtos e manutenção de cobertura vegetal (palhada) adequadas), uso de plantas de coberturas e adubação verde com adequação para o zoneamento agrícola das Missões.

Os materiais que fomentaram o presente estudo foram oriundos de plataformas de pesquisas, livros, boletins técnicos, revistas e jornais digitais, bibliotecas digitais de instituições brasileiras públicas ou privadas.

As plataformas de pesquisa utilizadas foram: Google Scholar, Scielo, Portal de Periódicos e CAPES.

Os termos de pesquisa utilizados foram: sistema plantio direto, plantio direto, rotação de cultura, diversificação de culturas, plantas de cobertura, adubação verde, sistema colher semear, erosão hídrica, erosão, compactação do solo, descompactação do solo, sistema plantio direto nas missões, sistemas de cultivos e produção de matéria seca de plantas de cobertura e cultivadas de inverno e verão.

O critério de exclusão e aceite dos materiais ocorreu através da leitura do resumo, quando estes não os integravam foi efetuada a leitura da introdução e conclusão e quando necessário partes dos resultados. Quando se tratava de livros, notícias e boletins técnicos foi preciso ler integralmente os documentos ou capítulos.

O idioma utilizado foi o português do Brasil. Os filtros aplicados foram do idioma e do ano até 2018.

No resultado e discussão foram descritos o levantamento das informações pertinentes que compreendem o proposto pela problemática abordada, justificativas e objetivos do trabalho além de considerações do autor a respeito das informações obtidas durante a revisão e sugestões a respeito da temática.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eliminação de impedimentos físicos e químicos no solo antes da implementação do sistema plantio direto (SPD), é etapa crucial para permitir sua sustentabilidade, pois o que se preconiza é que após iniciar o sistema não ocorram mobilizações no solo a não ser as que ocorrem no sulco de semeadura (DENARDIN; KOCHHANN, 1993; CRUZ, 2007). Antes de dar início ao SPD deve-se realizar amostragem do solo na camada de 0-20 cm para análise química. A análise física também é indispensável, esta que tem o objetivo de avaliar se há impedimentos físicos no solo (estratificação física, adensamento, compactação) (DENARDIN; KOCHHANN, 1993). Na identificação de impedimentos físicos e/ou químicos é necessário consultar o Quadro 1 para decidir qual implemento será utilizado na operação de afrouxar o solo e/ou incorporar insumos. De acordo com o resultado da interpretação da análise de solo, teremos a indicação se há necessidade de calagem (correção do pH) ou correção do nível de suficiência de nutrientes do solo, com a orientação se é preciso incorporar os insumos na camada de 0-20 cm (DENARDIN; KOCHHANN, 1993). A prática de incorporar insumos no solo é fundamental, porém só é recomendada quando as condições de acidez, saturação de alumínio e nível de suficiência de nutrientes estiverem em condições críticas para o desenvolvimento das plantas (10-20 cm de profundidade).

Nas lavouras conduzidas a cinco anos ou mais sob a prática do SPD ou do plantio direto (PD) é importante que a amostragem do solo seja realizada de 0-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade, para que seja possível identificar se existe estratificação química de nutrientes (FREIRE; FRANÇA, 2001).

A estratificação química de nutrientes é caracterizada pela seguinte situação:

Camada A com nível de suficiência de nutrientes adequado ou muito elevado;

Camada B com nível de suficiência de nutrientes crítico;

Portanto para ser caracterizada como estratificação química existe a necessidade de uma camada possuir níveis satisfatórios de nutrientes e outra níveis críticos. Na identificação de uma diferença elevada entre camadas, desde que uma não esteja em níveis críticos não será caracterizada como estratificação e sim gradiente químico, não havendo necessidade da correção.

Para realizar a análise física do solo e assim identificar possíveis restrições, esta pode ser realizada pelo método do perfil cultural. Abre-se uma trincheira nas dimensões de 40x40x50 cm (lado, profundidade e lado) cuja qual deve ser executada no pleno desenvolvimento da cultura (floração). Avaliam-se as condições morfológicas do sistema

radicular das plantas, a fim de verificar camadas ou pontos de concentração de raízes, identificar se as raízes possuem tortuosidades e achatamentos incomuns. Conjuntamente faz-se toques ao longo do perfil do solo com um objeto pontiagudo (faca) e verifica-se o formato, a resistência, a estabilidade dos agregados e a presença de camadas compactadas/adensadas.

Quando as possíveis alterações forem correspondentes, significa que existe restrição física para o crescimento das raízes. A decisão por interferência mecânica é uma medida extrema, seria como um procedimento cirúrgico no solo, portanto se opta por tal prática somente quando não existem plantas capazes de atuar com suas raízes no rompimento da camada compactada/adensada. (TAVARES FILHO et al., 1999; DENARDIN et al., 2011).

Quadro 1 - Tomada de decisão para ação mecânica para correção de problemas físicos ou químicos

Restrição química	●	●	●
Restrição física	●	●	●
Ação	Mantém o sistema	Escarificar 5 cm abaixo da camada compactada	Arar na camada de 0-20 cm
● Sem restrição. ● Com restrição.			

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Quando a operação mecânica for realizada com o objetivo de melhorar as condições físicas do solo, esta deve ser realizada com o uso do escarificador 5 cm abaixo da camada compactada, pois este equipamento possibilita pouco revolvimento. Para realizar a operação de incorporação dos insumos utiliza-se o arado de discos, havendo impedimentos físicos no solo ou não. Além da incorporação homogênea de insumos este implemento permite a descompactação do solo (ALBUQUERQUE FILHO et al. 2018). É importante dizer que o início destas intervenções mecânicas só é recomendado se as práticas complementares de conservação do solo estiverem devidamente aplicadas na lavoura, como por exemplo, obras hidráulicas como terraços de base larga. Após qualquer operação mecânica, das descritas anteriormente, é indispensável que seja implantada uma espécie gramínea em alta densidade, bem distribuída e com sistema radicular abundante e vigoroso. Isso é necessário para evitar que ocorram erosões do solo e garantir que o afrouxamento do solo permaneça com o efeito ao longo do tempo, promovido pela ação das raízes, que proporcionarão a reestruturação do solo (DENARDIN; KOCHHANN, 1993; KOCHHANN; DENARDIN, 2000; DENARDIN et al., 2011). Para evitar que ocorram futuras estratificações químicas de nutrientes é importante utilizar hastes sulcadoras com ação profunda, portanto depositando os fertilizantes em

aproximadamente 20 cm de profundidade, além disso, operações com sulcadores em tal profundidade permitem o rompimento de possíveis camadas compactadas.

Utilizando como base o trabalho intitulado erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno de chuvas erosivas de Santa Rosa (Rio Grande do Sul), desenvolvido por (MAZURANA et al., 2009), é mais apropriado realizar as operações de escarificação ou aração no período outono/inverno a partir de meados de abril até no máximo início de junho, logo após a retirada da soja. Estes meses compreendem o período com probabilidade reduzida da chuva causar erosão. Imediatamente após realizar-se tais tarefas é fundamental semear em alta densidade as culturas de gramíneas aveia preta (*Avena strigosa*) ou aveia branca (*Avena sativa*), estas podendo ser consorciadas (DENARDIN et al., 2011).

Tabela 1 - Gramíneas de cobertura para estação fria

Espécies	Tempo até floração (dias)	Potencial de massa seca Mg ha ⁻¹
Aveia Preta	120-140	6
Aveia Branca	120	5
Centeio	100 a 130	6

Fonte: Adaptado de Alvarenga et al (2001), Alves et al (2006), Souza et al (2012), e Redin (2014)

Estas plantas não terão o objetivo de terem retorno econômico, recomenda-se que a próxima cultura a ser semeada seja o milho (*Zea mays*), em virtude do denso sistema radicular e da sua colheita ser realizada com espigadeiras, desta forma se evita uma possível complicação na hora da colheita, se esta fosse realizada com plataforma que possui barra de corte por exemplo. Após a escarificação não é desejável utilizar a grade niveladora, com o objetivo de evitar os efeitos negativos da prática (pulverização, adensamento do solo e aumento da perda da matéria orgânica (MO; SÁ et al, 2003), porém na prática de incorporação de insumos, que visa homogeneizar o solo, em virtude da aplicação de meia dose dos insumos antes da aração e em seguida o restante, torna-se indispensável o uso da grade niveladora para homogeneização do solo (CQFS-RS/SC 2016).

O quadro 2 trás o planejamento das culturas a serem utilizadas no modelo de produção quando for realizada alguma interferência mecânica. O esquema proposto pode ser realizado em toda área com as opções de sucessão de culturas proposta na gleba 1.

Quadro 2 – Diversificação de culturas após a interferência mecânica.

GB	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
1		INTERFERÊNCIA MECÂNICA				MILHO					CROTALÁRIA			CGEF ¹		
		AVEIA PRETA														
2		NABO FORRAGEIRO		TRIGO					SOJA							
3		NABO FORRAGEIRO		TRIGO					SOJA							

(¹) Culturas de grão de estação fria

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Quando se tratar de propriedades com grandes áreas, é possível diluir os custos das intervenções mecânicas de maneira que estas práticas sejam realizadas apenas em parte da propriedade, desta forma dividindo em duas ou três glebas a lavoura, então seria realizado a aração ou escarificação cada ano em uma gleba, assim no segundo ano a gleba dois e no terceiro ano a gleba 3 seguiria o modelo de sucessão de culturas como está proposto na gleba 1.

Com o objetivo de consolidar os efeitos das ações mecânicas e reduzir a exposição do solo a erosão, através da atuação das raízes e adição elevada de material vegetal, é recomendado optar após a colheita do milho pelas gramíneas de cobertura para estação quente: sorgo (*Sorghum bicolor*), capim Sudão (*Sorghum sudanense* L.) ou milheto (*Pennisetum americanum*) para entrar no modelo como plantas de cobertura, ou utilizar o sorgo para produção de grãos se este tiver oportunidade de comercialização na região ou ainda dentro da propriedade para alimentação animal, porém teria o inconveniente de reduzir o desempenho do trigo no inverno.

Tabela 2 - Gramíneas de cobertura para estação quente.

Espécies	Tempo até floração (dias)	Potencial de massa seca Mg ha ⁻¹
Milheto	60 a 90	8
Capim Sudão	50 a 70	8
Sorgo	70 a 90	7

Fonte: Adaptado de Alves et al (2006), Souza et al (2012) e Redin (2014)

Para um desempenho mais satisfatório das gramíneas de cobertura na produção de fitomassa, a adubação nitrogenada em cobertura constitui-se como uma prática indispensável, a dose de aplicação deve ser verificada no Manual de calagem e adubação para os Estados do

Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, (CQFS-RS/SC 2016) e adequada conforme a quantidade requerida de produção de palha.

No outono/inverno, em meados de abril, é possível o cultivo de cevada para uso dos grãos para alimentação do gado de leite, que apresenta boa aceitação pelos animais, porém é preciso ter conhecimento do quanto de cevada é possível ser substituída por milho (CÓRDOVA, 2004).

O sucesso do SPD depende de um bom planejamento de sucessão, rotação e diversificação de culturas bem como a habilidade do agricultor em manejar o sistema, o papel de agregação do solo promovido pelas diferentes raízes que exploram o solo exercem importância fundamental em acréscimo de carbono no solo. Além disso, a variação no tempo, espaço em qualidade, quantidade e frequência de material vegetal que precisa ser aportado ao solo são determinantes para a sustentabilidade do SPD, ou seja, o efeito biótico da interação entre plantas e microrganismos é o que gere a fertilidade do sistema agrícola produtivo e dos aspectos conservacionistas. Conjuntamente é importante considerar que a agricultura é um negócio e necessita ter retorno econômico, portanto é fundamental alinhar as premissas do SPD com a oportunidade máxima de produção, comercialização e lucratividade das culturas. (DENARDIN; KOCHHANN, 1993; KOCHHANN; DENARDIN, 2000; ALVARENGA et al., 2001; SANTOS; REIS, 2003; DENARDIN et al., 2011; FRANCHINI et al, 2011; BALOTA, 2017).

Tabela 3 - Culturas de grãos para estação quente.

Espécie	Estimativa de produção de MS há ⁻¹
Feijão	3
Soja	3
Girassol	3
Trigo Mourisco	6
Milho	9
Sorgo	7

Fonte: Adaptado de Alves et al (2006), Holzschuh et al (2006), Souza et al (2012) e Redin (2014)

Tabela 4 - Culturas de grãos para estação fria.

Espécie	Estimativa de produção de MS há ⁻¹
Canola	2
Trigo	4
Triticale	5
Centeio	6
Cevada	5

Fonte: Adaptado de Alvarenga et al (2001), Alves et al (2006), Souza et al (2012) e Redin (2014)

Quadro 3 - Opção 1: Planejamento de diversificação de culturas e plantas de cobertura

GLEBA	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
1		CGEQ ¹			LCEQ ²			CGEF ³								
2			SOJA				NABO		CGEF ³							
3			SOJA				CEF ⁴									
(1) Cultura de grãos de estação quente, (2) Leguminosa de cobertura de estação quente, (3) Cultura de grãos de estação fria, (4) Coberturas de estação fria.																

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

Quadro 4 - Opção 2: Planejamento de diversificação de culturas e plantas de cobertura

GLEBA	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
1			SOJA				GCEQ ¹		CGEF ²							
2			SOJA				COBERTURA DE ESTAÇÃO FRIA									
3		MILHO				LCEQ ³			CGEF ⁴							
(1) Gramíneas de cobertura de estação quente, (2) Culturas de grãos de estação fria, (3) Leguminosa de cobertura de estação quente, (4) Culturas de grãos de estação fria.																

Fonte: Elaborada pelo autor, 2018.

O planejamento do sistema de rotação de culturas é alicerçado em cima de uma das premissas fundamentais do SPD, que é o aporte anual de 10 a 12 Mg há⁻¹ de palha, uma vez que um modelo de produção focado apenas na cultura com o maior retorno econômico não é capaz de atingir este patamar. Na região missioneira não é diferente, sendo esta uma das principais causas da crise do SPD na localidade, que segundo Fiorin, Schnell e Ruedell (2007) a média de palhada em cobertura das propriedades ficou com 3392 kg ha⁻¹ ano⁻¹, muito abaixo do que é preconizado.

A palha em cobertura trás uma série de benefícios para o sistema permite a proteção do solo contra os impactos das gotas de chuvas, radiação solar, reduzindo a amplitude térmica do solo, a perda de água por evaporação, a infestação de plantas daninhas por atuar como barreira física. O acúmulo de palha serve também como fonte de nutrientes para as plantas e de alimento para a biologia do solo, que também se torna mais diversa. A atividade biológica desempenha papel fundamental para promover a melhoria da estabilidade dos agregados pela liberação de exsudatos, benefício que também pode ser observado pela ação dos diferentes

sistemas radiculares em um sistema de rotação de cultura (HECKLER; SALTON et al., 2002).

Com o aporte ideal de palha é possível o incremento de MO no solo, a MO desempenha importante papel na formação de micro e macro agregados, as cargas elétricas da MO aumentam a estabilidade dos mesmos, contribuindo para a manutenção de macro e micro poros, que terão continuidade ao longo do perfil. A agregação promovida pela MO torna o solo resistente a compactação, pois devido a maior estabilidade dos agregados, após o solo sofrer uma pressão pelos rodados das máquinas, por exemplo, ele possui capacidade para retornar ao seu estado original. O aumento da capacidade de troca de cátions do solo (CTC) é influenciado pelo incremento de MO, contribuindo para manter os nutrientes no solo sem que ocorram perdas por lixiviação, colaborando também para a queletização de elementos tóxicos como o alumínio.

O aumento de MO no solo além de promover benefícios aos atributos físicos, químicos e biológicos, juntamente com condições mais favoráveis para o desenvolvimento de plantas pela manutenção da umidade do solo, contribui para o sequestro de carbono, gás este que em alguns estudos tem sido apontado como causador do efeito estufa (HECKLER; SALTON, 2002).

O aumento do MO do solo tem sido estreitamente relacionado (relativo) com o acréscimo de nitrogênio (N) no modelo de produção, portanto, objetiva-se que as plantas que sucedam as de alta relação C/N (gramíneas de estação quente ou fria) sejam de baixa relação C/N e vice-versa. Sempre que possível é interessante introduzir no sistema, antes do cultivo de gramíneas (Poaceae), plantas capazes de realizarem fixação biológica de nitrogênio (FBN). (URQUIAGA et al., 2006).

Tabela 5 - Leguminosas de cobertura para estação quente.

Espécies	Tempo até floração (dias)	Potencial de massa seca Mg ha ⁻¹	FBN há ⁻¹
<i>Crotalária Juncea</i>	90 a 120	10	300 a 450
<i>Crotalária spectabilis</i>	90 a 100	5	60 a 120
Feijão de porco	90 a 100	5	80 a 160
Mucuna Preta	150 a 180	5	180 a 220
Guandu	150 a 180	5	120 a 220

Fonte: Adaptado de Alves et al (2006), Souza et al (2012) e Redin (2014)

As leguminosas de cobertura de estação quente normalmente serão introduzidas na lavoura após o cultivo do milho, se forem seguidas as orientações de diversificação propostos

nos quadros 3 e 4, antecedendo as culturas de grãos de estação fria, contribuindo para o fornecimento de N para as culturas. Já após os cultivos de grãos de estação quente serão introduzidas plantas de cobertura de estação fria, com o objetivo de evitar-se o vazio outonal, estas plantas são cicladoras de nutrientes como é o caso do nabo forrageiro ou então fixadoras de N. Antes do cultivo de grãos de estação quente, as opções de coberturas de estação fria podem ser consorciadas com gramíneas de cobertura de estação fria com o objetivo de obter efeito residual da palhada superior ao cultivo de coberturas solteiras.

Tabela 6 - Cobertura de estação fria.

Espécies	Tempo até floração	Potencial de massa seca Mg ha ⁻¹	FBN ha ⁻¹
Nabo Forrageiro	60 a 90	3	-
Tremoço Branco	120 a 150	3	60 a 90
Ervilhaca	100 a 130	3	100 a 150

Fonte: Adaptado de Alvarenga et al (2001), Alves et al (2006), Souza et al (2012) e Redin (2014)

O uso de leguminosas (Fabaceae) como adubos verdes permite a redução da aplicação de N mineral, isto é possível devido a associação simbiótica destas plantas com bactérias, tal prática permite redução dos custos, para a região missioneira do Rio Grande do Sul, antes do cultivo do milho é possível utilizar a ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) como adubo verde, apresentando potencial de FBN em média 137 kg ha⁻¹ (AITA et al., 2001).

Avaliando o potencial de produção de grãos de milho cultivado sobre restos culturais de leguminosas, sem aplicação de N, obteve produtividade 39,7% superior na melhor parcela em comparação a controle (pousio), as coberturas que o milho apresentou melhor produtividade foram mucuna cinza e *crotalária juncea* respectivamente (ALVARENGA et al., 2001). Para nossas condições, opta-se por fazer a semeadura do milho no período correspondente ao maior potencial produtivo, dificilmente este será cultivado sob leguminosas de cobertura de estação quente, portanto a *crotalária* apresenta-se como boa alternativa de cobertura após a colheita do milho, antecedendo as culturas de grãos de estação fria. Outra opção interessante é o cultivo do trigo mourisco, o sistema de rotação ficará mais diverso e amplia a oportunidade de geração de renda.

O planejamento agrícola das plantas que vão compor o modelo de produção, apresentado nos quadros três e quatro foi desenvolvido a fim de melhorar o SPD, desta forma sendo possível a produção adequada de cobertura vegetal, que é de no mínimo 10 a 12 Mg há⁻¹ ano⁻¹ (DENARDIN ET al., 2011), além disso, considerações que justifiquem a rotação

proposta, que abrangem aspectos fitossanitários e de produtividade são afirmados pelas seguintes assertivas:

O uso do milho em rotação com a soja se constitui como prática fundamental, sendo que a produtividade das culturas em um sistema de rotação é maior que em monocultivo (LOMBARDI-NETO et al., 2002), o rendimento de grãos de soja é maior com um ano de rotação com milho, quando comparado o monocultivo (REIS et al., 2014).

A rotação de culturas no trigo é indispensável, uma vez que, a severidade de doenças radiculares da cultura do trigo é menor se comparado ao monocultivo (SANTOS et al., 2000), (REIS et al., 2014) encontrou 99,2% de intensidade de podridões radiciais na soja sob monocultivo. (SANTOS; AMBROSI; WOBETO, 2000) no trabalho intitulado Risco de sistema de rotação de culturas de inverno e verão sob plantio direto, identificou que a rotação com um ano sem trigo foi capaz de reduzir em 27% a severidade de podridão comum e mal do Pé, além disso sendo definido que a rotação de culturas é prática economicamente viável em relação ao monocultivo de trigo/soja em Guarapuava, Paraná, constatando que o sistema de rotação trigo/ soja, ervilhaca/milho, trigo/soja e aveia branca/soja, apresenta maior lucratividade e menor risco, quando comparados aos outros, o monocultivo de trigo/soja não é recomendado.

Desta forma fica evidente a importância da rotação de culturas, para que o SPD seja viabilizado, apresentando maiores produtividades, lucratividade e estabilidade da propriedade rural.

Além dos benefícios fitossanitários outros aspectos do planejamento de rotação de culturas que foi proposto neste trabalho, alicerçam-se em cima de outra premissa do SPD, a manutenção de cobertura vegetal permanente no solo com o aporte ideal de palha (10 a 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) de acordo com o sistema de rotação que foi proposto, tal requisito é atingido, baseando-se no potencial de produção de massa seca das culturas de grãos e as de cobertura. O aporte de material orgânico trás benefícios através da cobertura vegetal e pela ação do sistema radicular, juntamente com os microrganismos, agregando o solo, melhorando sua porosidade, conseqüentemente aumentando a infiltração de água no solo. A cobertura vegetal das plantas de cobertura e dos restos da palhada da cultura anterior permite a proteção contra os impactos das gotas da chuva, que por sua vez promoveriam a desagregação inicial do solo, conjuntamente com o selamento superficial que promoveria menor infiltração de água e formação de enxurrada. Desta maneira, além da cobertura permitir a continuidade da infiltração de água no solo, esta reduz a velocidade inicial do escoamento, o que permite mais tempo para a água infiltrar. Também é fundamental destacar o papel das raízes das gramíneas

(Poaceae), principalmente pelo fato de possuírem sistema radicular denso, fasciculado e que se renova continuamente, assim, as raízes que vão morrendo, se decompõem, contribuindo para formação de bioporos. (HECKLER; SALTON, 2002)

É importante ressaltar que o SPD possui uma complexidade de técnicas que devem ser aplicadas de forma sistêmica, para que seus benefícios possam se consolidar, para o Brasil é consenso que pelo regime pluviométrico que o mesmo possui, a cobertura vegetal, não revolvimento do solo e rotação de culturas não são suficientes para impedir a formação de enxurradas, que por sua vez desencadeia o processo erosivo, portando sendo necessário o emprego de técnicas complementares de conservação do solo (DENARDIN et al., 2011).

Na ocorrência de enxurradas a cobertura vegetal não possui capacidade suficiente para dissipar a energia das águas do escoamento, sendo que segundo (DENARDIN et al., 1999) é a interação entre o potencial erosivo das chuvas, comprimento de rampa, declividade do terreno e a erodibilidade do solo que irão determinar a ocorrência de erosão hídrica. Portanto a redução da velocidade de escoamento das águas com o uso da semeadura em contorno e realização das demais operações também em contorno, contribuem para a redução da erosão do solo e também para a melhoria da qualidade das águas do entorno, principalmente pelo menor transporte de sedimentos para os rios. Em pequenas propriedades é possível a realização de cultivos em faixas, onde em um ano se cultiva plantas com sistema radicular mais agressivo em uma das faixas e nas outras plantas de interesse que contemplem características voltadas a lucratividade, no cultivo seguinte se alterna as culturas, outra opção é ter uma faixa com culturas perenes como frutíferas ou cana-de-açúcar, a construção de barreiras com pedras também é uma boa alternativa. Em lavouras onde o comprimento de rampa é muito expressivo, torna-se indispensável a construção de obras hidráulicas para reduzir a sessão de escoamento, como por exemplo os terraços de base larga (DENARDIN et al., 2011).

Um dos indicativos da necessidade da construção de terraços é a observação de falhas de resíduos culturais na cobertura do solo, os terraços de base larga se apresentam como a melhor alternativa, isto em virtude de permitirem a mecanização sobre eles e um maior comprimento horizontal entre terraços. Os terraços de base larga são construídos em nível e o que se objetiva é optar pelos de absorção, isso porque quanto maior a quantidade de água armazenada na lavoura melhor é para o sistema de produção, reduzindo drasticamente a probabilidade de as culturas sofrerem com veranicos (DENARDIN et al., 1999).

Para o dimensionamento dos terraços é possível fazer uso do programa computacional matemático chamado Terraços for Windows, que foi validado como prática efetiva no

controle de enxurradas por (DENARDIN et al., 1999). O programa determina os limites críticos de espaçamento vertical e horizontal, levando em consideração a erodibilidade do solo, taxa de infiltração básica de água no solo, declividade do terreno e erosividade das chuvas e período de retorno, possibilitando ainda o ajuste da altura da crista de acordo com as condições topográficas do terreno e os equipamentos disponíveis para construção (DENARDIN et al., 1999).

4.1. SUGESTÕES GERAIS

Nas operações de semeadura é importante a utilização de hastes sulcadoras de ação vertical, que atuem abaixo de alguma camada compactada/adensada, o que contribuirá para rompê-la.

A distribuição uniforme de calcário é de extrema importância, (MAGNI, 2013) comparou os métodos de distribuição, identificando que a distribuição de calcário por gravidade apresenta a maior qualidade, sendo, portanto, este o recomendado.

Com o objetivo de reduzir custos com a aquisição de sementes de plantas de cobertura, como o milheto, capim Sudão e sorgo, é possível guardar os grãos da colheita de milho para semeadura, porém é necessário certificar-se que os grãos apresentem um adequado teor de germinação, assim utilizando o milho como planta de cobertura.

Após a condução bem sucedida empregando todas as premissas do SPD é possível tornar o sistema de produção mais complexo, se de 10 a 15 anos a produção de palhada tiver sido elevada, problemas de erosão sido solucionados e o solo apresentar boa infiltração de água, será possível introduzir o gado para pastejar as culturas que foram definidas como gramíneas de cobertura de estação quente e as gramíneas de estação fria que atendem as características forrageiras, isso apenas será possível se respeitado a carga animal, porte da foragem no momento da entrada e saída do pastejo e umidade do solo adequada. Também será necessária a retirada antecipada dos animais para que a pastagem possa produzir uma quantidade satisfatória de material vegetal, é importante que a adubação da pastagem seja adequada, sendo interessante uma dose final de N em cobertura após o fim do último pastejo.

Para várias espécies produtoras de grãos, como o trigo mourisco, centeio, cevada, triticale, girassol, etc., o mercado é de nichos, isso dificulta a manutenção de uma diversidade maior de culturas, pensando nisso ao invés de esperarmos o mercado simplesmente surgir de alguma forma, podemos estar atuando ativamente, com a união de técnicos e agricultores em uma região como a missioneira, predominada por cooperativas, aos poucos o mercado se

solidificar e passar a utilizar estes grãos para as mais diversas finalidades que possuem aptidão.

Para fortalecer o uso de plantas de cobertura, seria importante mudar a ótica do planejamento das safras, seria interessante um planejamento mais completo, que englobe as sementes de plantas de cobertura no financiamento, por meio de políticas públicas isto seria possível. A outra forma de promover a conservação do solo e um bom manejo do SPD, seria beneficiar os agricultores que o fazem corretamente com incentivos fiscais, como exemplo taxas de juros para financiamentos reduzidas.

5. CONCLUSÕES

O modelo de diversificação de culturas proposto neste trabalho é capaz de produzir a quantidade suficiente de palha para sustentar o SPD.

Em um modelo de produção de grãos o milho é a melhor alternativa para rotação com a soja, tornando-se indispensável na composição do modelo de produção, pois somente com a inclusão desta cultura é possível produzir palha em qualidade e quantidade para cobertura do solo que é requerida pelo sistema (10 a 12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹).

O uso de plantas de cobertura e adubação verde são fundamentais para: melhorar o sistema com maior produção de cobertura vegetal; aumentar a biodiversidade do sistema; melhorar a qualidade do solo pelo efeito benéfico das raízes e acréscimo de N ao meio; manter o solo o maior tempo possível com plantas crescendo e se desenvolvendo.

A diversificação de culturas melhora a qualidade do solo pela diversidade de palha e raízes, permitindo a redução de problemas fitossanitários, aumentando também a produtividade.

O terraceamento conjuntamente com o aporte necessário de palha para o SPD, rotacionando culturas são capazes de reduzir a níveis insignificantes ou eliminar a erosão do solo.

O sucesso do SPD está no aperfeiçoamento dos agricultores para empregar adequadamente as premissas da base do sistema, é necessário que os agricultores entendam que o conjunto de ações sistêmicas são que expressam o resultado no todo e não na individualidade.

Uma prática isolada do SPD não é capaz de permitir a sustentabilidade do agroecossistema, portanto se torna ineficiente para a agricultura conservacionista, conservação dos solos e da água.

Quando realizado o manejo adequado do SPD, com planejamento da diversificação de culturas, cobrindo o solo durante o maior tempo possível, produzindo palhada de cobertura adequada, fazendo uso das técnicas complementares de conservação do solo, o sistema torna-se ao longo dos anos cada vez mais estável e produtivo, reduzindo o gasto com insumos (fertilizantes e agrotóxicos), principalmente pela redução das pragas e estabilização da fertilidade do solo promovida pelo acréscimo de MO ao solo e a ausência de erosão.

REFERÊNCIAS

- AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:157-165, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v25n1/17.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.
- ALBUQUERQUE FILHO et al. **Plantio Convencional**. AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_32_59200523355.html>. Acesso em: 22 abr. 2018.
- ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Embrapa Milho e Sorgo** - Artigo em periódico indexado. 2001. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/485005>>. Acesso em: 05 abr. 2018.
- ALVES, J.R. Bruno, et al. **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre, RS: Embrapa, 2006.
- ANGHINONI, I. **Fertilidade do solo no ambiente subtropical**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30. Anais. 2005, Recife. Anais. Recife: SBCS/UFRPE, 2005. CD-ROM.
- BAGATINI, T. **Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/29249>>. Acesso em: 28 abr. 2018.
- BALOTA, E. L. **O Manejo e qualidade biológica do solo**. Londrina: Mecenaz, 2017. p. 287.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012. p. 355.
- CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. **Sistema Plantio Direto: evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água**. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, v. 5, p. 333-369.
- CASTRO, O. M. Cultivo mínimo e propriedades físicas do solo. Seminário sobre cultivo mínimo do solo em florestas. Curitiba, 1995. **Anais**. Piracicaba, CNPFloresta / IPEF / UNESP / SIF / FUPEF, 1995. p. 162.
- CÓRDOVA, H. A. **Utilização de cevada em substituição ao milho em dietas para vacas holandesas de alta produção**. Lages, 2004. 99 p. Disponível em: <<http://tede.udesc.br/bitstream/tede/2198/1/PGCV04MA001.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018
- CQFS-RS/SC. Comissão de química e fertilidade do solo – RS/ SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. p. 376.
- CRUZ, J.C. Solos. **CULTIVO DO MILHO EMBRAPA MILHO E SORGO**. Sistemas de Produção 3ª edição Nov/2007. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fck180cd02wx5e00a2ndxy9o28e5x.html>. Acesso 06 out.2018>

DENARDIN, J.E. et al. Terraceamento em Plantio Direto. Embrapa Trigo-**Comunicado Técnico**, 1999. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co08.htm>. Acesso em: 13 out. 2018.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. **Plantio Direto no Brasil**. Requisitos para a Implantação e Manutenção do Sistema de Plantio Direto. Passo Fundo Editora Aldeia Norte, 1993. cap. 2.

DENARDIN, J.E. et al. **Sistema plantio direto**: evolução e implementação. In: PIRES, J.L.M. et al. **Trigo no Brasil**: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap.7, p. 185-215.

DENARDIN, J. E. AGEITEC. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Sistema Plantio Direto (SPD): o Conceito**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fh2b6ju802wyiv80rn0etn6qel0im.html>. Acesso em: 10 mar. 2018.

FEE. Fundação de Economia e Estatística. **Corede Missões**. Disponível em: <<https://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/detalhe/?corede=Miss%F5es>>. 2017. Acesso em: 30 abr. 2018.

FERREIRA, A. O.; AMADO, T. J. C.; RICE, C. O plantio direto em fase de manutenção recupera o estoque de carbono original do solo: Um panorama das áreas pioneiras sob plantio direto no Rio Grande do Sul. **Revista Plantio Direto**, v. 3, p. 12, 2015.

FIORIN, J.E; SCHNELL, A.; RUEDELL, J. **Diagnóstico das propriedades rurais na região de abrangência das cooperativas: COOPATRIGO, COOPEROQUE, COTAP, COTRISA, COTRISAL (SB) e TRITÍCOLA**. Cruz Alta: FUNDACEP FECOTRIGO, 2007.

FRANCHINI, J. C. et al. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja. 2011. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc_327-VE.pdf>. Acesso em: 14 de Mar. de 2018.

FREIRE, F.M.; VASCONCELLOS, C. A.; FRANÇA, E. Manejamento da Fertilidade do Solo em Sistema Plantio Direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p. 49-56, 61-62, jan/fev.2001. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/485006>>. Acesso em: 03 out. 2018.

HAAS, J. M. **As diferenciações e transformações sócioterritórias no espaço agrário das missões/RS**. 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8835/JAQUELINEMALLMANNHAAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

HECKLER, J. C.; SALTON, J.C. **Palha**: Fundamento do Sistema de Plantio Direto. Coleção Sistema Plantio Direto. Embrapa, 2002. Disponível em:

<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/247967/1/COL20027.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2018.

HOLZSCHUH, M. J. et al. Rendimento da aveia e soja submetidas à aplicação de calcário calcítico e dolomítico em superfície e incorporado com diferentes relações Ca/Mg. **VI Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo**, 2006, Passo Fundo, RS. Anais. Passo Fundo: SBCS, 2006. CD-ROM.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e manejo do sistema plantio direto**. Embrapa Trigo, 2000. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84084/1/cnpt-documentos-20-implantacao-e-manejo-do-sistema-plantio-direto-fl-13398.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

LAMAS, F. M. **Plantas de cobertura: O que é isto?** Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/28512796/artigo---plantas-de-cobertura-o-que-e-isto>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

LOMBARDI-NETO, F. et al. **Rotação de Culturas: Análise Estatística de um Experimento de Longa Duração em Campinas (SP)**. *Bragantia*, Campinas, v. 61, n. 2, 127-141, ISSN 0006-8705/2002, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052002000200006&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 19 set. 2018.

MAGNI, R. S. Avaliação da qualidade da distribuição de calcário por distribuidores centrífugo e gravimétrico. **Dissertação de Mestrado**. Santa Maria, 2013. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgap/images/dissertacoes/2013/Rafael-Schmidt-Magni.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2018

MANTOVANI, E. C. Compactação do solo. **Embrapa Milho e Sorgo** - Artigo em periódico indexado (ALICE), 1987. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/66338/1/Compactacao-solo.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

MAZURANA, J; CASSOL, E. A.; SANTOS, L. C. dos; ELTZ, F. L. F.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas de Santa Rosa, RS. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/107082>>. Acesso em: 10 set. 2018.

MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S. & ALVAREZ V., V.H. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 3. p. 209-248, 2003.

MUZILLI, O. **Plantio direto no Brasil**. In: A.L. Fancelli (Ed.). **Atualização em Plantio Direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985, p. 3-16.

NICOLODI, M. et al. Insuficiência do conceito mineralista para expressar a fertilidade do solo percebida pelas plantas cultivadas no sistema plantio direto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. spe, p. 2735-2744, Dez. 2008. Disponível em:<

http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832008000700017&script=sci_abstract&tlng=pt.

NUERNBERG, N. J. (Ed.). **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p. 160.

PRUSKI, F.F. **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2009.

REDIN, M. **Produção de biomassa, composição química e decomposição de resíduos culturais da parte aérea e raízes no solo**. Santa Maria, RS, 2014. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/images/teses/marciel-redin-tese.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2018.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. **Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação**. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007, v. 5, p. 49-134. Disponível em: <http://fiscadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/2007_Topicos.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2018.

REIS, E. M. et al. Efeitos da rotação de culturas na incidência de podridões radiciais e na produtividade da soja. **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 40, n. 1, p. 09-15, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sp/v40n1/v40n1a01.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2018

SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. In: SIQUEIRA, J.O. et al. **Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 267-320. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281412097_Manejo_da_fertilidade_do_solo_no_sistema_plantio_direto>. Acesso em: 27 Abr. 2018.

SÁ, J. C. M. et al. Palha: a base de sustentação do plantio direto. **Revista Plantio Direto** - mar/abr 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/282171021_Palha_a_base_de_sustentacao_do_plantio_direto>. Acesso em: 15 ago. 2018.

SANTOS, HP dos; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo, 2003. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/820422/rotacao-de-culturas-em-plantio-direto>> Acesso em: 27 abr. 2018.

SANTOS, H. P. et al. Efeito de Manejos de Solo e de Rotação de Culturas de Inverno no Rendimento e Doenças de Trigo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2355-2361, dez. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2000001200005&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 19 set. 2018

SANTOS, H. P.; AMBROSI, I; WOBETO, C. Risco de Sistemas de Rotação de Culturas de Inverno e Verão sob Plantio Direto. **Ciência Rural**, v. 30, n. 1, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782000000100006&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 19 set. 2018

SOUZA, C. M. et al. **Adubação verde e rotação de culturas**. Viçosa, MG: UFV, 108p., 2012.

STRECK, E. V. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 3. ed. **Rev. ampl.** Porto Alegre: UFRGS: EMATER/RS-ASCAR, 2018. p. 251, 2018.

STRECK, E. V. Mitos e verdades sobre a conservação do solo no Rio Grande do Sul. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. **Revista quadrienal publicada pela Emater/RS-Ascar**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 554-561, 2012. Disponível em:<http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/teses/Rev-Agr_05-Op-Cons-Solo.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2018.

URQUIAGA, S., et al. Manejo de sistemas agrícolas para seqüestro de carbono no solo. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2006. Cap. 12, p.323-342. Disponível em:<<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/biotacap12ID-KOMNoUu66b.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2018.

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas consequências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 107, 2007. Disponível em:<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://amda.org.br/imgs/up/Artigo_12.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2018.

VOLK, L.B. S.; COGO, N. P. Erosão hídrica, em três momentos da cultura do milho, influenciada por métodos de preparo do solo e semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, n. 2, 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/987841/erosao-hidrica-em-tres-momentos-da-cultura-do-milho-influenciada-por-metodos-de-preparo-do-solo-e-semeadura>>. Acesso em: 15 abr. 2018.