

**SISTEMAS CONSERVACIONISTAS: ASPECTOS RELACIONADOS À
CONSOLIDAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DO PROCESSO PRODUTIVO E À
RACIONALIZAÇÃO DE INSUMOS AGRÍCOLAS**

Antonio Nolla¹, Thaynara Garcez da Silva¹, Adriely Vechiato Bordin¹

¹ Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agrônômicas, Campus de Umuarama.

Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR.

E-mail: ra103368@uem.br, anolla@uem.br, ra102647@uem.br

RESUMO: O sistema de preparo e cultivo do solo que tem por princípio a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo apresenta dinâmica diferenciada do sistema de preparo convencional, destacando-se o acúmulo de matéria orgânica e nutrientes, além do menor efeito fitotóxico do alumínio. O trabalho tem por finalidade apresentar aspectos do sistema conservacionistas ligados à sustentabilidade do sistema. Um dos principais problemas relacionados ao desenvolvimento das plantas refere-se à toxidez de alumínio. No sistema que apresenta manutenção dos resíduos em superfície, há o acúmulo de matéria orgânica, responsável pela complexação de parte do alumínio tóxico, o que reduz sua atividade iônica e aumenta a tolerância das plantas cultivadas quanto à acidez do solo. O acúmulo de nutrientes como fósforo no sistema semeadura direta é outra característica do sistema semeadura direta, de forma que a matéria orgânica é capaz de aumentar a capacidade do sistema coloidal e a adsorção de nutrientes. Para o fósforo, a matéria orgânica é capaz de reduzir os problemas de fixação específica do fósforo, de forma a aumentar o efeito fertilizantes para as culturas. Nesta forma de manejo do solo, é possível observar também efeito de substituição entre o calcário e o fósforo, no qual o acúmulo do fósforo superficial é capaz de promover ligação do P com o alumínio. Assim, ocorre menor efeito do calcário com o aumento na concentração de fósforo e vice-versa, de forma que a presença de um insumo promove o aumento da eficiência do outro. Todas estes efeitos positivos do sistema conservacionista o tornam mais equilibrado que sistemas convencionais, de forma que é possível racionalizar o uso de insumos agrícolas, aumentar a produtividade das plantas de interesse comercial, proporcionando maior lucratividade ao agricultor.

PALAVRAS-CHAVE: semeadura direta, complexação do alumínio, relação calcário-fósforo, acúmulo de matéria orgânica.

**CONSERVATION SYSTEMS: ASPECTS RELATED TO THE
CONSOLIDATION AND SUSTAINABILITY OF THE PRODUCTION
PROCESS AND THE RATIONALIZATION OF AGRICULTURAL SUPPLIES**

ABSTRACT: The soil management system, which has the principle of maintaining cultural residues on soil surface, presents different dynamics from the conventional system, highlighting the accumulation of organic matter and nutrients, in addition to the less phytotoxic effect of aluminum. The objective of this paper was to present aspects of the conservationist system linked to the sustainability of the system. One of the main

problems related to plant development refers to aluminum toxicity. In the system that presents residues on the surface, there is an accumulation of organic matter, responsible for the complexation of part of the toxic aluminum, which reduces its ionic activity and increases the tolerance of cultivated plants in terms of soil acidity. The accumulation of nutrients such as phosphorus in the no-tillage system is another characteristic of the no-tillage system, so that organic matter is able to increase the capacity of the colloidal system and the adsorption of nutrients. For phosphorus, organic matter is able to reduce specific phosphorus fixation problems, in order to increase the fertilizer effect for crops. In this form of soil management, it is also possible to observe a substitution effect between limestone and phosphorus, in which the accumulation of surface phosphorus is able to promote the bonding of P with aluminum. Thus, there is less effect of the limestone with the increase in the concentration of phosphorus and vice versa, so that the presence of one input promotes an increase in the efficiency of the other. All these positive effects of the conservationist system make it more balanced than conventional systems, so that it is possible to rationalize the use of agricultural inputs, increase the productivity of plants of commercial interest, providing greater profitability to the farmer.

KEY WORDS: no tillage, aluminum complexation, lime-phosphorus relationship, organic matter accumulation

INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo e preparo e cultivo do solo sob mínima mobilização abrange uma vasta área que tem sido empregada para uso agrícola. Assim, estas áreas de cultivo estão submetidas a condições de solo e de clima muito variado, além de estarem submetidas a diferentes tipos de plantas cultivadas por interesse comercial, sendo o solo manejado de diferentes maneiras, desde as formas mais adequadas, com utilização da mínima mobilização, até o uso de sistemas que priorizam a mobilização. Para que seja possível atender o uso sustentável do solo, no entanto, é necessário o uso de cultivo de forma que seja possível manter os resíduos culturais em superfície. Assim, o avanço adequado do sistema agrícola deve priorizar o uso do solo de forma sustentável, sendo que é necessário utilizar estratégias para que as plantas sejam cultivadas em condições de adequada fertilidade e com a correção adequada da acidez do solo (Dadalto et al., 2015).

O uso do solo pelos produtores durante os anos de cultivo é capaz de promover redução na concentração e quantidade de matéria orgânica no solo. Isto tem ocorrido em função do desbalanceamento entre inputs e retiradas de resíduos culturais e matéria orgânica, ocasionados predominantemente pelas elevadas taxas de decomposição da matéria orgânica no solo, gerando redução na qualidade física e química do solo (Núñez et al., 2003). Em solos sob sistema semeadura direta, no entanto, as perdas são menores.

A manutenção dos resíduos culturais durante os cultivos dentro de um sistema de culturas adequado é capaz de manter ou até mesmo aumentar lentamente a concentração de matéria orgânica no solo (Costa et al., 2004).

O incremento da matéria orgânica em sistemas conservacionistas pode promover vários efeitos positivos. Entre eles, destaca-se o efeito de complexação da matéria orgânica em solução com o alumínio fitotóxico (Al^{+3}), de forma a aumentar a tolerância das plantas ao efeito deletério do alumínio em sua espécie tóxica (Al^{+3}). Com o acúmulo da matéria orgânica no solo, ocorre aumento na capacidade do sistema coloidal, além de aumentar a concentração de nutrientes que são disponibilizados pela decomposição dos resíduos culturais mantidos na superfície do solo. Entre os nutrientes, o fósforo disponibilizado e adsorvido nos colóides orgânicos pode reduzir a atividade do alumínio trocável em solução, o que pode ser eficiente para minimizar seu efeito de toxidez às plantas (Santos et al., 2008; Melo et al., 2016).

A neutralização efetiva do alumínio tóxico no sistema ocorre com o uso de insumos capazes de liberar oxidrilas em solução, sendo o calcário o produto mais empregado no sistema agrícola. Produtos como o calcário e as escórias siderúrgicas são capazes de neutralizar o alumínio no sistema coloidal, gerado pelo aumento de pH e pela calcário aplicado no solo, além de inativar parte do Al^{+3} trocável devido ao aumento de pH (Zambrosi et al., 2007). Além disso, o uso dos corretivos de acidez ocasionam redução na solubilidade dos óxidos de ferro, de forma a reduzir o efeito de retenção química do fósforo, o que gera aumento na eficiência do uso de fertilizantes fosfatados, aumentando a concentração de P em solução (Schlindwein e Gianello, 2008; Vieira et al., 2013). Assim, tem sido observado que o corretivo de acidez e o fósforo no solo, via fertilização ou pelo sistema conservacionista, apresentam relação de substituição, de forma que o incremento de um dos insumos é capaz de promover melhoria na eficácia do outro produto. Este efeito deve ser avaliado, uma vez que é possível ocorrer aumento do efeito de interação com o uso dos sistemas conservacionistas (Nolla e Anghinoni, 2006, 2013; Bezerra et al., 2013).

Nestas condições, é possível observar que no sistema que prioriza a mínima mobilização, ocorre dinâmica distinta em relação ao sistema com o uso de implementos para o revolvimento do solo. Isto porque o sistema de semeadura direta é capaz de promover aumento na concentração de matéria orgânica e de nutrientes, promovendo redução no efeito de toxidez do alumínio. Além disso, é possível ocorrer produtividade

adequada das plantas de interesse comercial mesmo sem uso de corretivos de acidez, em condições com baixos a médios teores de alumínio (Anghinoni e Salet, 2000; Caires et al, 2003).

O objetivo do trabalho foi apresentar aspectos do sistema conservacionistas relacionados com uso racional de corretivos de acidez e dos fertilizantes fosfatados com vistas a otimizar o rendimento das culturas.

SISTEMA SEMEADURA DIRETA

O processo de semeadura direta é caracterizado como um sistema no qual é mantido os resíduos culturais em superfície, o que torna possível o controle do impacto da gota de chuva. Desta forma, ocorre a minimização dos efeitos da erosão hídrica no solo, gerando um sistema adequado de cultivo, que apresenta características distintas do sistema convencional (Cassol et al., 2007).

Este sistema de preparo e cultivo do solo caracterizou-se por ser um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura brasileira, o qual foi implementado inicialmente no sul brasileiro, a partir da década de 1970 (Lopes et al., 2004). Como principal característica, este sistema de cultivo se baseia na semeadura das culturas sobre os restos culturais que foram mantidos em superfície após o momento de colheita da cultura anterior (Denardin et al. 2008). Assim, ocorre revolvimento apenas nas linhas de cultivo, de forma a promover a melhoria no decorrer dos anos na qualidade física do solo (Sales et al., 2016).

Desta forma, o sistema plantio direto pode ser caracterizado por duas fases principais. Na fase inicial, conhecida por fase de implantação, ocorre nos primeiros cinco anos. Esta compreende o período inicial, quando ainda não ocorrem alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, ou seja, um período de quatro a cinco anos, após o início do sistema, que promove a readequação do sistema produtivo, sendo a eficiência do processo dependente do tipo de manejo empregado, o tipo de solo cultivado e o clima da região considerada (Laurani et al., 2004; Pereira Neto et al., 2007).

Após a fase de implantação, ocorre a fase de consolidação, caracterizada pelas alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo em relação ao sistema convencional. No entanto, para que seja possível atingir esta fase, é necessário que o sistema seja mantido por pelo menos 5 anos. A partir deste momento irá ocorrer alterações

em propriedades do solo, quando comparado ao sistema convencional, Desta forma, é possível ocorrer melhoria da capacidade produtivo, impulsionada por um sistema mais bem equilibrado e preparado para resistir de forma mais adequada aos estresses bióticos e abióticos (Pereira Neto et al., 2007).

O sistema conservacionista apresenta como característica alterações ao sistema que prioriza a mínima mobilização do solo. Assim, ocorre alteração no pH do solo nas camadas superficiais, devido principalmente ao uso de fertilizantes nitrogenados, maior incremento da matéria orgânica no solo. Assim, ocorre também minimização do processo erosivo, melhoria da estruturação e agregação do solo. Também ocorre modificação na dinâmica de nutrientes, promovido pelo aumento no sistema coloidal e aumento de nutrientes como o fósforo gerados pela degradação da matéria orgânica de baixo peso molecular (Girardello et al., 2011).

Em relação ao atributos físicos, o sistema plantio direto promove no decorrer do tempo um aumento na densidade do solo e na compactação gerado pelo tráfego dos implementos agrícolas. No entanto, este processo é gradual, sendo que o uso de rotação e consorciação de culturas e adubação verde pode aumentar o tempo do sistema conservacionistas sem provocar problemas relacionado com a redução na capacidade produtiva gerada por problemas como o aumento na densidade do solo. Isto ocorre porque ocorre consolidação natural do sistema, capaz de proporcionar aumento no tamanho de agregados estáveis quando comparado ao sistema de cultivo convencional. Isto ocorre provavelmente em função da preservação dos agregados do solo devido ao menor emprego de implementos agrícolas para o preparo do solo e também devido ao efeito de amortecimento contra o efeito de compactação gerado pelos implementos utilizados no cultivo das plantas durante os anos (Assis et al., 2005). Desta forma, é fundamental observar as modificações que são geradas durante os anos de cultivo em sistema plantio direto. Isto ocorre porque o solo está submetido a condições climáticas mais equilibradas, de forma que é interessante entender os efeitos positivos do sistema conservacionista quanto à possibilidade de alteração positiva quanto à produtividade das culturas. Para isso, também é desejável implementar o uso de práticas complementares para tornar o sistema semeadura direta em condições de maior sustentabilidade, de forma a reduzir a utilização de insumos agrícolas principalmente oriundas de fontes minerais (Bayer e Mielniczuk, 1997; Verneti Junior et al., 2009).

Assim, em função das vantagens geradas pelo sistema principalmente após atingir a fase de estabilização, é fundamental promover o incentivo do uso de um sistema conservacionista, capaz de promover melhoria nas condições edáficas a partir de um melhor equilíbrio das condições climáticas experimentadas pelas plantas cultivadas. Desta forma, para manter o sistema equilibrado, é fundamental a utilização de insumos como calcário, que apresentam dinâmica diferenciada do sistema de cultivo convencional, de forma a racionalizar este insumo e maximizar a lucratividade da lavoura.

MANEJO DA ACIDEZ DO SOLO EM SISTEMAS CONSERVACIONISTAS

Desde o início das atividades agrícolas no globo terrestre, o agricultor enfrenta problemas relacionados com a acidez do solo. Grande parte das áreas de lavouras situadas em áreas de clima tropical e temperado precisam conviver com a condição de solo ácido, originado naturalmente a partir do processo de transformação de rocha em solo. No entanto, após corrigir os problemas da acidez do solo, ao longo dos cultivos subsequentes, este problema retorna. Como agentes causadores, do ponto de vista químico, destacam-se a água proveniente das precipitações (associação do CO₂ com a água, formando ácido carbônico), a aplicação de adubos nitrogenados amídicos e amoniacais (monoamônio fosfato, diamônio fosfato, sulfato de amônio, ureia), a degradação ou queima de resíduos orgânico (devido à liberação de H⁺ provenientes de ligantes fenólicos e também carboxílicos de resíduos orgânicos e da matéria orgânica do solo, principalmente componentes leves e de baixo peso molecular), além da perda por deslocamento vertical ou lixiviação de nutrientes como cálcio, magnésio e potássio (Marques e Motta, 2003; Nolla et al., 2007; Raij, 2011; Batista et al., 2018)

Os solos em condição ácida apresentam elevados teores de alumínio (superior a 10 mmol_c dm⁻³), pH reduzido (pH-H₂O inferior a 5,3), além de apresentar reduzida concentração de nutrientes como Ca (<40 mmol_c dm⁻³) e Mg (<10 mmol_c dm⁻³). Assim, devido à escassa presença de nutrientes e alta concentração de elementos tóxicos no sistema coloidal (CTC), as plantas não são capazes de se desenvolver normalmente, promovendo uma produtividade muito baixa, o que inviabiliza o processo produtivo (Ferreira et al., 2006; Pauletti e Motta, 2019).

Para que seja possível o desenvolvimento adequado das culturas e elevadas produtividades, faz-se necessário a aplicação de corretivos de acidez do solo. Isto gera

condições favoráveis para o aprofundamento do sistema radicular, de forma que as plantas apresentarão melhor absorção de elementos nutrientes juntamente com a água que compõe a solução do solo (Pires et al., 2003; Raij, 2011; Mello et al., 2019). Os insumos corretivos que devem ser aplicados na lavoura apresentam como característica fundamental a liberação de oxidrilas – OH⁻. Estes ânions apresentam a propriedade de neutralizar os elementos tóxicos alumínio (Al⁺³) e hidrogênio (H⁺) em solução. Como exemplo, citam-se os insumos carbonatados, óxidos/oxihidróxidos, como os calcários e escórias siderúrgicas provenientes da industrialização de ferro e aço (Prado et al., 2003, Raij, 2001; Rodrighero et al., 2015).

O produto tradicional e preferencialmente utilizado na lavoura brasileira é o calcário. Nesta prática, o calcário é aplicado no solo, mas sua reação necessita de H₂O para que a sua reação ocorra. No entanto, ocorre lenta mobilidade do calcário, principalmente quando o produto é aplicado superficialmente. A incorporação do corretivo através da utilização de implementos como arado e grade promove maior eficiência, principalmente no curto prazo (Correa et al., 2007). Esta baixa eficiência em se aprofundar no perfil de solo ocorre devido à reduzida reatividade dos corretivos no solo, de forma que as oxidrilas reagem de forma lenta com os cátion Al⁺³ e H⁺, alterando de forma pouca efetiva o pH do solo, principalmente nas camadas subsuperficiais (abaixo de 20 cm) do perfil (Araújo et al., 2009).

Para que seja possível resolver problemas de acidez do solo ácido em camadas subsuperficiais, é necessário a calagem com uso de equipamentos capazes de mobilizar camadas mais aprofundadas. Este problema pode ser reduzido através do uso de sistema de culturas em rotação, de forma que os poros formados pelas raízes das plantas que são decompostas pode favorecer o aprofundamento radicular (Tomm et al., 2009).

Em sistemas conservacionistas que apresentam como característica principal a mínima mobilização, a reatividade e camada de solo corrigida e fertilizada com Ca e Mg se restringe a 0,10 m (Nolla e Anghinoni, 2006; Rossato et al., 2009). Desta forma, as plantas apresentam sistema radicular majoritariamente concentrado nos primeiros 0,1 m. (Caires et al., 2000; Alleoni et al., 2005; Caires et al., 2006; Pauletti et al., 2014). Soratto e Crusciol (2008), observaram que o uso de calcário aplicado em superfície foi eficaz na neutralização da acidez do solo e no incremento da concentração de cálcio e magnésio na superfície de troca na camada de 0-0,1 m. Desta forma, ocorre manutenção do sistema radicular principalmente na superfície do solo (0-0,2m), de forma a gerar possibilidade

de redução do rendimento das plantas de interesse comercial devido à redução na disponibilidade de água e de solução do solo possível de ser absorvida pelo sistema radicular vegetal, especialmente nas condições em que ocorre problemas de seca, principalmente em locais de incidência desta condição (Caires et al., 2008).

Em solos que apresentam problemas relacionados com o impedimento químico em relação ao desenvolvimento radicular, uma das alternativas para reduzir ou ampliar a resistência das culturas quanto aos problemas de acidez ou mesmo de baixa disponibilidade de água disponível na camada arável é o uso do gesso agrícola – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Novais et al., 2007). Este produto é um resíduo proveniente da acidulação da rocha fosfática, que apresenta efeito de condicionamento da camada subsuperficial do solo (>20 cm). Isso ocorre porque este insumo é capaz de apresentar alta reatividade, o que o torna móvel no perfil de solo, sendo capaz de deslocar íons de cálcio e sulfato na camada subsuperficial. Assim, em função do efeito de concentração de cálcio em subsuperfície, ocorre a redução na saturação da CTC efetiva por alumínio, promovendo melhor e mais eficiente aprofundamento das raízes com o uso do gesso (Carvalho e Nascente, 2014; Santos et al., 2019).

O gesso agrícola pode ser utilizado em combinação com o calcário, especialmente em solos sob sistema de plantio direto. Caires et al., (2004) estudando o desenvolvimento de milho sob aplicação combinada de calcário e gesso, observaram incremento de 17% no rendimento de grãos da cultura. Isto justifica a utilização combinada do calcário e gesso quando for necessário para otimizar a lucratividade do agricultor (Pauletti et al., 2014).

Nos sistemas conservacionistas como o sistema semeadura direta, as modificações na qualidade do solo do ponto de vista físico, biológico e químico é capaz de promover modificação da dinâmica do sistema edáfico. Assim, o uso de calcário aplicado superficialmente em área total promove diferenciação quanto aos efeitos da acidez do solo, gerado principalmente pela redução na atividade e ação do alumínio em solução (Zambrosi et al., 2007; 2008; Nolla et al., 2007).

Este menor efeito fitotóxico do Al^{+3} no sistema semeadura direta ocorre em função da formação de complexos orgânicos entre o alumínio e os ácidos orgânicos. Isto gera menor atividade do alumínio, gerando maior tolerância das plantas quanto à acidez do solo (Santos et al., 2006). Além disso, a manutenção dos resíduos culturais promove incremento de nutrientes como cálcio, magnésio, potássio e fósforo, de forma a aumentar

a condutividade elétrica em solução, reduzindo a atividade do alumínio (Santos et al., 2008).

RELAÇÃO ENTRE FÓSFORO E CORRETIVOS DE ACIDEZ

No sistema com mínima mobilização ocorre a deposição dos resíduos culturais, além do uso de calcário e fertilizantes aplicados na superfície do solo. Isto gera modificação na forma e dinâmica de equilíbrio entre os íons nutrientes, principalmente em função do aumento de nutrientes, destacando-se Ca e P (Conte et al., 2003; Santos et al., 2008).

Este incremento do fósforo disponível no sistema conservacionista pode ser gerado pela fertilização fosfatada, pelo aumento de matéria orgânica e também pelo incremento do pH. Assim, ocorre redução na atividade do alumínio fitotóxico, promovendo menor efeito tóxico, o que pode ser ocasionado pela precipitação no fósforo na formação de $Al(OH)_2H_2PO_4$, espécie formada pela interação e ligação entre fósforo e alumínio (Tokura et al., 2002; Anghinoni, 2005; Santos et al., 2008).

É possível evidenciar a relação entre o calcário e o fósforo no solo, de forma que o incremento nos efeitos de um dos dois produtos pode gerar uma elevação na eficiência do outro na cultura de interesse comercial (Ernani et al., 2000; Albuquerque et al., 2003; Cessa et al., 2011; Sadim et al., 2014). O calcário apresenta como função a correção da acidez do solo em função da liberação do oxidrilas em solução, de forma a promover elevação de pH e neutralização do alumínio trocável. Além disso, ocorre redução na adsorção do fosfato no sistema coloidal negativo (CTA), devido a redução da solubilidade dos óxidos de ferro, o que auxilia no aumento na eficiência na utilização dos insumos fosfatados (Novais et al., 2007; Raij, 2011; Teixeira et al., 2015)

O uso excessivo de corretivos de acidez, por sua vez, apresenta como característica marcante a elevação o pH acima de 6,5. Nestas condições, o teor de cálcio aumenta, ocasionando uma atração entre o cálcio e o fósforo que foi adicionado pela fertilização ou mesmo do nutriente acumulado no sistema coloidal negativo (CTA), o que diminui a sua disponibilidade em solução (Novais e Smyth, 1999; Novais et al., 2007; Raij, 2011). Esta reação ocorre devido ao processo de retrogradação, devido à uma formação do fosfato tricálcico, que precipita na formação de fosfato de cálcio (variscita), o qual é insolúvel (Novais e Smyth, 1999; Tirloni et al., 2009).

Em sistemas conservacionistas, vem sendo visualizadas maior efeito da adubação com fontes fosfatadas em detrimento ao uso de corretivos de acidez. Ocorre também a possibilidade do efeito de substituição entre o corretivo aplicado e o uso de adubo fosfatado no sistema convencional e conservacionista (Nolla, 2003; Anghinoni, 2005; Kurihara et al., 2014). Para Broch et al. (2008), o uso de fósforo aumentou a produtividade da soja. No entanto, com uso de calcário combinado com a gessagem proporcionou aumento no rendimento de grãos, o que indica a necessidade de neutralização da acidez do solo e fornecimento de cálcio e magnésio, desde que a dosagem de corretivo seja adequada. Segundo Nolla et al., (2013), o uso excessivo de calcário promove redução da produtividade da soja em função do efeito de retrogradação do P, além do desequilíbrio de nutrientes no sistema coloidal. Broch et al. (2008) observou também que o uso de elevada dosagem de fósforo ($>300 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5) gerou efeito reduzido do uso de calcário combinado com gesso. Uma das explicações para este fato pode estar relacionado ao efeito do adubo fosfatado na redução da toxidez do alumínio em função da formação de AlPO_4 , promovendo menor resposta ao corretivo aplicado (Nolla e Anghinoni, 2006; Silva et al., 2011). Isto caracteriza a relação de interação e de substituição de efeitos entre os corretivos e o fertilizante fosfatado (Nolla e Anghinoni, 2006).

RELAÇÃO ENTRE FÓSFORO E MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO

Em sistemas conservacionistas, a mínima mobilização promove o acúmulo de resíduos culturais em superfície. Desta forma, a partir da mineralização e estabilização dos ácidos orgânicos de baixo peso molecular, ocorre gradativamente o aumento na concentração da matéria orgânica nos primeiros centímetros superficiais (0-5 cm). O incremento da matéria orgânica é capaz de promover o aumento na disponibilização de nutrientes como o fósforo, devido à sua ligação com o sistema coloidal orgânico (Partelli et al., 2009; Pereira et al., 2010; Leite et al., 2016). Desta maneira, a matéria orgânica é capaz de alterar a dinâmica do fósforo no solo, pois ocorre um processo no qual existe a ligação dos óxidos de ferro com a matéria orgânica, de forma a reduzir a possibilidade de fixação específica de P nos sítios de adsorção. Isto ocorre devido a formação de uma camada de encapsulamento superficial dos coloides inorgânicos pelos ligantes orgânicos (ácidos húmicos, fúlvicos) no solo (Nolla e Anghinoni, 2006). Desta maneira, deve ocorrer redução nos problemas de fixação específica através do P não lábil por curto a

médio prazo, de forma que a planta é capaz de aproveitar melhor a aplicação do fertilizante fosfatado, aumento o rendimento de grãos (Corrêa et al., 2004; Santos et al., 2008).

Para Sousa e Lobato (2004), o uso de sistema conservacionista com forma de preparo e cultivo agrícola é capaz de promover redução no nível crítico de fósforo, ou seja, o solo é capaz de disponibilizar fósforo de forma mais fácil, reduzindo-se a necessidade de adubação. No seu estudo, estes autores observaram que em Latossolo muito argiloso foi possível produzir 3 toneladas de soja por hectare com a disponibilidade de fósforo de 3 e de 6 mg kg⁻¹ com teores de matéria orgânica de 3,7 e 2,8% de matéria orgânica, respectivamente

O sistema conservacionista, através da acumulação contínua dos restos culturais das plantas cultivadas é capaz de promover aumento da matéria orgânica no solo, devido à maior oferta de material orgânico, resultando em redução na decomposição de todo o material orgânico presente no solo através dos microrganismos, de forma que o contato microbiano com os resíduos acaba sendo menos efetivo. Desta maneira, existe a geração constante de ligantes e ácidos orgânicos proveniente da matéria orgânica em formação. Isto é capaz de promover a formação de agentes complexantes através dos ligantes de natureza orgânica, de forma que a atividade do alumínio se reduz. É possível ocorrer também melhor mobilidade nos íons cálcio e magnésio na camada arável (0-20 cm), o que reduz os problemas da reduzida reatividade dos corretivos aplicados superficialmente (Pavinato e Rosolem, 2008; Zandonadi et al., 2014).

A adubação em sistemas conservacionista vem sendo aplicada, para suprir a necessidade de fósforo, ou na linha ou em área total sem a mobilização do solo cultivado. Assim, o incremento de matéria orgânica em função da manutenção dos resíduos culturais é capaz de gerar um microambiente com menor problemas oxidativos. Por este motivo, existe redução nas reações que resultam na fixação de fósforo, de forma que a matéria orgânica é capaz de promover maior capacidade do sistema coloidal negativo, aumentando o aproveitamento do fósforo disponível para as plantas (Tokura et al., 2002; Almeida et al., 2003; Barbosa et al., 2015). Com isso, é possível concluir que as práticas conservacionistas que priorizam a manutenção e incremento da matéria orgânica no solo são capazes de gerar melhoria na capacidade de absorção de nutrientes como fósforo a partir da solução do solo, porque o sistema coloidal fortalecido com a fase sólida orgânica é capaz de promover incremento de P em suspensão na solução do solo.

Existem mecanismos preferenciais, através dos quais a matéria orgânica é capaz de promover o incremento de fósforo no solo. O primeiro ocorre através da decomposição de materiais orgânicos que estão acumulados em superfície é capaz de resulta em 30% do total de fósforo absorvido pelas culturas (Castro, 2007). Outro mecanismo associado ao aumento na disponibilização de fósforo se dá em função do bloqueio dos sítios de adsorção de fósforo (óxidos de ferro e óxidos de alumínio) através das liberação de íons de carga negativa resultantes da decomposição dos ácidos orgânicos, que promovem bloqueio ou neutralização dos óxidos de Fe e Al, reduzindo sua solubilidade, o que reduz a fixação específica do PO_4^{3-} no sistema coloidal negativo (Santos et al., 2008). Os ácidos orgânicos também podem ser capazes de promover a solubilização de fosfatos de cálcio, formados naturalmente ou por retrogradação, o que torna possível o aumento na disponibilização às plantas (Novais e Smyth, 1999; Raji, 2011). A matéria orgânica, através dos ácidos orgânicos também é capaz de promover a complexação de elementos tóxicos como o alumínio e também o Ferro oxidado (+3). Desta maneira, pode ocorrer redução na intensidade da ligação do fósforo com o óxido de ferro, gerando aumento na eficiência no efeito da adubação fosfatada (Nolla e Anghinoni, 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de corretivos de acidez do solo é capaz de neutralizar o Al^{+3} e H^+ fitotóxicos a partir da liberação da oxidrila em solução. Isto também gera o aumento na eficiência da adubação fosfatada devido à redução na solubilidade dos óxidos de ferro e alumínio, de forma a reduzir problemas relacionados com a fixação específica e a formação de P não lábil. Em sistemas conservacionistas, a manutenção dos resíduos culturais, capazes de proteger o solo contra o impacto da gota de chuva, proporciona incremento na concentração de matéria orgânica nas camadas superficiais (0-5cm) a partir da consolidação (> 5 anos) do manejo implementado. Assim, os efeitos tóxicos de alumínio podem ser reduzidos pela complexação deste íon com os ligantes orgânicos, porque reduz sua atividade em solução. Este sistema conservacionista também aumenta os teores de fósforo orgânico, devido à redução na fixação específica de fósforo no sistema coloidal inorgânico a curto/médio prazo. Desta maneira, o aumento de P em solução e na superfície de troca pode aumentar o crescimento das plantas e também reduzir o efeito dos corretivos de acidez devido ao efeito de interação entre o corretivo e o fósforo

acumulado ou aplicado via adubação. Por estes motivos, o sistema conservacionista é capaz de gerar um ambiente capaz de facilitar a disponibilização de nutrientes como o fósforo, reduzindo em parte a necessidade de adubação e de calagem porque o cultivo nesta forma de manejo é mais equilibrado e com melhores condições de otimizar a capacidade produtiva das plantas que estão sendo cultivadas na lavoura, aumentando a lucratividade do agricultor por racionalizar o uso de insumos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; Albuquerque, J.A.; Bayer, C.; Ernani, P.R., Mafra, A.L.; Fontana, E.C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.5, p.799-806, 2003.

ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. & CAIRES, E.F. Atributos químicos de um Latossolo de Cerrado sob plantio direto de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.923-934, 2005.

ALMEIDA, J.A.; TORRENT, J.; BARRÓN, V. Cor de solo, formas de fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.985-1002, 2003.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo no ambiente subtropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife, PE. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 22 p. CD ROM.

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Reaplicação de calcário no sistema plantio direto consolidado. In: KAMINSKI, J. (Eds.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul, 2000. p.41-59. (Boletim Técnico, 4)

ARAÚJO, S.R.; DEMATTÊ, J.A.M.; GARBUIO, F.J. Aplicação de calcário com diferentes graus de reatividade: alterações químicas no solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v., n.3, p.1755-1764, 2009.

ASSIS, R.L.; LANÇAS, K. P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p.515-522, 2005.

BARBOSA, N.C.; ARRUDA, E.M.; BROD, E.; PEREIRA, H.S. Distribuição vertical do fósforo no solo em função dos modos de aplicação vertical. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.31, n.1, p.87-95, 2015.

BATISTA, M.A.; INOUE, T.T.; ESPER NETO, M.; MUNIZ, A.S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S. GOTO, R., (Eds.). **Hortaliças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018. p. 113-162.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistema de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n.1, p. 105-112, 1997.

BEZERRA, A.L.L.; LIMA, I.M.A.; NASCIMENTO, B.L.M.; AQUINO, B.F. Influência da calagem na adsorção de fósforo em diferentes solos do estado do Ceará. **Revista Agropecuária Científica do Semi-Árido**, Campina Grande, v.9, n.4, p.1-5, 2013.

BROCH, D.L.; NOLLA, A.; QUIQUI, E.M.D.; POSSENTI, J.C. Influência no rendimento de plantas de soja pela aplicação de fósforo, calcário e gesso em um Latossolo Sob Plantio Direto. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v.10 n.2, p.211-220, 2008.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.161-169, 2000.

CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; CHURKA, S. Soil acidity, liming and soybean performance under no-till. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.5, p.523-540, 2008.

CAIRES, E.F.; CORRÊA, J.C.L.; CHURKA, S.; BARTH, G. & GARBUIO, F.J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.63, n.5, p.502-509, 2006.

CAIRES, E.F.; FERRARI, R.A.; MORGANO, M.A. Produtividade e qualidade da soja em função da calagem na superfície em semeadura direta. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.2, p.283-290, 2003.

CAIRES, E.F.; KUSMAM, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.G. & PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.125-136, 2004.

CARVALHO, M.C.S.; NASCENTE, A.S. Calcário, gesso e efeito residual de fertilizantes na produção de biomassa e ciclagem de nutrientes de milheto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 370-380, 2014.

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. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. v.5. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.333-370.

CASTRO, A.M. **Eficiência de uso de fontes de fósforo em diferentes sistemas de cultivo**. 117p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

CESSA, R.M.A.; NOVELINO, J.O.; VITORINO, A.C.T.; MAUAD, M. Absorção de fósforo e crescimento do Sorgo em função da aplicação de silício e fósforo em Latossolo Vermelho distroférico. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.34, n.1, p.135-142, 2011.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S.. Frações de fósforo acumuladas em Latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n. 5, p. 893-900, 2003.

CORREA, J.C.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; MARCELINO, R.; MAUAD, M. Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.9, p.1307-1317, 2007.

CORRÊA, J.C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C.A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p. 587-589, 2004.

DADALTO, J.P.; FERNANDES, H.C.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P.R. E MATOS, A.T. Sistema de preparo do solo e sua influência na atividade microbiana. **Journal of the Brazilian Association of Agriculture Engineering**, Jaboticabal, v.35, n.3, p.506-513, 2015.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; BACALTCHUK, B.; SATTTLER, A.; DENARDIN, N.D'A.; FAGANELLO, A. & WIETHÖLTER, S. Sistema plantio direto: Fator de potencialidade da agricultura tropical brasileira. In: ALBUQUERQUE, A.C.S. & SILVA, A.G., (Eds.). **Agricultura tropical: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.1251-1273.

ERNANI, P.R.; Nascimento, J.A.L.; Campos, M.L.; Camillo, R.J. Influência da combinação de fósforo e calcário no rendimento de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 537 - 544, 2000.

FERREIRA, R.P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J.B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 35p.

GIRARDELLO, V.C.; AMADO, T.J.C.; NICOLOSO, R.S; HORBE, T.A.N.; FERREIRA, A.O.; TABALDI, F.M.; LANZANOVA, M.E. Alterações nos atributos físicos de um Latossolo vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.6, p.2115-2126, 2011.

KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M.; TSUJIGUSHI, B.P.; SILVA, J.V.S.; DIAS, M.M. **Adubação Fosfatada no Sistema Plantio Direto**. Dourados: EMBRAPA, 2014. 4p.

LAURANI, R.A.; RALISCH, R.; TAVARES FILHO, J.; SOARES, D.S.; RIBON, A.A. Distribuição de poros de um Latossolo Vermelho eutroférico na fase de implantação de um sistema de plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.347-354, 2004.

LEITE, J.N.F.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E.; ANDRIOLI, I.; BRAOS, L.B.; Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.11, p.1880-1889, 2016.

LOPES, A.S.; WIETHOLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema plantio direto: bases para manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110 p.

MARQUES, R.; MOTTA, A. C. V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, M.R.; SIRTOLI, A. E.; SERRAT, B. M.; WISNIEWSKI, C.; ALMEIDA, L.; MACHADO, M.A.M.; MARQUES, R.; MOTTA, A.C.V.; KRIEGER, K.I.; OLIVEIRA, A.C.; FERREIRA, F.V. (Eds.). **Manual de diagnóstico da fertilidade e manejo dos solos agrícolas**. 2.ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 81-102.

MELO, G.B.; PEREIRA, M.G.; PERIN, A.; GUARESCHI, R.F.; SOARES, P.F.C. Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e convencional de repolho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.9, p.1511-1519, 2016.

MELO, R.M.; VIEIRA, M.C.; CARNEVALI, T.O.; VIEIRA, W.; TORALES, E.P.; TOLOUEI, S.E.L.; CORREIA, C. Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.42, n.1, p.101-110, 2019.

CASTRO, A.M. **Eficiência de uso de fontes de fósforo em diferentes sistemas de cultivo**. 117p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Atividade e especiação química na solução afetadas pela adição de fósforo em latossolo sob plantio direto em diferentes condições de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.6, p.955-963, 2006.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I.; SILVA, T.R.B.; SILVA, M.G. Lime-phosphate relation and soybean growth in an oxisol from no-tillage system. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v.11, n.1, p.294-298, 2013.

NOLLA, A.; SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Crescimento, morfologia radicular e liberação de compostos orgânicos por plântulas de soja em função da atividade de alumínio na solução do solo de campo natural. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.1. p.97-101, 2007.

NOLLA, A. **Critérios para a calagem no sistema plantio direto**. 169p. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV/DPS, 1999. 399p

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

NÚÑEZ, V.J.E.; SOBRINHO, N.M.B.A.; MAZUR, N. Consequências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre distribuição química e perdas de fósforo de um Argissolo. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 101-109, 2003.

PARTELLI, F.L.; BUSATO, J.G.; VIEIRA, H.D.; VIANA, A.P.; CANELAS, L.P. Qualidade da matéria orgânica e distribuição do fósforo no solo de lavouras orgânicas de café Conilon. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p.2065-2072, 2009.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. **Manual de calagem e adubação para o estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019. 289p.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A.C.V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.2, p.495-505, 2014.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.3, p.911-920, 2008.

PEREIRA NETO, OC.; GUIMARÃES, M.F.; RALISCH, R.; FONSECA, I.C.B.. Análise do tempo de consolidação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11,n.5, p.489-496. 2007.

PEREIRA, M.G.; LOSS, A.; BEUTLER, S.J.; TORRES, J.L.R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p.508-514, 2010.

PIRES, F.R.; SOUZA, C.M.; SOUZA, D.M.; QUEIROZ, G.V.; MIRANDA, J.C.; GALVÃO, J.C.C.; Alteração de atributos químicos do solo e estado nutricional e características agrônômicas de plantas de milho, considerando as modalidades de calagem em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.121-131, 2003.

PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.287-296, 2003.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RODRIGHERO, M.B.; BARTH, G.; CAIRES, E.F. Aplicação Superficial de Calcário com Diferentes Teores de Magnésio e Granulometrias em Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.3, p.1723-1736, 2015.

ROSSATO, O.G.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; BRUNETTO, G.; ADORNA, J.C.; GIROTTO, E.; LORENZI, C.R. Correction of soil acidity in the subsurface of an Oxisol with sandy loam texture under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, V.33, n.3, p.659-667, 2009.

SADIM, A.S.; BÜLL, L.T.; FURIM, A.R.; LIMA, G.S.; GARCIA, J.L.N. Phosphorus availability in oxidic soils treated with lime and silicate applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.4, p.1215-1222, 2014.

SALES, R.P.; PORTUGAL, A.F.; MOREIRA, J.A.A.; KONDO, M.K.; PEGORARO, R.F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.2, p.576-586, 2008.

SANTOS, E.L.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; VIEIRA, M.J.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Chiseling and gypsum application affecting soil physical attributes, root growth and soybean yield. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.50, n.4, p.536-542, 2019.

SANTOS, J.R.; BICUDO, S.J.; NAKAGAWA, J.; ALBUQUERQUE, A.W.; CARDOSO, C.L. Atributos químicos do solo e produtividade do milho afetados por corretivos e manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.323-330, 2006.

SCHLINDWEIN, J.A.; GIANELLO, C. Calibração de métodos de determinação de fósforo em solos cultivados sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.32, p.2037-2049, 2008.

SILVA, T.A.F.; TUCCI, C.A.F.; SANTOS, J.Z.L.; BATISTA, I.M.P.; MIRANDA, J.F.; SOUZA, M.M. Calagem e adubação fosfatada para a produção de mudas de *Swietenia macrophylla*. **Revista Floresta**, Curitiba, v,41, n.3, p.459-470, 2011.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.2, p.675-688, 2008.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. **Adubação com fósforo**. SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E., (Eds.). **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.147-168.

TEIXEIRA, P.C.; MESQUITA, I.L.; MACEDO, S.T.; TEIXEIRA, W.G.; LIMA, W.A.A. Resposta de vetiver à aplicação de calcário e fósforo em três classes de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.2, p.99-105, 2015.

TIRLONI, C.; VITORINO, A.C.T.; NOVELINO, J.O.; TIRLONI, D.; COIMBRA, D.S. Phosphorus availability due to additions of liming and soil bioactivator. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.4, p.977-984, 2009.

TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C.H.; ALOVISI, A.A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.10, p.1467-1476, 2002.

TOMM, G.O.; FERREIRA, P.E.P.; AGUIAR, J.L.P.; CASTRO, A.M.G.; LIMA, S. M. V.; MORI, C. **Panorama atual e indicações para aumento de eficiência da produção de canola no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 27 p.

VERNETTI JUNIOR, F.J.; GOMES, A.S.; SCHUCH, L.O.B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1708-1714, 2009.

VIEIRA, R.C.B.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; ANGHINONI, I.; ERNANI, P.R.; MORAES, R.P. Critérios de calagem e teores críticos de fósforo e potássio em Latossolos sob plantio direto no centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n.1, p.188-198, 2013.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Liming and Ionic speciation of an Oxisol under no-till system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.65, n.2, p.190-203, 2008.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.3, p.487-495, 2007.

ZANDONADI, D.B.; SANTOS, M.P.; MEDICI, L.O.; SILVA, J. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.32, n.1, p.14-20, 2014.