

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

FRANK DE SOUZA MARQUES

INFLUÊNCIA DO PLANTIO DIRETO NA ADUBAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE MILHO

Colatina- ES

2021

FRANK DE SOUZA MARQUES

INFLUÊNCIA DO PLANTIO DIRETO NA ADUBAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenadoria do curso de Agronomia do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, como requisito parcial para obtenção do título de graduação em Agronomia.

Orientador: D.Sc Leandro Glaydson da Rocha Pinho

(Biblioteca Professor Elias Minassa do Instituto Federal do Espírito Santo – Bibliotecária Débora do Carmo de Souza)

M357i Marques, Frank de Souza
Influência do plantio direto na adubação e produtividade de milho / Frank de Souza Marques – 2021.
37 f.; 30 cm

Orientador: Leandro Glaydson da Rocha Pinho.

TCC (graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo,
Curso Superior Bacharel em Agronomia.

1. Plantio direto. 2. Milho. 3. Produtividade. I. Marques, Frank de Souza. II. Pinho, Leandro Glaydson da Rocha. III. Instituto Federal do Espírito Santo. IV. Título

CDD 633.15



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO DO ESPÍRITO SANTO

Autarquia criada pela Lei nº 11.892 de 29 de dezembro de 2008

Campus Itapina

Rodovia BR 259, KM 70 – Zona Rural – Caixa Postal 256 – 29709-910 – Colatina – ES
27-3723-1202

ATA DE DEFESA FINAL DE TCC

Bacharelado em Agronomia.

No dia 03 do mês de setembro, do ano de dois mil e vinte um, no horário de treze horas, foi realizada, via web conferência, a defesa pública de TCC do aluno Frank de Souza Marques, intitulado “Influência do plantio direto na adubação e produtividade de milho.” Os trabalhos foram iniciados pelo professor Leandro Glaydson da Rocha, presidente da Banca Examinadora, constituída pelos seguintes membros: Professora Luciene Lignani Bitencourt (membro) e Professora Ronilda Lana Aguiar (membro). A Banca Examinadora avaliou o trabalho e atribuiu a nota média, no valor de (80) oitenta pontos, sendo o discente considerado APROVADO. Encerrados os trabalhos, os Examinadores deram ciência, ao examinado, da decisão. Proclamado a decisão pelo Professor Leandro Glaydson da Rocha, presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos, e para constar eu, confiro e assino a presente Ata juntamente com os membros da Banca Examinadora.

Obs.: Banca realizada a distância, via plataforma RNP de acordo com o estabelecido na Resolução nº 1/2020 do Conselho Superior do Ifes e assinada pelo Presidente da banca de acordo com o Artigo 19, § 3º da mesma Resolução.

(Presidente)	_____	_____
	Leandro Glaydson da Rocha	Assinatura
(Membro)	_____	_____
	Luciene Lignani Bitencourt	Assinatura
(Membro)	_____	_____
	Ronilda Lana Aguiar	Assinatura



Emitido em 03/09/2021

**ATA DE DEFESA Nº 2/2021 - ITA-CCLCA
(11.02.24.01.08.02.03)**

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 04/09/2021 20:04)
LEANDRO GLAYDSON DA ROCHA PINHO
*PROFESSOR DO ENSINO BASICO TECNICO E
TECNOLOGICOITA-CCLCA (11.02.24.01.08.02.03)*
Matrícula: 1590751

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ifes.edu.br/documentos/> informando seu número: **2**, ano: **2021**, tipo: **ATA DE DEFESA**, data de emissão: **04/09/2021** e o código de verificação: **13916254ff**

RESUMO

A expressão Plantio Direto tem como origem o conceito de “zero tillage”, “no-tillage” ou “direct drilling”, já que os ingleses e americanos foram os primeiros a mecanizarem a técnica, plantando sementes ou mudas com o mínimo de revolvimento no solo, preservando os resíduos de cobertura vegetal, tendo sido conceituado pela primeira vez por Jones et al., 1968. A cultura do milho é cultivada em todas as regiões do Brasil. A produção acontece em épocas diferentes. A pesquisa tem indicado que a necessidade de calcário no SPD é menor do que no sistema convencional de preparo. Atualmente o estado do Mato Grosso destaca-se como o maior produtor nacional de milho, junto aos estados: Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais alcançaram a produção 74,2% da safra brasileira de milho em 2017/18. A solução dos grandes problemas que o Brasil tem na produção do milho, passa pela educação e pelo empenho dos produtores e das agências, empresas e instituições do setor agrícola em relação às boas práticas agrícolas enfrentados pelos sistemas produtivos de milho advêm da ausência em aderir aos princípios essenciais de boas práticas agrícolas. A solução dos grandes problemas que o Brasil tem na produção do milho, passa pela educação e pelo empenho dos produtores e das agências, empresas e instituições do setor agrícola em relação às boas práticas agrícolas. Um dos conceitos sobre carbono no sistema de plantio direto (SPD) é a forma estável do carbono no solo é chamada de Carbono Orgânico Associado aos Minerais (COAM) e, quando essas moléculas são formadas, maior é a oportunidade de permanecerem no solo sem sofrer significativa degradação. A estabilização de C no solo mitiga o efeito estufa, pois evita a emissão de CO₂, por meio da ação dos microrganismos do solo que promovem a modificação das moléculas mais simples de C presentes nos restos culturais do SPD em moléculas orgânicas mais complexas, que apresentam uma diversidade maior de grupos funcionais e podem ligar-se quimicamente com superfície de minerais de argila no solo propiciando melhorias físicas e químicas no solo para maximizar a produção no sistema de plantio direto. Considerando a importância do estudo dos fenômenos climáticos e da indispensável prática conservacionista do solo, esta revisão de literatura tem como objetivo levantar os principais aspectos e questões são que envolvem o plantio direto com milho e o impacto que este sistema causa nos recursos naturais, maximizam uso de fertilizantes de fontes não renováveis e o mercado de milho.

Palavras Chaves: Plantio direto, milho, produtividade.

ABSTRACT

The expression Direct Planting originates from the concept of "zero tillage", "no-tillage" or "direct drilling", since the British and Americans were the first to mechanize the technique, planting seeds or seedlings with minimal turning in the soil, preserving the residues of vegetation cover, having been conceptualized for the first time by Jones et al., 1968. The corn crop is cultivated in all regions of Brazil. The production takes place at different times, given the climatic conditions of the country's regions. Research has indicated that the need for limestone in the SPD is less than in the conventional preparation system. Currently, the state of Mato Grosso stands out as the largest national corn producer, together with the states: Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul and Minas Gerais reached the production of 74.2% of the Brazilian corn crop in 2017/18. National production had a record harvest in 2016/17 resulting in 97.8 million tons. The major technological challenges faced by corn production systems come from the absence of adhering to the essential principles of good agricultural practices. The solution to the major problems that Brazil has in corn production involves the education and commitment of producers and agencies, companies and institutions in the agricultural sector in relation to good agricultural practices faced by corn production systems. essential principles of good agricultural practices. The solution to the great problems that Brazil has in corn production involves education and the commitment of producers and agencies, companies and institutions in the agricultural sector in relation to good agricultural practices. Increased corn supply and reduced competition from Brazil boost US corn export prospects for 2021/22 (Lewis, 2021). One of the concepts about carbon in the no-till system (SPD) is the stable form of carbon in the soil is called Organic Carbon Associated with Minerals (COAM) and, when these molecules are formed, the greater the opportunity to remain in the soil without suffering significant degradation. which present a greater diversity of functional groups and can chemically bond with clay mineral surface in the soil providing physical and chemical improvements in the soil to maximize production in the no-till system. Considering the importance of studying climate phenomena and the essential soil conservation practice, this literature review aims to raise the main aspects and questions that involve no-tillage with corn and the impact that this system causes on natural resources, maximize use fertilizers from non-renewable sources and the corn market.

Key words: No-till, corn, productivity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo Geral:.....	6
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3.1 A Cultura do Milho no Brasil.....	7
3.2 Plantio direto, histórico e evolução.....	8
3.3 Calagem em sistema de SPD.....	12
3.4 Adubação em Sistema de Plantio Direto.....	13
3.5 Perspectivas do Sistema Plantio Direto no Mundo.....	15
3.7 Mercado do Milho.....	17
3.8 Cultura do Milho: Plantio Direto e Rotação Culturas.....	19
3.9 Sequestro de Carbono e Plantio Direto.....	22
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
5 REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de milho no Brasil tem vindo a aumentar de importância tanto pelo crescimento populacional e grandes áreas aptas quanto pela adoção conservacionista do sistema de plantio direto (SPD). Com o SPD, a estrutura melhorada do solo e a cobertura de resíduos que conservam a umidade torna mais água disponível para a produção agrícola, melhorando a infiltração e diminuindo a evaporação da superfície do solo.

O terreno arado à esquerda tem pouca estrutura de solo, resultando em problemas de formação de crostas no solo e emergência da cultura (OLIVEIRA, 1990).

A parcela de plantio direto possui uma camada protetora de resíduos que absorve o impacto da gota de chuva e reduz a evaporação da superfície do solo. O preparo do solo reduziu a elevação do solo à esquerda, em comparação com o plantio direto à direita, reduzindo os espaços porosos no perfil do solo. A utilização do sistema de plantio direto e de culturas de cobertura que mantêm a umidade do solo seria vantajosa na evolução para uma agricultura sustentável, capaz, inclusive de atenuar as mudanças climáticas (LANDERS, 2000).

O estoque de C está associado também à fertilidade do solo. Pois a permanência deste elemento é um indicativo de MOS e fertilidade, principalmente em solos do Brasil, que têm a fertilidade e o teor MOS naturalmente baixos e, assim, a fertilidade costuma ser construída com o aporte frequente de insumos químicos de fontes não renováveis, o que não é bom para a saúde do solo (MUTEGI et al. 2013).

Com a utilização de máquinas, no sistema convencional de produção agrícola, os complexos estáveis de C no solo podem quebrar e expõe o carbono orgânico do solo a uma decomposição mais rápida. O tráfego intenso pode aumentar a compactação do solo e a susceptibilidade à erosão da água e do vento e os custos operacionais da energia podem ser elevados. Além disso, o sistema intensivo de produção tem frequentemente um impacto negativo na biota e estrutura do solo (OLSON et al. 2014). Considerando a importância do estudo dos fenômenos climáticos e da indispensável prática conservacionista do solo, esta revisão de literatura tem como objetivo levantar os principais aspectos e questão que envolvem o plantio direto com milho e o impacto que este sistema causa nos recursos naturais e no mercado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

- ✓ Levantar os principais aspectos e questões que envolvem o plantio direto com milho e o impacto que este sistema causa nos recursos naturais e no mercado.

2.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Compreender os conceitos, objetivos do sistema de plantio de direto com milho e mostrar que envolve a aplicação de corretivos e fertilizantes. Realizar um levantamento bibliográficos sobre as atualidades sobre o mercado do milho e o impacto que este sistema gera no solo, na economia e na crise climática funcionamento a fim de esclarecer os aspectos que viabilizam o acesso ao produtor e o benefício à sociedade a longo prazo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A Cultura do Milho no Brasil

A cultura do milho (*Zea mays* L.) possui imensa importância econômica e social. O valor nutricional de seus grãos torna-o indispensável para alimentação humana e animal, além de matéria-prima para a indústria. Sua importância social se dá por ser um alimento de baixo custo, e por ser a base de várias cadeias agroindustriais. Por isso, o milho é um dos principais cereais cultivados em todo o mundo e é o segundo grão mais cultivado no território brasileiro (AGRINUAL, 2014).

As fases vulneráveis à carência de água são a introdução floral e o desenvolvimento da inflorescência bem longe do período de fertilização e incremento dos grãos. São indispensáveis 500 a 800 mm de lâmina d'água, bem disseminados, da semeadura ao ponto de maturação fisiológica dos grãos. O mercado brasileiro do milho apresentou significativa reestruturação em termos de composição de donativos e demandas ao longo das primeiras décadas do século XXI (CONAB, 2018a).

Enquanto oferta, os lucros oriundos da grande produção por unidade de área e a mudança da época de semeadura para depois da colheita da soja, que antes chamava-se safrinha, impactaram muito os períodos de maior disponibilidade do produto (CONTINI et al., 2018b).

A cultura do milho é cultivada em todas as regiões do Brasil. A produção acontece em épocas diferentes, frente às condições climáticas das regiões do país. No verão o cultivo é denominado primeira safra, que se trata do semeio limitado na primavera/verão e prevalece em todas as das regiões produtoras, menos nas regiões Norte e Nordeste, pois o índice pluviométrico é maior a partir do mês de janeiro, e o período de semeadura é denominado segunda safra (GALVÃO et al., 2015)

O milho cultivado na região Centro-Sul do Brasil, efetivado depois da colheita da soja, com semeio no verão/outono, normalmente é chamado de safrinha. Para normatização das estatísticas, a Conab realiza pesquisas e estatísticas ponderando segunda safra todo a

semeadura do milho que é efetivado após o mês de janeiro. O sistema e o fluxo de produção em diferentes meses do ano trazem maior complexidade no entendimento do equilíbrio de oferta e demanda.

A mudança da época de semeadura do milho para a safrinha veio gradativamente desde a década de 90. Em 2006/07 simulou 29% da produção nacional, em 2009/10 e 2010/11 foi 39%, alcançando à participação recorde de 68,9% em 2016/17. A “contraversão” da produção do verão para o inverno se estabeleceu de fato em 2011/12, quando de fato os resultados da safrinha foi o dobro quando comparada com o ano anterior e passou para safra verão pela primeira vez, a partir desse período essa diferença só cresceu.

3.2 Plantio direto, histórico e evolução

A expressão Plantio Direto tem como origem o conceito de “*zero tillage*”, “*no-tillage*” ou “*direct drilling*”, já que os ingleses e americanos foram os primeiros a mecanizarem a técnica, plantando sementes ou mudas com o mínimo de revolvimento no solo, preservando os resíduos de cobertura vegetal, tendo sido conceituado pela primeira vez por Jones *et al.*, 1968. Os primeiros estudos experimentais sobre SPD foram realizados na década de 40 em Rothamsted na Inglaterra, na mesma época se constatou que o preparo do solo era dispensável, desde que não houvesse competição de plantas daninhas (KORONKA, 1973; WIETHÖLTER (2000).

O SPD só começou a ser considerado como tecnologia agrícola moderna, após as pesquisas científicas realizadas nos Estados Unidos e Europa, com o controle químico de plantas daninhas, dispensando-se o uso de cultivos mecânicos (DERPSCH, 1998). Após isso, no ano de 1961, a *Imperial Chemical Industries - ICI*, lançou na Inglaterra a molécula do “*paraquat*”, e que impulsionou significativamente os primeiros trabalhos e os fundamentos de formação da palha, base para o uso do sistema de plantio direto.

O primeiro experimento comparando o plantio direto com com plantio convencional, incluindo rotação de culturas, foi implantado na estação experimental da Universidade de Ohio em Wooster por Glover Triplett, também em 1961. As primeiras culturas comerciais mecanizadas com o SPD por Shirley H. Phillips, um extensionista da Universidade de Kentucky, e por Harry M. Young, um agricultor do mesmo estado, em um trabalho em

articulação com a Allis Chalmers, a qual, em 1966, lança a primeira semeadora com disco ondulado para corte frontal da palha (OLIVEIRA, 1990).

O livro “No-tillage Farming”, lançado em 1974 (PHILLIPS e YOUNG, 1973) tornou-se referência sobre o sistema em todo o mundo. A área de SPD nos EUA chegou, em 1999/2000 a 19,75 milhões de ha. Problemas relatados foram relacionados à dificuldade de germinação por baixas temperaturas na primavera; adaptação de semeadoras; e, dificuldades no manejo de plantas invasoras (LANDERS, 2000). Na Europa, onde a erosão não é expressiva, os agricultores têm encontrado problemas com excesso de palha e embuchamento de semeadoras (LANDERS, 2000).

No ano 2000 acontece em Foz do Iguaçu (PR) o *7º Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha*, promovido pela FEBRAPDP, o qual contou com a participação de 1700 inscritos, sendo na sua grande maioria pequenos, médios e grandes produtores de todo o País. A integração tecnológica proporcionada pelo SPD pela iniciativa de produtores rurais de todo o país, com a participação decisiva dos órgãos de pesquisa e da assistência técnica, extensão rural e do ensino, transformaram o Brasil em uma referência internacional no sistema. Importantes avanços no conhecimento sobre o sistema foram desenvolvidos na década de 90 (OLIVEIRA, 1990).

O SPD possui atenção e prática de pequenos à grandes produtores por ser considerado uma tecnologia que proporcionou um grande avanço no sistema de produção do Brasil. Esta técnica conservacionista é empregada devido aos benefícios atribuídos a esta prática, principalmente na qualidade do solo. Segundo o censo da FEBRAPDP, em 2013/2014, a extensão de área com SPD no Brasil apresentou 32 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2014). O SPD possui por base três princípios que são, não revolver o solo, rotação culturas e cobertura morta com o objetivo de proteger o solo do impacto direto das gotas da chuva (PECHE FILHO, 2005).

Em 1940, o registro e uso do herbicida 2,4 D houve a possibilidade de inserir as primeiras formas de cultivo mínimo no Paraná, iniciando a utilização de apenas implementos escarificadores no preparo do solo. No início da década de 50 com o descobrimento do herbicida Paraquat, foi possível dessecar toda a palha nas áreas de plantio e protegendo o

solo e assim, tornando possível plantar sobre esta palha (CRUZ et al., 2016). Este fato incentivou os produtores a adquirirem maquinários que viabilizassem o plantio direto.

A integração tecnológica entre os setores envolvidos no processo produtivo agrícola resultou no plantio direto nos Estados Unidos e na Europa. No Brasil, a introdução da primeira máquina para plantio direto se deu no ano de 1960. Produtores pioneiros foram à propriedades no exterior que empregavam este sistema de manejo (MOTTER, 2015). Pesquisadores, técnicos e produtores interatuaram na efetivação de testes, na Região Sul começando as adequações de plantadoras e semeadoras. Assim surgiu perspectivas inovadoras do uso deste sistema na agricultura brasileira na década seguinte.

O surgimento do plantio direto no estado do Paraná ocorreu no ano de 1970, nas décadas seguintes, houve uma expansão para os estados do centro-oeste. O baixo custo de produção, minimização da degradação do solo, facilidade de manejo, foi o que induziu a adoção das novas técnicas. As pesquisas científicas contribuíram para melhorar esse sistema e desenvolver novas práticas (CRUZ et al.,2016). A motivação para os agricultores foi a diminuição de tempo e mão de obra, conservação do solo, a independência do uso de maquinários alugados e recuperar a competência produtiva do solo (MOTTER,2015).

O plantio direto se expandiu gradualmente no Brasil chegando á um milhão de hectares em 1989 e 1990 (PEREIRA, 1997). Segundo o Conservation Technology Information Center (1995), a taxa de extensão do plantio direto nos Estados Unidos (EUA) no último quinquênio chegou a 20%, e no Brasil alcançou 36%, isto equivale 12% da área plantada, resultando 4,5 milhões de hectares sob plantio direto. Deste total 1,5 milhões de hectares abrangem a região sob vegetação de cerrados, de um total de 38 milhões de hectares cultivados com culturas anuais (SATURNINO E LANDERS, 1997). Estudos de SATURNINO (2001) destacam que a extensão sob SPD no País atingiu 12 milhões de hectares na safra 99/2000.

A década de 70 ficou marcada por um período de ampla instabilidade quanto à sua adoção do SPD, e apenas a partir dos anos 80, passou a ser considerado um sistema de exploração agropecuária, composto por práticas agrícolas inter-relacionadas, assim, houve crescimento exponencial e um grande incentivo e desenvolvimento de pesquisas

apontando solucionar dificuldades advindos desde a implantação do sistema (EMBRAPA, 2002).

Nos anos seguintes, partindo da década de 1990 as pesquisas foram voltadas para as interações e modificações químicas, físicas e biológicas que a manutenção dos resíduos vegetais poderia promover no solo. O estabelecimento de culturas de cobertura para formação e manutenção da palhada sobre o solo nos trópicos, tem encontrado algumas barreiras, pois as temperaturas muito altas associadas à adequada umidade agenciam a rápida decomposição dos resíduos culturais que são incorporados e que ficam nivelados ao solo (AITA et al., 2001).

Durante as últimas décadas, as práticas agrícolas que visam mitigar a perda de N das áreas agrícolas foram avaliadas, incluindo a retenção de resíduos da cultura na superfície do solo, o uso de plantas de cobertura durante o período de pousio e melhor sincronização entre a aplicação de fertilizantes e a demanda de N da cultura. Coletivamente, essas práticas são referidas como 'agricultura de conservação', com plantio direto como a base fundamental para o manejo aprimorado da ciclagem de N em agroecossistemas. Em contraste com o manejo convencional da terra, o SPD é uma prática agrícola que deixa resíduos da cultura na superfície do solo e limita a perturbação do solo (exceto para pequenas fendas para adicionar fertilizante) (HUGGINS et al. 2008; DARYANTO et al. 2017).

O uso da prática SPD ganhou popularidade nos Estados Unidos, América do Sul e outras regiões do mundo. Em 2000/2001, cerca de 21% ($\sim 13,5 \times 10^6$ ha), 32% ($\sim 9,25 \times 10^6$ ha) e 52% ($\sim 0,96 \times 10^6$ ha) das áreas agrícolas totais no Brasil, Argentina e Paraguai estavam sob SPD. Nos EUA, estima-se que 20% de todas as áreas de cultivo ($\sim 22,3 \times 10^6$ ha) estejam sob manejo do sistema de plantio direto, com um aumento de área estimado de 1,5% ao ano (DARYANTO, et al. 2017).

Em geral, o manejo do SPD oferece várias vantagens quando comparado ao convencional, pois melhora vários aspectos das relações cultura-solo (por exemplo, acúmulo de matéria orgânica, melhora na retenção e infiltração de água, moderação da temperatura do solo). As práticas de SPD podem reduzir significativamente a erosão do solo e o escoamento, mas, ao mesmo tempo, podem aumentar a infiltração de água. Com a melhoria no conteúdo de matéria orgânica do solo (MOS), o crescimento vegetativo e a

eficiência do uso de fertilizantes são geralmente melhores para culturas cultivadas sob manejo SPD em comparação com plantio convencional (WILLIAMS et al. 2009).

Normalmente os solos destas áreas possuem baixa fertilidade, considerados ácidos e com alta capacidade de retenção de fósforo. Assim, há uma indigência de desenvolver pesquisas sobre os sistemas de manejo conservacionistas com proteção superficial permanente destes solos e a melhoria de sua fertilidade (BORTOLUZZI, et al., 2000).

3.3 Calagem em sistema de SPD

O Brasil possui solos ácidos e tem sido afetado pela erosão do solo. Para correção da acidez do solo no SPD, o calcário é distribuído na superfície sem incorporação. A eficácia da aplicação aparente de calcário é particularmente na correção da acidez do subsolo, é controversa. Pesquisas realizadas com solos brasileiros mostraram pouco ou nenhuma oscilação do calcário além do local de sua aplicação (RITCHEY et al., 1980; PAVAN et al., 1992). Mas, trabalhos concretizados no Brasil (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1998) e em regiões subtropicais úmidas foram notados aumentos de pH e Ca trocável e redução de Al trocável em camadas do subsolo com a aplicação de calcário na superfície.

As pesquisas tem indicado que a necessidade de calcário no SPD é menor do que no sistema convencional de preparo (CAIRES et al., 1998). Nas áreas de cultivo convencional, o método utilizado para correção da acidificação é a calagem, que incide na aplicação e incorporação (0-0,2 m) do calcário para adsorção do íon H^+ e aumento do pH. Mas no SPD a fase de incorporação torna-se afetada, em razão da ausência de revolvimento do solo neste sistema, por isso o calcário deve ser posto todo em cobertura.

As modificações no pH observadas na camada superficial nos SPD, apresenta uma disposição de acidificação maior, cooperando para os resíduos de adubação e a decomposição de matéria orgânica do solo (MOS), sobretudo de fertilizantes nitrogenados. A técnica da calagem no SPD, proporciona uma dinâmica diferenciada dos sistemas convencionais, pois é realizada superficialmente, acreditando em uma ação do calcário mais lenta e limitada às camadas superficiais do solo (RHEINHEIMER et al., 2000).

Segundo estudos, em SPD, antes de iniciar aplicação de calcário no sistema, deve-se aplicar o calcário a lanço na superfície do solo e depois incorporá-lo com arado de disco e repetir a aplicação superficial, apenas três anos depois do cultivo, evidenciando há um efeito residual do calcário em função de cinco anos nessa modalidade de cultivo. Segundo estudos de RHEINHEIMER et al., (2000) as alterações químicas do solo após a calagem superficial em pastagem natural, mostraram que, antes de se iniciar o SPD, há chances de não se adotar o preparo convencional para correção da acidez superficial e subsuperficial.

Segundo evidências quanto a ação eficaz da calagem superficial agindo nas primeiras camadas abaixo da superfície do solo, mostra que o calcário colocado em superfície pondera a acidez, elava o pH e aumenta os teores de Ca e Mg trocáveis até a profundidade de cinco centímetros e, em menor grau, nas camadas mais profundas. A ação do calcário aplicado na superfície, se dá em função da movimentação do solo na linha de semeadura, permitindo a incorporação do calcário, o que pode auxiliar na mobilização de baixo para cima de suas partículas, mas de forma que não ultrapasse a profundidade de semeadura (PAVAN,1997; SÁ, 1996).

Os autores RHEINHEIMER et al., (2000) constataram que o uso da calagem em sistema de plantio direto resulta em efeitos à longo prazo, por causa de sua elevada concentração e persistência na camada superficial do solo. Sendo necessário sempre corrigir a acidez que se mostra mais acentuada nestes sistemas, mas sempre antes deve-se realizar as análises químicas do solo até 20 cm de profundidade em razão da fertilidade do solo (POTTKER et al., 1998).

3.4 Adubação em Sistema de Plantio Direto

O teor e qualidade da matéria orgânica influencia na estrutura, textura, distribuição de tamanho dos poros e dos agregados do solo, pois age direta e indiretamente nos fatores físicos do solo, na temperatura, aeração e resistência à penetração de raízes e por fim, no rendimento das culturas (LAVELLE et al., 2001). O SPD agencia alterações no desempenho do solo, pela eliminação das ações mecânicas que promovem a homogeneização do solo. Com a distribuição maior na superfície e as plantas retendo

nutrientes na biomassa aérea, há uma acumulação de nutrientes, principalmente P e K, nos primeiros 10 cm do solo.

A tendência é que com o tempo, a eficiência e a disponibilidade dos adubos aplicados aumentem, por meio da ação de microrganismos (N), e da redução da fixação de nutrientes pela argila do solo (P), e circulação de cátions no perfil do solo (Ca, Mg). Um solo também depende dos aspectos físicos e biológicos, como a porosidade, classificação e distribuição de tamanho de poros, compactação, friabilidade em diferentes umidades, quantidade e qualidade da MOS e atividade biológica (FREITAS, 1994).

Após a análise do solo a recomendação da adubação para o SPD, considera o o sistema, e não apenas as culturas introduzidas. Assim, o manejo da fertilidade passa a interagir com o emprego de fertilizantes químicos com a capacidade de ciclagem biológica por meio da cobertura morta e da rotação de culturas. A serapilheira (palhada) que possui alta relação C/N proporcionam uma disposição de imobilização do N, isso pode levar à deficiência do nutriente no começo da estação vegetativa. Neste caso, normalmente recomenda-se a suplementação de N, que dependerá da exigência do solo e da cultura.

A aplicação demasiada de N, interfere na mineralização e no crescimento vegetativo excessivo e tombamento, o que pode levar à redução da produtividade. Na cultura do milho, é recomendado dividir as adubações de N seguindo, de 20 a 30kg de N. Em cobertura, normalmente as doses são divididas em até duas vezes em solos com teor de argila maior que 150g kg^{-1} e, em até três vezes em solos com conteúdo de argila menor que 150g kg^{-1} . (SOUZA e LOBATO, 2002).

É recomendado que os teores de P no solo adquiridos pelo método Mehlich estejam em torno de 3, 8, 14 e 18ppm, antes da implementação do SPD, para solos com conteúdo de argila entre as faixas $610\text{ a }800\text{g kg}^{-1}$, $410\text{ a }600\text{g kg}^{-1}$, $210\text{ a }400\text{g kg}^{-1}$ e menos que 200g kg^{-1} , respectivamente. Se a quantidade P do solo estiver com os valores indicados, adubações com 60 a 80kg por ha de P_2O_5 serão suficientes para produtividades de 50 a 60 sacos por ha de soja ou 100 a 130 sacos por ha de milho (SOUZA, 1998).

No SPD se usa a rotação de culturas em que a cultura de cobertura antecipa a principal de verão. Neste caso, uma parte do fertilizante é aplicado em pré-plantio na cultura de

cobertura, que será dessecada e, logo estes nutrientes retrocederão para a cultura principal. Os benefícios deste procedimento são: menores da quantidade de adubos no sulco, diminuição perdas por lixiviação e aumento do desenvolvimento vegetativo das plantas de cobertura (OLIVEIRA et al., 2002). O milho é uma gramínea que produz grande quantidade de biomassa e, por isso, há maior probabilidade de sua palhada durar por todo o tempo do cultivo da hortaliça, mesmo diante de muito calor e alta umidade, condições que aceleram a decomposição da palhada pela microbiota do solo. Já a mucuna-cinza é uma planta leguminosa que confere maior qualidade à palhada devido à capacidade de fixar nitrogênio e de aumentar os teores desse elemento nos resíduos vegetais (LIMA et al. 2017).

Estudos de LIMA et al (2017) avaliaram três sistemas de produção em que testaram duas espécies vegetais de cobertura, sendo uma o milho e outra milho consorciado com mucuna-cinza. O aporte de resíduos vegetais e que reduzam o revolvimento da terra promove o aumento dos níveis de C orgânico estável no solo, favoreceu o aumento da matéria orgânica em longo prazo. Assim, foi possível verificar a capacidade dos sistemas conservacionistas em manter um melhor nível de fertilidade do solo, em virtude da palhada. O entendimento é que o potencial para sequestro de carbono também passa pela manutenção de maiores teores no solo de carbono orgânico estável.

O SPD colabora com a segurança alimentar e gera benefícios ambientais diretos. A aplicação dos princípios básicos de não revolvimento do solo, rotação de culturas e conservação da cobertura do solo agencia alterações que intervêm na composição do solo, causando melhoria da fertilidade e eficiência na utilização de corretivos e fertilizantes (OLIVEIRA et al., 2002). O crescimento da produtividade de alimentos, fibras e energia pode ser alcançado sem a necessidade de abertura de novas áreas, pois o SPD pode ser usado em áreas de lavoura ou pastagens em processo de degradação.

3.5 Perspectivas do Sistema Plantio Direto no Mundo

O SPD otimiza a produtividade e os serviços ecossistêmicos, ofertando em amplos aspectos, benefícios, ambientais, econômicos e sociais ao produtor e à sociedade. Ao mesmo tempo, que este sistema responde alguns dos desafios globais associados às

mudanças climáticas, à degradação do solo e do meio ambiente e ao aumento do custo dos alimentos, energia e insumos de produção (DERPSCH et al. 2010).

A prática do sistema de plantio direto adotada em todo o mundo evidencia que não deve mais ser considerado um sistema agrícola temporário. O sistema se estabeleceu como uma maneira diferente de pensar sobre o manejo sustentável de agroecossistemas que não foi ignorado por cientistas, acadêmicos, extensionistas, agricultores em geral, bem como equipamentos e fabricantes de máquinas e políticos (FAO, 2010).

A agricultura de plantio direto representa um sistema de gestão amplamente adotado que visa reduzir a erosão do solo, diminuir os custos de insumos e sustentar a produtividade da lavoura em longo prazo. No entanto, seus impactos sobre a produtividade das culturas são variáveis, e uma melhor compreensão dos fatores que limitam a produtividade é necessária para apoiar as decisões de manejo baseadas em evidências (DERPSCH et al. 2010).

PITTELKOW et al., (2015) Conduziram uma meta-análise global para avaliar a influência de várias culturas e variáveis ambientais no plantio direto em relação aos rendimentos do preparo convencional usando dados obtidos de publicações revisadas por pares (678 estudos com 6005 observações emparelhadas, representando 50 culturas e 63 países). As comparações de produtividade lado a lado foram restritas a estudos que comparam o plantio convencional com as práticas de plantio direto na ausência de outras modificações no sistema de cultivo. A categoria de cultura foi o fator mais importante que influenciou a resposta geral da produtividade ao plantio direto, seguida pelo índice de aridez, manejo de resíduos, duração do plantio direto e taxa de nitrogênio.

Segundo PITTELKOW et al., (2015) a produtividade do plantio direto combinou com a produtividade do preparo convencional para as categorias de sementes oleaginosas, algodão e leguminosas. Entre os cereais, os impactos negativos do plantio direto foram menores para o trigo (-2,6%) e maiores para o arroz (-7,5%) e milho (-7,6%).

O plantio direto teve melhor desempenho em condições de sequeiro em climas secos, com rendimentos geralmente iguais ou maiores do que as práticas de cultivo convencionais (PITTELKOW et al., 2015). Além disso, os resultados fornecem uma base para apoiar o desenvolvimento do manejo do plantio direto e estratégias de desenvolvimento

internacional com base nas evidências científicas disponíveis. Deve-se observar que os impactos diretos e indiretos do aumento da remoção da palha dos campos agrícolas sobre a qualidade e fertilidade do solo devem ser devidamente avaliados e quantificados, uma vez que podem levar a uma diminuição na produtividade de grãos e, conseqüentemente, a uma maior necessidade de mais terras para a produção.

3.7 Mercado do Milho

Atualmente o estado do Mato Grosso destaca-se como o maior produtor nacional de milho, junto aos estados: Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais alcançaram a produção 74,2% da safra brasileira de milho em 2017/18. A produção nacional, obteve colheita recorde em 2016/17 resultando em 97,8 milhões de toneladas. Segundo GASQUES et al., (2018) pode atingir 121,4 e 182,7 milhões de toneladas na próxima década (CONTINI et al., 2019).

As projeções relacionadas às exportações, espera-se que cresça 51,1%, que em significa um volume de 39 ton. Assim, o consumo nacional deve subir em 23% em relação ao ano de 2017. Sugere-se que a exportação realizada pelo USDA, no segundo semestre de 2018 para o milho do Brasil chegue à 44,8 milhões de ton de produção de milho em 2027/28. Segundo trabalhos realizados pela OECD-FAO (2018) há projeções de uma produção mundial de 1,16 bilhão de ton de milho. Sendo que aproximadamente 60,0% será destinado a alimentação animal, 13,4% ao consumo humano e 15,5% à produção de bicomcombustível (SILVA et al., 2020).

No Brasil, aproximadamente 850 mil ton de grãos de milho são direcionadas para o mercado do etanol. 1,95 milhão de ton foi a capacidade de produção nacional estimada para 2019, essa capacidade deverá crescer para 4,8 milhões de toneladas. Em 2020/2021 a produção do milho, segundo a consultoria Datagro deve alcançar 101,65 milhões de ton, corte de 3,8 milhões de toneladas na relação com o levantamento anterior (SILVA et al., 2020).

As projeções de exportações realizadas pelo departamento de agricultura dos EUA é cerca 188,8 milhões de toneladas em 2027/28. Sendo que deste volume, o próprio EUA, deve suprimir 29,6% e no Brasil, 23,7%. Em termos de volume, a USDA previu que o Brasil

exportaria 44,8 milhões de ton. Os maiores importadores serão México, União Europeia, Egito, Irã e Japão com 84,0 milhões de toneladas. Segundo o USDA (2018c), a produção para alimentação de frangos e suínos é que estimula o comércio internacional de *commodities* agrícolas como o milho. Estima-se que o consumo internacional de carnes continuará crescente ao longo do período das projeções (CONTINI et al., 2019; SILVA et al., 2020).

As produções das safras de milho nos anos agrícolas de 2000, 2001 e de 2017 e 2018, foram de 591 milhões para 1,076 bilhão de toneladas, aumento superior a 82%, em razão do uso do grão como ração animal para a produção de frangos e suínos, assim como o uso para produção de etanol nos Estados Unidos. O Brasil, não diferente dos demais países tem o milho como cultura essencial e estratégica para enfrentar o mercado. Utilizado em rotação, sucessão e consórcio, devido à extensa adaptabilidade das cultivares que tem no mercado nacional, proporciona produtividades na safrinha superiores ou similares à época de cultivo no verão.

A região Nordeste se encontra com a produtividade abaixo da média nacional, enquanto a região Sul apresenta produtividades superiores a 12.000 kg ha⁻¹, devido às condições climáticas e estratégias de manejo diferentes das regiões tradicionais de cultivo. A produção do milho em sucessão a soja, no inverno, viabilizou o aumento da área plantada e da produção do cereal no Brasil (SILVA et al., 2020).

Os desafios da pesquisa e para produção do milho no Brasil, é o aparecimento e a proliferação de novas pragas e doenças. É importante destacar que a sucessão soja-milho safrinha tem ocasionado adversidades para o manejo do solo, principalmente para o SPD, com redução gradativa da MOS, reciclagem de nutrientes e diminuição da atividade biológica (GALVÃO et al., 2015; CONTINI et al., 2019).

Os grandes desafios tecnológicos enfrentados pelos sistemas produtivos de milho advêm da ausência em aderir aos princípios essenciais de boas práticas agrícolas. A solução dos grandes problemas que o Brasil tem na produção do milho, passa pela educação e pelo empenho dos produtores e das agências, empresas e instituições do setor agrícola em relação às boas práticas (SILVA et al., 2019).

A produção de milho dos EUA aumentou 175 milhões de bushels para 2021/22, com base na previsão de aumento da área colhida do Serviço Nacional de Estatísticas Agrícolas (NASS). A produtividade do milho permanece inalterada, visto que os níveis de precipitação nacional têm estado abaixo da média, mas não representam um desvio extremo da média de 1988 a 2020. A produção de cevada e aveia para 2021/22 é reduzida, no entanto, com base na primeira previsão de produtividade baseada em pesquisa publicada pelo NASS (DAEU; Department of Agriculture, USDA).

O uso de milho deve ser maior para as campanhas de comercialização de 2020/21 e 2021/22. O resultado são menores estoques finais de milho estimados para 2020/21 e maiores estoques finais projetados para 2021/22. As previsões de preço aumentaram \$ 0,05 por bushel para a estimativa de 2020/21 e reduziram \$ 0,10 por bushel para a projeção de 2021/22. A maior oferta de milho e a concorrência reduzida do Brasil impulsionam as perspectivas de exportação de milho dos EUA para 2021/22 (Lewis, 2021).

A projeção de exportação dos EUA para 2020/21 está inalterada em um recorde histórico, resultando em uma participação de quase 40 por cento no comércio global de milho, a maior desde 2017/18, um ano em que todos os três outros grandes exportadores de milho - Brasil, Argentina, e Ucrânia - tiveram problemas de safra relacionados ao clima. Com a projeção de menor oferta de sorgo e cevada, as exportações dos EUA para ambas as safras deverão diminuir. Com a menor disponibilidade de sorgo dos EUA, projeta-se que a China venha a fornecer parte de suas importações de sorgo da Argentina. As importações canadenses de cevada devem diminuir e ser fracionárias (DAEU; Department of Agriculture, USDA).

3.8 Cultura do Milho: Plantio Direto e Rotação Culturas

A produção agrícola cresce exponencialmente e sofre grandes pressões em razão da demanda por fibras e alimentos no mundo todo, e conseqüentemente este fator afeta o principal fator para produção: o solo. Assim, a agricultura de grande escala tem sistemas de produção que avalizem o aumento da produtividade das culturas e diminuam os impactos sobre o solo. Nesse sentido, práticas que envolvem o manejo sustentável como

adubação verde, orgânica, sucessão de culturas e a rotação de culturas, tornam-se indispensáveis (CRUZ et al., 2018).

A rotação de culturas está a mudar anualmente de cultura de acordo com um calendário fixo na mesma parcela agrícola. A frequência com que uma cultura regressa, determina a duração da rotação. A rotação de culturas difere da monocultura contínua em que uma espécie é cultivada durante anos consecutivos. A principal razão para a rotação de culturas é para evitar doenças e pragas. O controle de pragas e doenças menos móveis (solo) é mais fácil quando as culturas alvo não regressam ao mesmo campo durante algum tempo (por exemplo, raiz tríplice em brássicas). Outras razões são: controle de ervas daninhas, melhoria da estrutura do solo (ou seja, culturas de enraizamento profundo) e -fertilidade (ou seja, leguminosas que fixam N) e prevenção da erosão (FAVARATO et al., 2016).

Na agricultura biológica (mais melhorada) as rotações são mais comumente utilizadas do que na agricultura convencional porque desde os pesticidas/herbicidas a fertilização, que pode mitigar os efeitos negativos da monocultura a longo prazo, é proibida. Desvantagens para um agricultor começar com uma rotação de culturas (mais reforçada) são, por exemplo, a exigência de mais conhecimento e a necessidade das máquinas/equipamentos agrícolas adequados (HOFMEIJER et al. 2019).

A prática de rotação de culturas incide em alternar espécies vegetais na mesma área de plantio anualmente. As culturas selecionadas devem ser previamente estudadas para que viabilize a não incidência fitopatológica na área, controle de pragas e recuperação do solo. Entre as vantagens da rotação de culturas estão a diversidade de produção de alimentos, esta prática é capaz melhor os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, pois no processo rotacional é capaz de repor a matéria orgânica e torna o solo menos suscetível a ação de agentes climáticos e ajuda a auxiliar diretamente no sistema de plantio direto. A rotação de culturas torna mais fácil a utilização de máquinas e equipamentos, diminuindo o custo do capital imobilizado do setor agrícola (OLIVEIRA et al., 2017).

A rotação de culturas é considerada quando há introdução de espécies de gramíneas, milho e pastagem, além de outras para compensar o ecossistema agrícola. Um plano de rotação precisa acolher às particularidades da região e às perspectivas de comercialização dos bens produzidos. O ponto de vista comercial também deve ser visualizado na escolha

das culturas que devem ser rotacionadas, não somente com o objetivo de ter cobertura do solo e adubação verde (FAVARATO et al., 2016).

A cultura do milho possui uma ótima adaptação às diferentes condições de clima e solo e possui a vantagem de os resíduos culturais serem aproveitados, contribuindo para redução da lixiviação e erosão do solo. Assim, inserir esta cultura em um sistema de rotação é de extrema importância. Os aspectos econômicos, sociais e comerciais também estão ligados à sustentabilidade, não apenas a preservação e conservação ambiental (FAVARATO et al., 2016)

Para execução do SPD é imprescindível priorizar a cobertura do solo, sobretudo se as áreas de plantio que exibirem algum tipo de degradação. Portanto a cultura do milho deve ser inserida de forma planejada no sistema de rotação, que tem a capacidade de proporcionar alto potencial de produção de fitomassa e elevada relação C/N, proporcionando a manutenção de cobertura do solo dentro da quantidade mínima aconselhada e por maior tempo de conservação na superfície (CONTINI et al., 2019).

Nos estudos de BUAH et al. (2017) mostraram que o plantio direto com fertilizantes, seja para milho ou soja, geralmente resultou em maiores rendimentos de grãos. O plantio direto também deu os maiores retornos econômicos. Os agricultores podem obter melhores retornos do dinheiro investido em herbicidas para a produção de milho e soja sob plantio direto do que com sua prática tradicional, mesmo em solos degradados de savana com baixos níveis de nutrientes disponíveis para as plantas.

Pesquisas de HOFMEIJER et al. (2019) e ARMENGOT et al. (2015) evidenciaram que as gramíneas são as invasoras mais problemáticas quando se utiliza o cultivo mínimo. Os primeiros autores também observaram que após 9 anos de cultivo em sistema orgânico com rotação de culturas, o cultivo mínimo aumentou em 2,3 vezes a quantidade de plantas invasoras.

Resultados do ZHANG et al. (2013), mostraram que no SPD a zona de oxidação de CH₄ em comparação ao cultivo mínimo é menor em função do menor revolvimento do solo, e por isso, se torna mais indicado para reduzir a emissão de CH₄. Segundo CHEN et al. (2013), a rotação de culturas no plantio direto, com trigo, cevada e milho ocasionam maior

relação C/N sendo possível que haja imobilização microbiana do nitrogênio no solo e pode diminuir o N disponível para produção de N_2O .

Estudos relacionados aos efeitos do SPD sobre propriedades físicas dos solos demonstraram que houve aumento nas taxas infiltração de água assim como potencial de armazenamento (COPEC et al., 2015), assim redução na erosão e escoamento superficial em relação ao sistema convencional (DELAUNE; SIJ; KRUTZ, 2013). Estes resultados tem relação com a estabilidade de agregados do solo, que contribui para o aumento da porosidade, também auxiliados pela macrofauna do solo e crescimento de raízes, bem como a uma diminuição na frequência de tráfego de máquinas sobre o solo, que coletivamente alteraria sua porosidade (HAGHIGHI; GORJI; SHORAFI, 2010).

Os bons resultados do SPD dependem de um bom planejamento de rotação de culturas, por causa dos muitos benefícios que a rotação insere no sistema, desde a preservação à produtividade dos cultivos comerciais. A assimilação de cultivares que apresentam capacidade de absorver e aproveitar o nutriente de forma mais eficiente é muito importante, pois viabiliza a diminuição dos custos de produção, redução da quantidade de fertilizantes e a preservação do agroecossistemas (COPEC et al., 2015).

A adubação tem o objetivo de suprir as exigências da planta para a geração de apropriada da produção, completando a aporte nutricional do solo. Considerando a sustentabilidade do solo, a adubação tem o dever de contrabalançar as quantidades de macro e micronutrientes exportadas com o produto colhido e mais aquelas irremediavelmente perdidas do solo (erosão, lixiviação e volatilização) (MALAVOLTA, 2006).

3.9 Sequestro de Carbono e Plantio Direto

Uma área agrícola sob SPD de um hectare pode fixar de 0,5 a 1 ton de C/ano. O que significa o mesmo que 4 carros emitindo CO_2 por 12 meses. Este dados foram obtidos por meio projeto Carbono 360 da Bayer, que ocorreu no Rio Grande do Sul. O projeto de lei de 2018 regulamenta o artigo 146-A da constituição federal, que propõe uma Reformulação Tributária Ecológica, que visa instituir os princípios da essencialidade e do diferencial tributário pela sustentabilidade ambiental e oneração das emissões de gases

de efeito estufa, e criar a taxaço sobre o carbono (“carbon tax”), na forma de Contribuiço de Intervença no Domínio Econômico, para a sustentabilidade ambiental e a mitigaço do aquecimento global.

O SPD pode ser considerado tanto uma ferramenta de mitigaço quanto de adaptaço às mudanças climáticas, uma vez que favorece o sequestro de C, mas também reduz a demanda por água e a ocorrência de extremos de temperatura no solo. O C é absorvido é se torna composto estáveis por meio da palhada e das raízes no SPD que contêm um C mais lábil chamado de Carbono Orgânico Particulado (COP), trata-se de um C de mais fácil de composiço. Assim, enquanto for adicionado COP ao sistema solo, aumentará as chances de se tornar C estável por meio do trabalho dos microrganismos (KELL DB, 2012).

A forma estável do carbono no solo é chamada de Carbono Orgânico Associado aos Minerais (COAM) e, quando essas moléculas são formadas, maior é a chance de permanecerem no solo sem sofrer significativa degradaço. A estabilizaço de C no solo mitiga o efeito estufa, pois evita a emissão de CO₂, por meio da açõ dos microrganismos do solo que promovem a modificaço das moléculas mais simples de C presentes nos restos culturais do SPD em moléculas orgânicas mais complexas, que apresentam uma diversidade maior de grupos funcionais e podem ligar-se quimicamente com superfície de minerais de argila no solo (PONPELAU, 2015).

Estudos de LIMA et al. (2017), demonstram que o estoque de C nos primeiros anos do experimento, foram similares nos três sistemas: convencional com adubaço verde, preparo reduzido e SPD. No entanto, no 4º e 6º ano os sistemas alcançaram sua maturidade e o SPD e preparo reduzido resultaram em maiores teores de SOC. O tempo de alcance da estabilizaço do CO em SPD para grãos varia normalmente de oito à dez anos.

O cultivo convencional do solo reduz a presença de minhocas de terra, perturbando o seu ambiente de vida. Para mitigar estes efeitos secundários negativos, práticas agrícolas menos intensivas como práticas de plantio têm recebido cada vez mais atenço. Ao renunciar aos cultivos intensivos e ao cultivo pouco profundo, o objetivo é preservar os agregados do solo, a matéria orgânica e manter a biodiversidade do solo. (HADDAWAY et al. 2017; DE HAAN E POSTMA, 2019).

A mineralização lenta de N no SPD, pode causar escassez de N nas primeiras fases das primeiras culturas e uma fertilização adicional de N nesta fase inicial pode, portanto, ser acrescentado (SUKKEL, 2012), se possível de acordo com os regulamentos dos diferentes membros da UE países. Finalmente, nas práticas de plantio direto ou de redução da lavoura, é de grande importância minimizar a compactação do solo.

Por conseguinte, quando se utiliza o cultivo reduzido, um sistema de tráfego controlado para maquinarias pesadas pode ser benéfico (CID et al., 2014). A gestão de ervas daninhas pode ser mais tempo e adaptações e/ou novas máquinas poderão ser necessárias. Por outro lado, os custos relacionados com a lavoura como o gásóleo e a mão-de-obra, irão diminuir. Também a redução dos procedimentos de lavoura de acordo com as condições reais do local pode ajudar a proteger a agregação do solo e a fixação do carbono (CID et al., 2014).

A incorporação de resíduos de culturas após a colheita sequestra carbono (C) na matéria orgânica do solo (MOS) e pode assim mitigar as alterações climáticas diminuindo a quantidade de CO₂ na atmosfera (LAL 2007; LU et al. 2009). A reciclagem generalizada da palha nos solos agrícolas ajuda a controlar o solo erosão, melhora a qualidade do solo e a fertilidade e aumenta assim a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas (LEHTINEN et al. 2014).

A densidade diminui com a entrada contínua de resíduos de colheita (ZHAO et al. 2016). Isso geralmente pode aumentar a aeração do solo, a atividade microbiana e a mudança de matéria orgânica do solo e tem efeitos sobre estrutura do solo físico. Mas geralmente o sequestro de C e armazenamento em solos agrícolas com resíduos de culturas estão inversamente relacionados ao seu efluxo de CO₂ (BADÍA et al. 2013).

A remoção de palha e outros resíduos de colheita se encaixa em operações de agricultura reduzidas ou sem plantio direto, porque grandes quantidades de material residual podem atrapalhar o cultivo ou a semeadura (BLANCO-CANQUI, LAL 2019). O retorno de palha mostrou positivamente linear com a concentração do COS e a formação de macroagregados do solo. No trabalho de LIU et al. (2014) indicou-se que o SPD possui menos potencial para a erosão do solo e perdas relacionadas de COS com incorporação reduzida e incorporação de palha e em geral, verificou-se que o retorno da palha nos campos aumentava o conteúdo do COS.

Ainda no estudo de LIU et al. (2014) em experimento com níveis constantes de aplicação de palha, houve enriquecimento de COS durante 10-12 anos antes de atingir um nível constante. Acima de um aumento geral de COS com aplicação de palha, é uma resposta de frações de C (C orgânico dissolvido, biomassa microbiana C, C orgânico de fração leve, C orgânico de partículas) e também ocorrem mudanças na comunidade microbiana do solo com que são vistos como indicadores precoces da qualidade do solo alterações (CHEN et al. 2017; XU et al. 2011).

No experimento dos autores, MALHI et al. (2011) realizaram um ensaio a longo prazo no Canadá com cevada e trigo por 27 anos observando aumentos significativos em frações orgânicas de C lábil por meio da palhada. Outros estudos revelam um aumento linear destes valores com maior entrada de palha. O aumento e distribuição em profundidade do COS para a camada de 0-50 cm após 10 anos de incorporação de palha são demonstrados. A incorporação de 8 e 16 t de palha ha⁻¹ ano⁻¹ aumentou a concentração de COS principalmente nos 0-5 cm camadas de solo em comparação com os solos com remoção de palha (ZHANG et al. 2015; WANG et al. 2015).

A incorporação de resíduos de culturas é importante para manter COS em diferentes tipos de solo e texturas de solo. A entrada e disponibilidade de nutrientes pode favorecer o crescimento das culturas, o que por sua vez pode aumentar a entrada de C no ecossistema. Em geral, a cobertura morta a longo prazo aumenta a concentração de COS na superfície superior do solo e melhora a estabilidade dos agregados do solo (BLANCO-CANQUI e LAL 2007).

O retorno da palha pode aumentar o carbono sequestrado num agrossistema intensivo e pode ser recomendado como uma gestão a longo prazo, constituindo uma prática para melhorar a fertilidade do solo e para manter elevados rendimentos das culturas, bem como para armazenar carbono e reduzir emissões de gases com efeito de estufa. Efeitos prejudiciais com o aumento das emissões de N₂O após a palha a incorporação e a fertilização são de maior relevância na gestão de resíduos de culturas verdes solo (BLANCO-CANQUI e LAL 2007).

Os grandes “pools” de C podem ser influenciados e melhorados pelos agricultores. Com a proteção de húmus em solos e melhor sequestro de carbono, pode-se ajudar a mitigar as mudanças climáticas, para reverter a degradação do solo e melhorar a segurança alimentar (LAL, 2004). Os efeitos rápidos podem ser esperados com melhor manejo do solo, especialmente em solos altamente degradados que tem consequências claras para a quantidade de produção de alimentos.

As plantas vinculam o CO₂ da atmosfera e depositam o carbono nos solos através de raízes, exsudatos de raiz, sementes e resíduos de plantas em diferentes profundidades do perfil do solo. Na maioria dos solos que entram em contato com a matéria orgânica fresca parte desta é re-emitido através da decomposição biológica. Apenas partes dela são estabilizadas em solos como húmus (que geralmente é definido como conteúdo de matéria orgânica em solos) e seus complexos organo-minerais que podem ser armazenados por períodos mais longos (KELL 2012, BALROCK et al. 2012).

Devido à reversibilidade do processo, a entrada contínua de carbono e a gerência constante são necessárias para manter os estoques de carbono no solo em estado estacionário (KELL 2012, BALROCK et al. 2012). Mais enriquecimento de MOS requer novos gerenciamentos e insumos aprimorados. O enriquecimento de matéria orgânica em solos de culturas e pastagens para concentrações adequadas, é visto como uma verdadeira opção para fortalecer a capacidade tampão de solos para água e nutrientes em tempos de aquecimento global (BROCK et al. 2013, KASPER et al. 2015).

A matéria orgânica tem efeitos positivos na fertilidade do solo a um longo prazo, por exemplo, através da melhoria da estrutura do solo, redução da erosão, melhoria dos nutrientes retenção e infiltração de água. Mas apesar dos múltiplos efeitos positivos das rotações de culturas sobre biodiversidade, por exemplo, proteção de polinizadores ou quebra de estabelecimento de ervas daninhas, uma constatação apropriada da redução das emissões de carbono pelos esforços de sequestro de carbono via SPD objetivando mitigar as alterações climáticas não é fácil e pode levar a conclusões erradas (KASPER et al. 2015).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil se destaca em percentual de áreas onde se adota o SPD, que é uma prática, considerada atualmente um grande projeto ambiental dos trópicos em termos de extensão. E o Brasil, tem adotado estes termos de conservação e preservação ambiental por meio da redução perdas de solo e água por erosão devido a aplicação do SPD. Com a emprego da rotação de culturas e a alta acumulação de resíduos, há neste sistema um incremento de vultosas quantidades de C orgânico no solo.

Devido aos avanços das áreas de cultivo e das pesquisas, o SPD é considerado uma prática consolidada, cuja tendência é aumentar cada vez mais as áreas de cultivo, que coopera diretamente com o uso racional do solo, acrescentando aos valores produtivos, ações coerentes que priorizam não revolvimento do solo, através da conservação da palhada e a rotação de culturas. A contribuição tecnológica disponível presentemente admite o ajuste do SPD nas mais diversas condições de clima, solo e espécies vegetais. Através de muitas décadas de pesquisas, os ganhos ambientais com uso da técnica estão evidenciados, sendo possível assegurar que, o SPD compõe uma das práticas mais competentes para conservação das áreas agrícolas.

O SPD tem se mostrado uma ferramenta eficiente para redução dos custos de produção e aumento da sustentabilidade da produtividade agropecuária, sendo adaptado a todos os tamanhos e tipos de exploração. Por definição trata-se de um manejo conservacionista do solo eficiente na otimização dos recursos naturais disponíveis, que contribui para minimizar os impactos do cultivo sobre o ambiente pela redução da erosão do solo e da lixiviação, além de contribuir com o sequestro do carbono no solo e conseqüentemente a mitigação do efeito estufa (SILVA et al., 2009).

5 REFERÊNCIAS

AGRIANUAL (2014) Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. São Paulo, FNP. 463p.

AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; ROS, C.O. da Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v. 25, p. 157 – 165, 2001.

ARMENGOT, L.; BERNER, A.; BLANCO-MORENO, J.; MADER, P.; SANS, F. X. Long-term feasibility of reduced tillage in organic farming. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 35, p. 339-346, 2015.

BADÍA, DAVID; MARTÍ, CLARA; AGUIRRE, ANGEL J. (2013): Straw management effects on CO₂ efflux and C storage in different Mediterranean agricultural soils. In: *The Science of the total environment* 465, S. 233–239. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.04.006.

BALDOCK JA, WHEELER I, MCKENZIE N, MCBRATENY A (2012) Soils and climate change: potential impacts on carbon stocks and greenhouse gas emissions, and future research for Australian agriculture. *Crop and Pasture Science* 63(3):269-283, doi:10.1071/CP11170.

BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. *Tópicos em Ciência do Solo*, Viçosa, v.1, p. 393-486, 2002.

BLANCO-CANQUI, H., LAL, R. (2007) Soil and crop response to harvesting corn residues for biofuel production. *Geoderma* 141(3):355-362, doi: 10.1016/j.geoderma.2007.06.012

BORTOLUZZI, E.C.; ELTZ, F.L.F. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v. 24, p. 449 – 457, 2000.

BROCK C, FRANKO U, OBERHOLZER HR, KUKA K, LEITHOLD G, KOLBE H, REINHOLD J (2013) Humus balancing in Central Europe—concepts, state of the art, and

further challenges. *J Plant Nutr Soil Sc* 176(1):3-11, doi:10.1002/jpln.201200137 Lal R (2004) Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123(1-2):1-22, doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.032.

BUAH, SSJ, IBRAHIM, H., DERIGUBAH, M. *et al.* Efeito do preparo do solo e fertilizantes na produtividade do milho e da soja na zona de savana da Guiné em Gana. *Agric & Food Secur* 6, 17 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0094-8>.

BURR-HERSEY JE, MOONEY SJ, BENGOUGH AG, MAIRHOFER S, RITZ K (2017) Developmental morphology of cover crop species exhibit contrasting behaviour to changes in soil bulk density, revealed by X-ray computed tomography. *PloS one* 12(7):e0181872-e0181872, doi:10.1371/journal.pone.0181872

CAIRES, E.F. & ROSOLEM, C.A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. *Bragantia*, 57:175-184, 1998.

CHEN, H.; LI, X.; HU, F.; SHI, W. Soil nitrous oxide emissions following crop residue addition: a meta-analysis. *Global Change Biology*, v. 19, p. 2956-2964, 2013.

CHEN, ZHAOMING; WANG, HUOYAN; LIU, XIAOWEI; ZHAO, XINLIN; LU, DIANJUN; ZHOU, JIANMIN; LI, CHANGZHOU (2017): Changes in soil microbial community and organic carbon fractions under short-term straw return in a rice–wheat cropping system. In: *Soil and Tillage Research* 165, S. 121–127. DOI: 10.1016/j.still.2016.07.018.

CID, P., CARMONA, I., MURILLO, J. M., & GÓMEZ-MACPHERSON, H. (2014). No-tillage permanent bed planting and controlled traffic in a maize-cotton irrigated system under Mediterranean conditions: Effects on soil compaction, crop performance and carbon sequestration. *European journal of agronomy*, 61, 24-34.

CONTINI, E.; GAZZONI, D.; ARAGÃO, A.; MOTA, M.; MARRA, R. Complexo soja: caracterização e desafios tecnológicos: parte 1. Brasília, DF, Embrapa, 2018. 35 p.

CONTINI, E.;MOTA, M. M.; MARRA, R.; BORGHI, E.; MIRANDA, R. A.; SILVA, A. F.;SILVA, D. D.; MACHADO, J. R. A.; COTA, L. V.; COSTA, R. V.; MENDES, S. M. Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos. Embrapa, 2019.

COPEC, K.; FILIPOVIC, D.; HUSNJAK, S.; KOVACEV, I.; KOSUTIC, S. Effects of tillage systems on soil water content and yield in maize and winter wheat production. *Plant, Soil and Environment*, v. 61, p. 213-219, 2015.

CRUZ, J, C; FILHO, I, A, P; FILHO, M, R. (2018) Rotação de Culturas. Embrapa - Parque Estação Biológica – PqEB.

CRUZ, José Carlos; PEREIRA FILHO, Israel Alexandre; DUARTE, Aildson Pereira. Milho Safrinha 2009.

DARYANTO, S., WANG, L. & JACINTHE, PA. Impactos do manejo do plantio direto na perda de nitrato do cultivo de milho, soja e trigo: Uma meta-análise. *Sci Rep* 7, 12117 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12383-7>.

DELAUNE, P. B.; SIJ, J. W.; KRUTZ, L. J. Impact of soil aeration on runoff characteristics in dual-purpose no-till wheat systems. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 68, p. 315-324, 2013.

DAEU; Department of Agriculture, USDA): Milho, Perspectivas de mercado. Link: <https://www.ers.usda.gov/topics/crops/corn-and-other-feedgrains/market-outlook/>. Acesso: 16/08/2021.

DERPSCH, R, T FRIEDRICH, A KASSAM AND L HONGWEN, 2010. Current Status of Adoption of Notill Farming in the World and Some of Its Main Benefits. *Int J Agric & Biol Eng*; 3(1): 1-25.

DERPSCH, R. Historical review of no-tillage cultivation of crops. In: SEMINAR NO TILLAGE CULTIVATION OF SOYBEAN AND FUTURE RESEARCH NEEDS IN SOUTH AMERICA, 1., 1998, Foz do Iguaçu. Proceedings... [Toquio]: JIRCAS, 1998. p. 1-18. (JIRCAS Working Report n. 13).

FAO, 2010. Analysis of the Status and Potential of Conservation Agriculture in Southern Africa. FAO-REOSA Network Paper, forthcoming.

FAVARATO, L. F., SOUZA, J. L., GALVÃO, J. C. C., SOUZA, C. M., GUARCONI, R. C., & BALBINO, SOUZA J. M. Crescimento e produtividade do milho-verde sobre diferentes coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico. *Bragantia*, 75(4), 497-506. Epub 22 de setembro de 2016.

FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Área de plantio direto no Brasil. <http://www.febrapdp.org.br/br%20evolucao%20pd%2093-04.html> 15 JUN. 2021.

FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Área de plantio direto no Brasil. Disponível em: <<http://www.febrapdp.org.br/br%20evolucao%20pd%2093-04.html>>. Acesso em: 03 fev. 2021.

FENG, J.; LI, F.; ZHOU, X.; XU, C.; JI, L.; CHEN, Z.; FANG, F. Impact of agronomy practices on the effects of reduced tillage systems on CH₄ and N₂O emissions from agricultural fields: a global meta-analysis. *PLoS ONE*, v. 13, n. 5, p. 1-17, 2018.

FREITAS, P. L. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J. N. (Ed.). Fascículo de experiências de Plantio Direto no Cerrado. Goiânia: APDC, 1994. p. 199-213.

GALVÃO, J. C. C.; TROGELLO, E.; PEREIRA, L. P. L. Milho Segunda Safra. In: Milho: do plantio à colheita. Ed. GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. G. Viçosa, MG: Editora UFV. 2015. p. 207-223.

HADDAWAY, N. R., HEDLUND, K., JACKSON, L. E., KÄTTERER, T., LUGATO, E., THOMSEN, I. K., ... & ISBERG, P. E. (2017). How does tillage intensity affect soilorganic carbon? A systematic review. *Environmental Evidence*, 6(1), 30. Haan, de, P. & Postma, J. (2019). Organische stof: breng leven in de bodem! Van Iperen BV, Westmaas.

HAGHIGHI, F.; GORJI, M.; SHORAFI, M. A study of the effects of land use changes on soil physical properties and organic matter. *Land Degradation & Development*, v. 21, p. 496-502, 2010.

HOFMEIJER, M. A. J.; KRAUSS, M.; BERNER, A.; PEIGNE, J.; MADER, P.; ARMENGOT, L. Effects of reduced tillage on weed pressure, nitrogen availability and winter wheat yields under organic management. *Agronomy*, v. 9, p. 1-12, 2019.

HUGGINS, DR & REGANOLD, JP. Plantio direto: a revolução silenciosa. *Sci. Sou.* 299 , 70–77 (2008).

KASPER M, FREYER B, HÜLSBERGEN KJ, SCHMID H, FRIEDEL JK (2015) Humus balances of different farm production systems in main production areas in Austria. *J Plant Nutr Soil Sc* 178(1):25-34, doi:10.1002/jpln.201400111

KELL DB (2012) Large-scale sequestration of atmospheric carbon via plant roots in natural and agricultural ecosystems: why and how. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences* 367(1595):1589-1597, doi:10.1098/rstb.2011.0244.

LAL R (2019) Conceptual basis of managing soil carbon: Inspired by nature and driven by science. *J Soil Water Conserv* 74(2):29a-34a, doi:10.2489 jswc.74.2.29^a.

LANDERS, J.N. *Situação do plantio direto*. In: CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO POR TUTORIA À DISTÂNCIA. Módulo 1. Brasília, DF: ABEAS / UnB, 2000. 93 p.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. **Soilecology**. Amsterdam: Kluwer Scientific Publications, 654p, 2001.

LEHTINEN, T.; SCHLATTER, N.; BAUMGARTEN, A.; BECHINI, L.; KRÜGER, J.; GRIGNANI, C. et al. (2014): Effect of crop residue incorporation on soil organic carbon and greenhouse gas emissions in European agricultural soils. In: *Soil Use Manage* 30 (4), S. 524–538. DOI: 10.1111/sum.12151.

LEWIS, JEFFREY T. (2021) : Link: Brasil corta previsão de safra total de milho para 2020-2021 para 93,4 milhões de toneladas. Link: <https://www.marketwatch.com/story/brazil-cuts-2020-2021-total-corn-crop-forecast-to-93-4m-tons-271625745605> . Acesso: 13/07/2021.

LIMA, C. E. P.; MADEIRA, N. R.; SILVA, J. da; FONTENELLE, M. R.; MELO, R. A. de C. e; GUEDES, I. M. R. (2017) Benefícios da adoção do Sistema de Plantio Direto de Hortaliças. Embrapa Hortaliças, ISSN 1415-2312 ; 156.

LIU, CHANG; LU, MENG; CUI, JUN; LI, BO; FANG, CHANGMING (2014): Effects of straw carbon input on carbon dynamics in agricultural soils: a meta-analysis.

LU, F. E.I.; WANG, XIAOKE; HAN, BING; OUYANG, ZHIYUN; DUAN, XIAONAN; ZHENG, H.U.A.; MIAO, HONG (2009): Soil carbon sequestrations by nitrogen fertilizer application, straw return and no-tillage in China's cropland. In: *Global change biology* 15 (2), S. 281–305. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2008.01743.x.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. Sao Paulo: Agronomica Ceres, 2006. 638 p.

MALHI, S. S.; NYBORG, M.; GODDARD, T.; PUURVEEN, D. (2011): Long-term tillage, straw management and N fertilization effects on quantity and quality of organic C and N in a Black Chernozem soil. In: *Nutr Cycl Agroecosyst* 90 (2), S. 227–241. DOI: 10.1007/s10705-011-9424-6.

MOTTER, Paulino; ALMEIDA, Herlon Goelzer de. Plantio Direto: A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. 73 p.

MUTEGI JK, PETERSEN BM, MUNKHOLM LJ (2013) Carbon turnover and sequestration potential of fodder radish cover crop. *Soil Use and Management* 29(2):191-198, doi:10.1111/sum.12038

OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil Till. Res.*, 38:47- 57, 1996.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTTI, R. B.; OLIVEIRA, I. Jr.; ATROCH, A. L., DIAS, M. C.; GUIMARÃES, L. J.; GUIMARÃES, P. E. O. Seleção de cultivares de milho quanto à produtividade, estabilidade e adaptabilidade no Amazonas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.52.

OLIVEIRA, L. B. O estudo físico do solo e a aplicação racional de técnicas conservacionistas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.2, p.281-285, 1990.

OLSON K, EBELHAR S, LANG J (2014) Long-Term Effects of Cover Crops on Crop Yields, Soil Organic Carbon Stocks and Sequestration. *Open Journal of Soil Science* 4:284-292, doi:10.4236/ojss.2014.48030.

PAVAN, M. A. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de íons no solo sob plantio direto. *Revista Plantio Direto*, v.41, p. 8-12, 1997. [4].

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, D.C. Manual de análise química do solo e controle de qualidade. Londrina, Instituto Agrônômico do Paraná, 1992. 38p. (Circular, 76).

PECHE FILHO, Afonso. Mecanização do Sistema de Plantio Direto. 2005. Disponível em: . Acesso em: 18 nov. 2016.

PEREIRA, M.H. A Segunda revolução verde, pg. 25 – 28. In: SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. O meio ambiente e o plantio direto. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1997, 116 p.

PHILLIPS, S.H.; YOUNG JR., H.M. No-tillage farming. Kentucky, USA. 1973.

PITTELKOW, CM, LINQUIST, BA, LUNDY, ME, LIANG, X., VAN GROENIGEN, KJ, LEE, J,... VAN KESSEL, C. (2015). When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field Crops Research*, 183, 156-168. doi: 10.1016 / j.fcr.2015.07.020.

POEPLAU C, DON A (2015) Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 200:33-41, doi: 10.1016/j.agee.2014.10.024.

POTTKER, D.; AMBROSI, I.; BEN, J. R.; KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. Calagem em Plantio. 1998. Boletim Técnico; Passo Fundo – RS. Unidade: Embrapa Trigo.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem, superficial e incorporada a partir de pastagem natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, n.4, p.797-805, 2000.

RITCHEY, K.D.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. Agron. J., 72: 40-44, 1980.

SÁ, J.C.M. Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1996. 24p.

SATURNINO, H.M, Evolução do plantio direto e as perspectivas nos cerrados. In: SATURNINO, H.M.; LANDERS, J.N. O meio ambiente e o plantio direto. Brasília:EMBRAPA/SPI, 1997, 116 p.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRON, S. P.; E. A. FERREIRA; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. Revista Ceres, Viçosa-MG, v.56, n.4, p.496-506, 2009.

SILVA, L, E, B. ; SILVA, J, C, S; SOUZA, W, C, L; LIMA, L, L, C; SANTOS, R, L, V. (2020) Desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.): revisão de literatura Corn crop development (*Zea mays* L.): literature review . Diversitas Journal. Santana do Ipanema/AL. vol. 5, n. 3, p.1636-1657, jul./set. 2020. Página, 1636.

SOUSA, D. M. G. Manejo da fertilidade do solo sob cerrado com ênfase em plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE SO SOLO EM PLANTIO DIRETO, Dourados, 1997. Anais... Dourados, EMBRAPA-CPAO, 1998. p. 53-58. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 22).

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p.

SUKKEL, W. (2012). Ploegen, hoe diep moet ik gaan? Ekoland 10-2012.

VON LÜTZOW M, KOGEL-KNABNER I, EKSCHEMITT K, MATZNER E, GUGGENBERGER G, MARSCHNER B, FLESSA H (2006) Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions - a review. *European Journal of Soil Science* 57(4):426-445, doi: doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00809.

WANG, JINZHOU; WANG, XIUJUN; XU, MINGGANG; FENG, GU; ZHANG, WENJU; LU, CHANG'AI (2015): Crop yield and soil organic matter after long-term straw return to soil in China. In: *Nutr Cycl Agroecosyst* 102 (3), S. 371–381. DOI: 10.1007/s10705-015-9710-9.

WILLIAMS, JD, GOLLANY, HT, SIEMENS, MC, WUEST, SB & LONG, DS. Comparação de escoamento, erosão do solo e safras de trigo de inverno de sistemas de plantio direto e inversão de cultivo no nordeste do Oregon. *J. Soil Water Conserv.* 64 , 43–52 (2009).

XU, MINGGANG; LOU, YILAI; SUN, XIAOLIN; WANG, WEI; BANIAMUDDIN, MUHAMMAD; ZHAO, KAI (2011): Soil organic carbon active fractions as early indicators for total carbon change under straw incorporation. In: *Biol Fertil Soils* 47 (7), S. 745–752. DOI: 10.1007/s00374 011-0579-8.

ZHANG, H. L.; BAI, X. L.; XUE, J. F.; CHEN, Z. D.; TANG, H. M.; CHEN, F. Emissions of CH₄ and N₂O under different tillage systems from double-cropped paddy fields in Southern China. *PLoS ONE*, v. 8, n. 6, p. 1-11, 2013.

ZHANG, PENG; WEI, TING; LI, YULING; WANG, KE; JIA, ZHIKUAN; HAN, QINGFANG; REN, XIAOLONG (2015): Effects of straw incorporation on the stratification of the soil organic C, total N and C:N ratio in a semiarid region of China. In: *Soil and Tillage Research* 153, S. 28–35. DOI: 10.1016/j.still.2015.04.008.

ZHAO, SHICHENG; LI, KEJIANG; ZHOU, WEI; QIU, SHAOJUN; HUANG, SHAO WEN; HE, PING (2016): Changes in soil microbial community, enzyme activities and organic matter fractions under long-term straw return in north-central China. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 216, S. 82–88. DOI: 10.1016/j.agee.2015.09.028.

