



**INSTITUTO FEDERAL
GOIANO**
Câmpus Rio Verde

***INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE – GO***

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA E GRÃOS

**ESTRUTURAÇÃO DO PERFIL DO SOLO PARA INCREMENTO DE
PRODUTIVIDADE DE SOJA**

Autor: Fernando Almeida Pereira
Orientador: Prof. Dr. Adriano Perin
Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Castoldi

**Rio Verde, GO
Agosto - 2019**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE - GO**

DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA E GRÃOS

**ESTRUTURAÇÃO DO PERFIL DO SOLO PARA INCREMENTO DE
PRODUTIVIDADE DE SOJA**

Autor: Fernando Almeida Pereira
Orientador: Prof. Dr. Adriano Perin
Coorientador: Prof. Dr. Gustavo Castoldi

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em Bioenergia e Grãos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - campus Rio Verde, do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos.

***RIO VERDE, GO
2019***

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

AAL447 ALMEIDA PEREIRA, FERNANDO
e ESTRUTURAÇÃO DO PERFIL DO SOLO PARA INCREMENTO DE
PRODUTIVIDADE DE SOJA. / FERNANDO ALMEIDA
PEREIRA; orientador ADRIANO PERIN; co-orientador
GUSTAVO CASTOLDI. -- Rio Verde, 2019.
40 p.

Dissertação (em Bioenergia e Grãos) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. INTERVENÇÕES MECÂNICAS. 2. CORRETIVOS QUÍMICOS.
3. SISTEMA PLANTIO DIRETO. 4. ESTRUTURAÇÃO FÍSICA DO
SOLO. I. PERIN, ADRIANO, orient. II. CASTOLDI,
GUSTAVO, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- Tese Artigo Científico
 Dissertação Capítulo de Livro
 Monografia – Especialização Livro
 TCC - Graduação Trabalho Apresentado em Evento
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____

Nome Completo do Autor: Fernando Almeida Pereira
Matrícula: 2017202331540077
Título do Trabalho: Estruturação do perfil do solo para incremento de produtividade de soja.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 30/11/2019

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

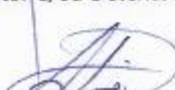
Rio Verde - GO
Local

28/11/2019
Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA E GRÃOS

**ESTRUTURAÇÃO DO PERFIL DO SOLO PARA
INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE DE SOJA**

Autor: Fernando Almeida Pereira
Orientador: Adriano Perin

TITULAÇÃO: Mestre em Bioenergia e Grãos – Área de concentração
Agroenergia.

APROVADA em 30 de agosto de 2019.


Prof.^a Dr.^a June Faria Scherrer Mengzes
Avaliadora externa
UniRV


Prof. Dr. Antônio Joaquim Braga
Pereira Braz
Avaliador externo
UniRV


Prof. Dr. Gustavo Castoldi
Avaliador interno
IF Goiano/ Polo de Inovação


Prof. Dr. Adriano Perin
Presidente da banca
IF Goiano/ Campus Rio Verde

DEDICATÓRIA

A minha amada esposa Edivânia Maria Silva Almeida, companheira em momentos de reflexão e conquistas.

Aos meus filhos Luiz Fernando Silva Pereira e Gabriel Arthur Silva Pereira, presentes de Deus, minhas forças se restabelecem ao ouvir as suas vozes.

Aos meus Pais, Sr. Clóves Lopes Pereira e Sra Almerinda Almeida Pereira, incansáveis na missão de educar, minha hoje e eterna gratidão por todos momentos que se privaram de algo em benefício dos filhos.

Minhas Irmãs Caciana Almeida Pereira e Adriana Almeida Pereira, pelo companheirismo.

Aos meus tios Alcione Lopes Pereira, profissional formado por esta instituição que outrora se denominava Colégio agrícola, sem dúvidas o motivador em minha carreira profissional, e Mário Augusto Crisóstomo de Almeida, que no período de graduação era meu sempre disposto e motivador em me auxiliar no manejo dos meus experimentos.

Aos meus tios e sobrinhos.

Aos meus avós (*in memoriam*)

A vocês dedico.

“Se você pode sonhar, você pode fazer”

Walt Disney

AGRADECIMENTOS

A Deus em sua infinita gratuidade de amor por nós, fonte de paz e alegrias nos proporcionando saúde e força para compreender que nossa passagem nesta vida seja um aprendizado a cada dia a fim de termos uma felicidade ainda maior ao seu lado.

Ao meu amigo e colega engenheiro agrônomo Luiz Henrique Marmo, agricultor que gentilmente contribuiu de forma comprometida em ceder a área e todos equipamentos e insumos para execução do experimento.

Ao orientador, Prof. Dr. Adriano Perin, sempre disposto a atender e motivar, hoje esse projeto é possível em razão de sua dedicação e profissionalismo.

Ao também amigo e Prof. Dr. Antônio Joaquim Braga Pereira Braz, meu orientador na graduação.

Ao também amigo e Prof. Dr. Márcio Peixoto, por ter me indicado ao programa.

Aos Professores (as) do programa de PPGBG, pelo comprometimento, profissionalismo e amor nas suas funções.

Aos colegas e amigos que juntos cursamos o programa de Mestrado.

Aos colegas e amigos Claiton Gomes dos Santos e Matheus Perillo, auxiliares na condução experimental.

Ao grupo TEC AGRO, empresa a qual tenho muito respeito e gratidão pelos até então 18 anos de trabalho, onde a convivência com pessoas fantásticas me conduz a cada dia uma contínua melhoria pessoal e profissional.

BIOGRAFIA

Fernando Almeida Pereira, nascido em 23 de dezembro de 1975, natural de Rio Verde -GO.

Técnico em Agropecuária pela então Escola Agrotécnica Federal de Rio Verde-GO, formado no ano de 1994.

Engenheiro Agrônomo graduado em 12 de dezembro de 1998 pela Escola Superior de Ciências Agrárias de Rio Verde, hoje Faculdade de Agronomia da Universidade de Rio Verde.

Iniciou sua carreira profissional na empresa Zeneca Agrícola também no ano de 1998, atuando na região sul do estado de Goiás e triângulo mineiro. No ano de 2001 teve início em outra empresa, TEC AGRO atuando como assistente técnico nas regiões de Montividiu, Paraúna e Rio Verde, em 2003 na mesma empresa assumiu outra posição, como consultor de vendas a qual permaneceu por 15 anos. Nos dias atuais, atua em uma nova função na mesma empresa, como supervisor comercial do Grupo TEC AGRO na regional de Rio Verde-GO.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 A cultura da soja.....	16
2.2 Perfil químico do solo.....	17
2.3 Uso indevido do solo	18
2.4 Sistema Plantio Direto (SPD) no cultivo da soja	19
2.5 Fertilização do solo.....	20
2.6 Técnicas para correção da acidez e condicionamento do solo	21
2.6.1 Calagem.....	21
2.6.2 Aplicação de gesso agrícola no solo	22
2.7 Adubação com cama de frango	23
2.8 Análise do solo.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Instalação da cultura	26
3.2. Avaliações.....	26
3.3. Análise estatística	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	28
5. CONCLUSÃO	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Tratamentos utilizados em área de cultivo há mais de 25 anos	24
TABELA 2	Rendimento da soja cultivar 74I77 RSF IPRO em diferentes sistemas de preparo do solo. Rio Verde, GO, 2019	27
TABELA 3	Resultados da interação entre sistemas de preparo de solo e profundidade na fertilidade e densidade do solo, por ocasião da implantação da soja (outubro/2017)	29
TABELA 4	Efeitos dos diferentes sistemas de preparo na saturação por bases e na densidade do solo, por ocasião da colheita da soja (fevereiro/2018) na camada de 0-40 cm	31
TABELA 5	Efeitos das diferentes profundidades de amostragem na saturação por bases e na densidade do solo, por ocasião da colheita da soja (fevereiro/2018)	31
TABELA 6	Resultados da interação entre sistemas de preparo de solo e profundidade na fertilidade e densidade do solo, por ocasião da colheita da soja (fevereiro/2018)	32

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Distribuição hídrica média mensal na safra 2017-2018. Acumulado 894 mm, dados coletados na área experimental	28
FIGURA 2	Relatório de ensaio do solo	28
FIGURA 3	Resistência do solo à penetração em diferentes profundidades em função dos sistemas de preparo do solo. Rio Verde, GO, IF Goiano. 2017	30

RESUMO

PEREIRA, Fernando Almeida. **Estruturação do perfil do solo para incremento de produtividade de soja**. 2019. 40p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2019. Orientador: Dr. Adriano Perin.

A soja é a principal oleaginosa produzida no mundo, pelo fato de ser rica em proteínas, torna-se matéria-prima matriz para o processamento de rações para alimentação animal, derivados destinados à alimentação humana direta, e base de inúmeros produtos oriundos da indústria química. E ainda, fonte alternativa para produção de biocombustíveis. Nesse sentido, o projeto tem por objetivos avaliar a produtividade de soja submetida aos diferentes sistemas de preparo do solo associado ao uso de corretivos, como estratégia de estruturação química e física do perfil do solo, e elevar a produtividade para tetos superiores a 5.000 kg ha⁻¹. Foi executado um experimento com histórico de mais de 25 anos de cultivo, que foi considerada uma unidade experimental como sendo a padrão utilizada pelo agricultor e mais quatro unidades experimentais com intervenções mecânicas e adição de corretivos. O experimento foi instalado na Fazenda Rio Verdinho da Barra Grande, 17°48'16"S; 51° 13'54"W, com as seguintes coordenadas geográficas e uma altitude de 810 m, no município de Rio Verde - GO. Os tratamentos foram aplicados em 15/04/2017 consistem de: T1 solo cultivado há 25 anos com adição de 5 Mg ha⁻¹; T2 adição de 5 Mg ha⁻¹ de calcário e incorporação a 38 cm; T3 com 5 Mg ha⁻¹ de calcário incorporado a 38 cm mais escarificação a 45 cm; T4 calagem 5 Mg ha⁻¹ incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de gesso em superfície; T5 com 5 Mg ha⁻¹ de calcário + 3 Mg ha⁻¹ de cama de frango incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de Gesso em superfície e escarificação a 45 cm, cada tratamento com 4 repetições. Em 04/11/2017, foi semeada e cultivada de soja 74I77 RSF IPRO (FOCO), no espaçamento de 50 cm, com distribuição 18 sementes por metro. A colheita da soja foi realizada em 23/02/2018. Foram feitas avaliações físicas (compactação) e químicas do solo na implantação e na colheita da soja. Avaliou-se também os componentes fitotécnicos (número de grãos por planta, altura de planta, número de vagens por planta e número de ramificações) em 10 plantas aleatórias de cada parcela. Na colheita, foi determinada a produtividade de grãos, por meio das informações geradas por sistema de GPS da colhedora John Deere 670. Os diferentes sistemas de preparo do solo, proporcionaram a descompactação e acarretaram o maior acúmulo de nutrientes no perfil do solo. O uso de 5 Mg ha⁻¹ de calcário + 3 Mg ha⁻¹ de cama de frango incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de gesso em superfície e escarificação a 45 cm abrandou o gradiente de saturação por bases no perfil do solo, e conferiu incremento de 634 kg ha⁻¹ de soja no primeiro ano de cultivo, quando comparado ao plantio direto com adição de 5 Mg ha⁻¹ de calcário em superfície.

Palavras-chave: Sistema de plantio direto. Estruturação física do solo. Intervenções mecânicas. Corretivos químicos.

ABSTRACT

PEREIRA, Fernando Almeida. Soil profile structuring for soybean yield increase. 2019. 40p. Dissertation (Postgraduate Program in Bioenergy and Grains). Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology - Rio Verde Campus, Rio Verde, GO, 2019. Advisor: Dr. Adriano Perin.

Soybean is the main oilseed produced in the world, because it is rich in proteins, it becomes a raw material for processing animal feed, which derivatives are for direct human consumption, and basis of numerous products from the chemical industry. And yet, alternative source for biofuel production. In this sense, the project aims to evaluate the soybean productivity submitted to different tillage systems associated with the corrective use, as a strategy of chemical and physical structuring of the soil profile, and to raise the productivity for crops above 5,000 kg ha⁻¹. An experiment with a cultivation history of over 25 years was performed, which it was considered an standard experimental unit used by farmers and four experimental units with mechanical interventions and corrective addition. The experiment was installed at Fazenda Rio Verdinho da Barra Grande, 17°48'16 "S; 51° 13'54 "W, altitude 810 m, in the municipality of Rio Verde - GO. The treatments were applied on 15/04/2017 consist of: T1 soil cultivated 25 years ago with the addition of 5 Mg ha⁻¹; T2 addition of 5 Mg ha⁻¹ limestone and incorporation at 38 cm; T3 with 5 Mg ha⁻¹ of limestone incorporated at 38 cm plus scarification at 45 cm; T4 limestone 5 Mg ha⁻¹ incorporated at 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ Gypsum surface; T5 with 5 Mg ha⁻¹ limestone + 3 Mg ha⁻¹ poultry litter incorporated at 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ Gypsum surface and scarification at 45 cm, each treatment with 4 repetitions. On 04/11/2017, was sown and cultivated soybean 74I77 RSF IPRO (FOCO), spaced 50 cm, with distribution of 18 seeds per meter. The soybean harvest was held on 02/23/2018. Physical (compaction) and chemical evaluations of the soil were made during soybean implantation and harvest. The phytotechnical components (number of grains per plant, plant height, pods per plant and branches numbers) were also evaluated in 10 random plants of each plot. At harvest, grain yield was determined using the information generated by the John Deere 670 harvester GPS system. The different soil tillage systems provided decompression and resulted in the highest nutrient accumulation in the soil profile.

The use of 5 Mg ha⁻¹ limestone + 3 Mg ha⁻¹ of poultry litter incorporated at 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ gypsum surface and scarification at 45 cm slowed the base saturation gradient in the soil profile, and showed an increase of 634 kg ha⁻¹ of soybean in the first year of cultivation, when compared to no-tillage with the addition of 5 Mg ha⁻¹ of limestone on the surface.

Keywords: *No-till system. Physical structure of the soil. Mechanical interventions. Chemical correctives.*

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro se destaca a cada ano mais no cenário mundial, cujo setor contribui significativamente para a economia brasileira, ajudando a suprir as falhas verificadas na produtividade, eficiência e gestão.

A produção de soja brasileira multiplicou quatro vezes nos últimos anos, indo de 26 milhões para 113 milhões de toneladas. As exportações apresentaram crescimento constante, até o país se tornar o maior exportador do grão e a soja ser o principal produto de exportação no Brasil (APROSOJA BRASIL, 2019).

A soja é a principal oleaginosa produzida e consumida no mundo. Sua importância reside no fato de, ao ser rica em proteína, destinada, principalmente, ao consumo animal, por intermédio de rações elaboradas e, ainda, por estar destinada, especialmente, ao consumo humano. Seus grãos são muito utilizados pela indústria química, de alimentos e também como fonte alternativa de biocombustíveis.

O Brasil, em 30 anos produzindo soja (1970-2000), consolidou-se como o segundo maior produtor mundial da oleaginosa. Atualmente, a produção brasileira ocupa o segundo lugar em exportação de farelo e grão de soja no mundo, mas já foi o primeiro exportador mundial de farelo durante vários anos.

Estima-se que o Brasil passará a ser o maior produtor de soja a nível mundial, com 33% de toda produção, logo em seguida vêm os Estados Unidos com 32,85% da produção e, posteriormente, a Argentina com 15,80% da produção. Juntos, estes três países são responsáveis por 81,65% da safra mundial (CONAB, 2018).

A soja tem sido cada vez mais importante no cenário econômico. Nos últimos 22 anos (de 1996 a 2017) o PIB (Produto Interno Bruto) volume do agronegócio cresceu 49,4% (1,84% a.a.). O agronegócio tem sido reconhecido como um vetor crucial do crescimento econômico brasileiro. Em 2016, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio chegou a R\$1,3 trilhão ou 23,6% do PIB brasileiro. Essa participação cresceu bastante nos últimos anos. A soja (grãos) foi o produto com maior Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP) em 2017, R\$127,7 bilhões (CNA BRASIL, 2019).

Em virtude disto, é de extrema importância buscar novas formas de incrementar a produtividade, tanto em quantidade, quanto em qualidade, em especial por ser uma cultura que representa uma potência muito grande para a economia do país.

Diante de todas as constatações mencionadas, o estudo teve por propósito analisar a importância da estruturação do perfil do solo para incrementar a produtividade de soja. Nesse sentido, o projeto tem por objetivos avaliar a produtividade de soja submetida aos diferentes sistemas de preparo do solo associado ao uso de corretivos, como estratégia de estruturação química e física do perfil do solo, e elevar a produtividade para tetos superiores a 5.000 kg ha⁻¹.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da soja

A soja é a mais importante leguminosa cultivada no mundo, além de ser uma das principais fontes de óleo e proteína para a alimentação humana e animal (EMBRAPA, 2011). Seus grãos são muito usados pela indústria química, de alimentos e também como fonte alternativa de biocombustíveis (COSTA NETO; ROSSI, 2000). No contexto mundial e nacional, a soja está inserida economicamente como um dos principais produtos agrícolas. No Brasil, ela é a principal cultura em extensão de área e volume de produção (CONAB, 2016).

O complexo agroindustrial da soja tem expressiva importância socioeconômica para o Brasil, pois movimenta um amplo número de agentes e organizações ligados aos mais diversos setores. Além do que, gera empregos tanto no setor primário quanto o terciário, além de gerar divisas para o Brasil com a exportação do grão e seus derivados (PICCOLI, 2018).

De acordo com informações extraídas do portal da Embrapa (2019), na safra 2018/2019 a produção de soja no mundo foi em torno de 362,075 milhões de toneladas. No Brasil, a produção foi de 114,843 milhões de toneladas.

O cultivo da soja está entre as atividades econômicas que apresentaram crescimentos mais expressivos no agronegócio, tanto no Brasil como no mundo, nas últimas décadas, sendo superadas apenas pelo milho, trigo e arroz (PICCOLI, 2018).

O agronegócio é um conjunto de atividades interdependentes que exerce um papel importantíssimo na economia, tendo em seu centro a agropecuária, que envolve todos os segmentos desde fornecedores de maquinários, proprietários rurais, fornecedores de insumos, até chegar ao consumidor final (PICCOLI, 2018).

No Brasil, grande parte da vegetação nativa do bioma Cerrado foi convertida em áreas de produção agrícola, principalmente nas chapadas, resultando na rápida perda de carbono orgânico devido ao uso inadequado do solo, principalmente quando não se adota manejo correto (CARNEIRO et al., 2013).

Os avanços tecnológicos nas três últimas décadas foram enormes. O uso de tecnologias de ponta como emprego do sistema plantio direto, engenharia genética, máquinas e

implementos agrícolas, associados ao manejo fitossanitário da cultura da soja, foram cruciais para a expansão e modernização da sojicultura (ARAÚJO, 2005).

A busca por meios produtivos mais eficazes faz com que os técnicos e produtores envolvidos no sistema participem ou conduzam pesquisas *in loco*, em áreas comerciais, a fim de melhorar os índices de produtividade, aumentar a eficiência do manejo. Fatores que buscam a sustentabilidade ao longo do tempo, contemplando os três pilares de sustentação de um negócio que são: o econômico, social e ambiental (LOURENÇO, 2014). Fomentos desta natureza contatou-se produtividades na ordem de 8.944,80 kg ha⁻¹ (CESB 2016/2017).

O Centro-Oeste, de modo geral, tem expandido sua fronteira agrícola em áreas de pastagens degradadas, sob as quais a soja tem obtido baixo rendimento em seus primeiros anos de implantação. O cultivo de soja em áreas novas (um a três anos) tem alcançado produtividades médias menores do que em áreas consolidadas, uma vez que a correção de solo ainda não surtiu o efeito desejado. Como o Brasil avançou e continua avançado em áreas novas para o cultivo da soja, é natural que, de certa forma, mantenha a produtividade num patamar estável. À medida que a área de soja vai se consolidando, tanto pelo ajuste do mercado, quanto pela indisponibilidade de novas áreas, é natural que isso impulse a produtividade média do país (CONAB, 2016).

A produtividade da soja é definida pela interação da planta com o ambiente e o manejo. Altos rendimentos somente serão obtidos quando as condições supracitadas forem favoráveis, em todos os estádios de crescimento da cultura. Com isto, estudos sobre o manejo de solos se tornam fundamentais para aprimorar o rendimento desta cultura (GILIOLI et al., 1995).

Neste sentido, tem-se que, para a região do Cerrado são crescentes e importantes os estudos com o manejo do solo, com a intenção de diminuir os impactos ambientais provocados pelas atividades agrícolas (LA SCALA JUNIOR; BOLONHEZI; PEREIRA, 2006).

2.2 Perfil químico do solo

O solo é um material solto e macio encontrado na superfície da crosta terrestre e é muito importante para a vida na Terra. No entanto, o uso dos solos de maneira inadequada pode causar danos ao meio ambiente. Se mal utilizados, perdem progressivamente sua capacidade de produzir alimentos, fibras e energia, necessitando cada vez mais de investimentos em adubos e corretivos a fim de manter produtividades antes obtidas. Com isso, os custos para produzir alimentos tornam-se bem mais elevados, que, em última análise, refletem em aumento dos preços de produtos alimentícios (COELHO et al., 2013).

O mapa de produtividade é tido como ponto de partida para usuários e pesquisadores visualizarem a variabilidade espacial das lavouras, porque materializa a resposta da cultura aos diversos fatores que compõem o ambiente produtivo. Associando-se este mapa aos de fertilidade do solo, é possível investigar interações entre os atributos químicos do solo e o potencial produtivo das áreas, bem como sua relação com sub-regiões das lavouras, de maneira que se possam definir melhores estratégias de manejo do solo e do sistema de produção (KRAMER, 2012).

2.3 Uso indevido do solo

A incorporação de áreas nativas aos sistemas produtivos tem provocado alterações em ecossistemas, especialmente em regiões tropicais e, devido ao uso inadequado do solo, tem resultado na rápida perda do carbono orgânico (CARNEIRO et al., 2013).

O monocultivo e outras práticas inadequadas causam redução da produtividade e degradação do solo, com a diminuição dos teores de matéria orgânica do solo (MOS) e, consequente, redução da fertilidade e aumento da erosão (MARCHÃO et al., 2007; SIQUEIRA NETO et al., 2009; VENDRAME et al., 2010). Os diferentes tipos de manejo e de cultivo do solo alteram as propriedades físicas e podem manifestar-se de várias maneiras, influenciando no crescimento e desenvolvimento das plantas (BERTOL et al., 2001).

No entanto, devido ao longo período de tempo sem revolvimento, essas áreas podem apresentar impedimentos físicos e químicos para o aprofundamento do sistema radicular das culturas (NEIS et al., 2010). O uso inadequado dos solos, principalmente em sistemas intensivos de exploração agrícola, leva à degradação de sua estrutura. Essa condição física alterada do solo pode ocasionar diminuição da produtividade das culturas, em vista da complexidade dos fenômenos que envolvem as relações solo-planta-atmosfera (RODRIGUES, 2001).

O contínuo, e muitas vezes mau uso do solo, pode ocasionar a degradação ambiental e provocar processo de escassez de terras férteis em todo o planeta. O problema da erosão dos solos é discutido em todo o mundo, pois há necessidade de fornecimento de alimentos para uma crescente população. A atividade agrícola sem as técnicas de adequado manejo do solo leva desgaste da camada superficial ocasionando em perdas causadas pela erosão (VELOSO, 2018).

Ações de manejo inadequado do solo, como o Sistema de Plantio Convencional (SPC) mal conduzido, o uso das monoculturas e elevadas temperaturas encontradas nesse bioma levam a diminuição dos estoques de carbono do solo (PEREIRA et al., 2011), afetando a atividade dos microrganismos do solo tendo como resultado a alteração nos processos de decomposição dos

resíduos vegetais e da matéria orgânica do solo (LA SCALA JUNIOR; BOLONHEZI; PEREIRA, 2006).

Em virtude disto, o solo deve ser manejado de forma que possa cumprir com suas atribuições, como ter a capacidade de absorver e disponibilizar água e nutrientes quando as plantas nele estabelecidas necessitem. Por isso, é de fundamental importância que sejam executadas atividades que promovam as condições adequadas para que o solo possa executar com plenitude e com continuidade a sua função (VELOSO, 2018).

As alterações ocorridas na estrutura do solo pelos vários sistemas de manejo existentes resultam em maior ou menor compactação, fato que pode intervir na resistência mecânica à penetração, densidade e porosidade do solo e influencia no crescimento radicular e, como consequência, na produtividade das culturas (FREDDI et al., 2007). O sistema radicular está intimamente ligado às condições físicas do solo (OTTO et al., 2009).

Não é possível medir a qualidade física do solo diretamente, a qual é avaliada por meio dos indicadores de qualidade física do solo, que são: densidade, porosidade, resistência do solo à penetração e conteúdo de água, fatores estes que interferem no desenvolvimento e na produção das culturas. Por meio da utilização e manejo incorreto do solo, é possível reduzir o volume e aumentar a densidade do solo, o que resulta na compactação do solo e compromete os limites críticos desses indicadores de qualidade física do solo para o desenvolvimento e produção de culturas anuais, perenes e pastagem. A resistência do solo à penetração se destaca como indicador de qualidade física do solo que se liga diretamente ao desenvolvimento de plantas (FIDALSKI, 2009). Grande maioria dos trabalhos em solos de cerrado tem adotado a seguinte classificação de resistência à penetração (RP), estabelecida por Arshad et al. (1996, citado por Dalchiavon et al., 2011, p. 9): “a) extremamente baixa: $RP < 0,01$ MPa; b) muito baixa: $0,01 \leq RP < 0,1$ MPa; c) baixa: $0,1 \leq RP < 1,0$ MPa; d) moderada: $1,0 \leq RP < 2,0$ MPa; e) alta: $2,0 \leq RP < 4,0$ MPa; f) muito alta: $4,0 \leq RP < 8,0$ MPa; e g) extremamente alta: $RP > 8,0$ MPa”.

2.4 Sistema Plantio Direto (SPD) no cultivo da soja

As áreas cultivadas com o sistema de plantio convencional (SPC) expõem o solo à ação das intempéries como o vento, a chuva e o sol, deixando-o susceptível à erosão, acarretando em degradação. Por isso, há a necessidade de serem empregadas tecnologias para conceder condições adequadas para diversas culturas. Porém, se o solo for cultivado em SPC sem os

devidos cuidados, em poucos anos haverá degradação e redução da base produtiva (ALVIM, 2007).

No entanto, surge o SPD, no Brasil na década de 1970, primeiramente no sul do país, tendo como propósito o controle da erosão que era causada pela utilização do fogo na transição em áreas agrícolas entre as lavouras de trigo e de soja (MUZILLI, 1985).

O manejo de áreas em plantio direto por vários anos promove acúmulo de matéria orgânica no solo, principalmente em superfície, refletindo em melhoria na agregação do solo, aumento da atividade biológica, maior disponibilidade de nutrientes para as culturas, complexação de elementos tóxicos, além de promover aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) (NEIS et al., 2010).

O SPD apresenta como a principal característica o não revolvimento do solo. Dessa forma, o principal objetivo preconiza a proteção do solo contra a ação de chuvas de alta intensidade, controlando assim a erosão, pois esse sistema possibilita com que os resíduos fiquem presos nas soqueiras das culturas, contribuindo para que a estrutura superficial do solo permaneça consolidada (DISSMEYER & FOSTER, 1981).

O SPD, em função de seu tempo de estabelecimento, pode promover aumento na quantidade de resíduos vegetais adicionados à superfície do solo e, conseqüentemente, modificações nos seus atributos químicos e físicos (GUARESCHI; PEREIRA; PERIN, 2012), formando eventualmente, um gradiente químico no perfil do solo, pois a calagem é realizada em superfície sem que ocorra o revolvimento do solo, o que promove a manutenção de agregados e evita a exposição da matéria orgânica do solo (MOS) (CAIRES et al., 2006). Todavia, as melhorias químicas proporcionadas pelo uso do SPD têm se restringido às camadas superficiais do solo, limitando o desenvolvimento radicular em subsuperfície, e o uso eficiente da água, especialmente em anos com ocorrência de déficit hídrico (NORA, 2014).

A soja é uma das principais culturas que se adaptam do SPD e tem recebido grande destaque no cenário mundial, por ser uma cultura de bom custo benefício e por ser veículo de inovações tecnológicas, razão pela qual é uma cultura altamente estudada (FERREIRA; FREITAS; MOREIRA, 2015).

2.5 Fertilização do solo

O crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja são influenciados por diversos fatores, como a radiação solar, a temperatura, a precipitação pluvial, a fertilidade do solo, pragas, doenças e plantas daninhas (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009).

Estudos de longo prazo revelam que a combinação de fontes orgânicas e inorgânicas de nutrientes geram o aumento da quantidade de solo melhoram a sincronização na disponibilização de nutrientes, favorecendo o aumento da absorção pelas plantas com melhorias na produtividade e na qualidade dos produtos agrícolas (PASSOS; REZENDE; CARVALHO, 2014).

No que diz respeito à fertilidade do solo, esta está relacionada com a capacidade dele em fornecer nutrientes que ajudam as plantas a crescerem e produzirem, alcançando-se também produtividades. A capacidade que o solo apresenta para fornecer nutrientes não tem relação com a saída de nutrientes do solo, mas com a capacidade de retê-los e disponibilizá-los às plantas posteriormente. Neste sentido, são imprescindíveis as estratégias de fertilização, e correção do solo, com enfoque para o cultivo da soja.

Os gastos com fertilizantes compõem a maior parcela dos custos de produção da soja, representando cerca de 25% do custo total ou 36% do custeio da safra (RICHETTI, 2012). Além da elevada participação nos custos, os fertilizantes são fatores de produção com forte influência na produtividade (GITTI; ROSCOE; RIZZATO, 2017).

No entanto, o adequado manejo da fertilidade do solo é condição essencial para o sucesso da cultura da soja. Diagnosticar a capacidade dos solos em fornecer os nutrientes às plantas e planejar as adequadas estratégias de manejo das adubações constituem importantes desafios para a obtenção de altas produtividades e rentabilidades (GITTI; ROSCOE; RIZZATO, 2017).

2.6 Técnicas para correção da acidez e condicionamento do solo

2.6.1 Calagem

Para correção da acidez do solo, normalmente são efetuadas aplicações de calcário, que também é importante fonte de Ca e Mg. A aplicação do calcário em superfície forma uma frente de alcalinização cuja intensidade é dependente da dose e da frequência de reaplicação. De acordo com Bortoluzzi et al. (2014), a incorporação de calcário em solos manejados sob SPD é uma estratégia para proporcionar a melhoria do ambiente subsuperficial. Entretanto, a proposta de ruptura do SPD, mesmo que temporária, tem resistência de ser aceita pelos produtores, devido à desestruturação física do solo, à oxidação biológica da matéria orgânica do solo (MOS) e a exposição temporária do solo aos agentes erosivos. Ainda, a eficiência da estratégia de incorporação de calcário quanto ao aprofundamento do sistema radicular tem sido questionada.

Estudos de longa duração sob SPD demonstraram que cerca de 70% do comprimento de raízes da cevada (CAIRES; FELDHAUS; BLUM, 2001), trigo (CAIRES et al., 2002) e milho (CAIRES et al., 2004), encontraram-se na camada de 0,0-0,20 m, e que 30% se encontraram nas camadas do subsolo (0,20-0,60 m), independentemente da aplicação do corretivo na superfície ou com incorporação (NORA, 2014).

A calagem é fundamental para reduzir a adsorção específica de P nos solos, pois os óxidos de Fe e Al podem assumir carga residual positiva ou negativa em função do pH. Com o aumento do pH devido a calagem, as cargas positivas são neutralizadas, aumentando as cargas residuais das argilas (negativas) (GITTI; ROSCOE; RIZZATO, 2017). Contudo, ao elevar o pH do solo, a calagem também eleva sua atividade microbiana (MIJANGOS et al., 2010), o que, em curto prazo, pode promover a decomposição mais acelerada da MOS (YAO et al., 2009). Em longo prazo, a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) em relação à calagem pode ser diferente, em razão dos efeitos indiretos relacionados com a maior produção de fitomassa por área, atribuídos a melhorias nas condições edáficas e, principalmente, em razão da neutralização do Al^{3+} (HATI et al., 2008).

A menor resposta da soja à calagem, em áreas de SPD, tem sido relacionada ao maior acúmulo de matéria orgânica e de nutrientes na superfície do solo que reduzem a atividade do Al e, conseqüentemente, sua toxicidade, pela formação de complexos Al-orgânicos e pela maior força iônica da solução do solo (CAIRES; FERRARI; MORGANO, 2003).

2.6.2 Aplicação de gesso agrícola no solo

Em SPD, o longo período de tempo sem revolvimento do solo, faz com que as áreas apresentem impedimentos físicos e químicos para o aprofundamento do sistema radicular das culturas. Dessa forma, o revolvimento do solo e a aplicação de gesso agrícola são alternativas para melhoria em profundidade do solo e, conseqüentemente, do ambiente para o crescimento das raízes de plantas. O revolvimento do solo é uma opção para melhoria do ambiente radicular, embora encontre algumas limitações, como a necessidade de agilidade na semeadura, sobretudo em regiões em que se realiza a segunda safra; o alto custo energético e a falta de equipamentos apropriados para realização dessa operação na camada inferior a 20 cm de profundidade (NEIS et al., 2010).

Apesar de alterar pouco o pH do solo, o gesso agrícola pode diminuir a toxidez do Al trocável para as plantas, reduzindo a atividade desse elemento na solução do solo, além de fornecer Ca e S para as plantas em profundidade. Ainda, o íon sulfato do gesso promove o

carreamento de outras bases, como Mg e K das camadas superficiais do solo, para maiores profundidades, já que esse ânion desloca-se com facilidade para as camadas mais profundas do solo, podendo expor as plantas a eventuais deficiências, caso não se utilize o gesso com base em critérios técnicos (NEIS et al., 2010). Por essa razão, o gesso é chamado de “condicionador” do perfil do solo (GITTI; ROSCOE; RIZZATO, 2017).

O gesso agrícola não pode ser considerado um corretivo da acidez do solo. O sulfato de cálcio, na realidade, promove a migração de cátions (Ca, Mg, K) da camada superficial para as camadas mais profundas, pois os ânions sulfatos formam pares iônicos com os cátions permitindo a sua movimentação no solo (GITTI; ROSCOE; RIZZATO, 2017).

O ideal é que o gesso seja aplicado após a calagem, para que haja tempo de reação do calcário e conseqüente o aumento nos teores de cálcio e magnésio na camada superficial, antes que o gesso promova a descida das bases para a camada subsuperficial. O revolvimento de áreas em SPD e o uso de gesso agrícola são práticas observadas entre os produtores na região do sudoeste de Goiás (NEIS et al., 2010).

2.7 Adubação com cama de frango

A utilização de resíduos de animais como fertilizantes é uma alternativa racional e de grande interesse em termos ambientais, econômicos, sociais e agrônômicos. Aplicar resíduos orgânicos no sistema solo favorece a infiltração e a absorção da água, melhorando a capacidade de troca de cátions, resultando em melhores produtividades (HIGASHIKAWA et al., 2010, citado por BLANCO, 2015).

O uso da cama aviária para fazer a adubação orgânica torna possível, simultaneamente, uma maneira adequada de descarte deste resíduo, bem como um meio de adubação que tem o potencial de melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo e, ainda, aumentar o rendimento de culturas como soja, algodão, milho e pastagens (BRATI, 2013).

2.8 Análise do solo

O conhecimento e o monitoramento dos atributos de qualidade dos solos agrícolas são importantes para se evitar a degradação dos mesmos e proporcionar a manutenção da biodiversidade, principalmente no Bioma Cerrado (CARNEIRO et al., 2013).

Lourenço (2014) comenta que o conhecimento da variabilidade das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e das culturas, no espaço e no tempo, é considerado o princípio

básico para o manejo das áreas agrícolas, qualquer que seja a sua escala. Conhecer mais detalhadamente os recursos de solos deve ser cada vez mais intensificado, para atender a programas de adubação, correção, manejo e conservação, poluição ambiental, qualidade do solo, agricultura de precisão, dentre outras.

Os solos de Cerrado, naturalmente, são ácidos, têm baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e alta saturação por alumínio, com destaque para a ordem dos Latossolos, que representam 45% da área total (LOSS, 2011).

A definição de qualidade do solo, proposta por Doran e Parkin (1994) reflete a capacidade do solo em funcionar, dentro dos limites do ecossistema manejado ou natural, como sustento para a produtividade de plantas e animais, de manter ou aumentar a qualidade da água e do ar e promover a saúde humana. Com o intuito de avaliar a qualidade do solo, busca-se obter atributos sensíveis às alterações do solo pelos sistemas de manejo e que possam ser usados como indicadores de qualidade (CARNEIRO et al., 2013).

O primeiro desafio é diagnosticar adequadamente as deficiências ou excessos de nutrientes, o que se faz através de análise de solo e de folhas, avaliações dos balanços de nutrientes (entradas e exportações), sensores para avaliação de cor da folha ou teores de clorofila, ou mesmo diagnose visual de sintomas de deficiência. Uma vez feito o diagnóstico, as estratégias são traçadas, com recomendações para correção da acidez, condicionamento de perfil do solo e adubações corretivas ou de manutenção (GITTI; ROSCOE; RIZZATO, 2017). Essas estratégias serão, evidentemente, diferentes para as áreas de abertura e áreas consolidadas em sistema plantio direto (SPD) (GITTI; ROSCOE; RIZZATO, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Rio Verdinho da Barra Grande, cujas coordenadas foram: 17°48'16''S de latitude; 51°13'54''W de longitude e uma altitude de 810 metros, no município de Rio Verde - GO.

Para a condução do ensaio escolheu-se uma área com a cultura de soja para a produção de grãos com históricos de cultivos há mais de 25 anos e que contempla a real situação da agricultura no cerrado, com solos compactados, argilas de baixa atividade, baixa saturação de bases, porém com grande potencial de produtividade. Os tratamentos utilizados estão disponibilizados na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos utilizados em área de cultivo há mais de 25 anos.

Tratamento	Descrição
T1	solo cultivado há 25 anos adicionados 5 Mg ha ⁻¹ de calcário sem revolvimento
T2	adicionado 5 Mg ha ⁻¹ de calcário e incorporação a 38 cm
T3	com 5 Mg ha ⁻¹ de calcário incorporado a 38 cm mais escarificação a 45 cm
T4	calagem 5 Mg ha ⁻¹ incorporados a 38 cm + 2 Mg ha ⁻¹ de gesso em superfície
T5	com 5 Mg ha ⁻¹ de calcário + 3 Mg ha ⁻¹ de cama de frango incorporados a 38 cm + 2 Mg ha ⁻¹ de gesso em superfície e escarificação a 45 cm

Obs.: calcário dolomítico; cama de frango mistura de serragem + excrementos de 5 lotes.

Estes tratamentos foram aplicados na data de 15 de abril do ano de 2017, e o solo permanece 6 meses em pousio até o início do período chuvoso, assim estando apto a semeadura de soja.

Os equipamentos utilizados foram: Distribuidor a laço de sólidos (Hercules) associado a um trator de 140 Cv, para distribuir calcário, cama de frango e gesso; uma grade aradora de 40 polegadas para incorporar calcário e cama de frango associada ao um trator de 330 Cv, escarificador de 12 hastes para romper camadas compactadas, associado a um trator de 330 Cv.

As amostras das repetições representativas dos cinco (5) sistemas de preparo (tratamentos) foram coletadas em pré-semeadura da cultura da soja da seguinte forma: foram coletadas amostras de solos para análises físicas e químicas no perfil do solo nas camadas de 0-

10,10-20 e 20-40 cm de profundidade. Para coleta de amostras de densidade do solo (DS), foi utilizado o cilindro de diâmetro conhecido, e para amostras de análise de textura e componentes químicos foi utilizado enxadão, baldes para compor amostras compostas, trenas para mensurar as camadas a serem extraídas e por fim sacos plásticos devidamente identificados e envio a laboratório para análises.

Análises de DS foram realizadas pelo laboratório de fitotecnia do IF Goiano - Campus Rio Verde, e as análises de textura e de componentes químicos pela empresa Exata, situado no município de Jataí –GO.

3.1 Instalação da cultura

A cultivar de soja semeada e cultivada foi a 74I77 RSF IPRO (FOCO) de maior potencial produtivo e de ótima germinação e vigor, ambas com 90%, com ciclo de 112 dias. Na qual foi semeada no dia 04/11/2017 com distribuição 18 sementes por metro, considerando um espaçamento nas entrelinhas de 50 cm, semeadora com sistema de ar a vácuo e estande de 324.000 plantas ha⁻¹. Adubação na linha de plantio de 135 kg ha⁻¹ da formulação 07-40-00 na ocasião do plantio, e 150 kg ha⁻¹ de KCL em distribuição a lanço em pré-semeadura. Manejo fitossanitário adotado de forma padrão a todos os tratamentos, de forma que não resultou em nenhuma variável. A colheita das parcelas experimentais foi na data de 23/02/2018.

3.2. Avaliações

Foram feitas avaliações físicas (compactação) e químicas do solo. As demais avaliações foram os componentes de produtividade da cultura da soja. Foi estimando o rendimento de grãos kg ha⁻¹ por ocasião da colheita, em área útil de 1200 m². Para avaliação dos componentes fitotécnicos de produtividade (número de grãos por planta, número de vagens por planta, altura de planta cm, número de hastes por planta), foram colhidas 10 plantas aleatórias de cada parcela, as quais foram quantificados os parâmetros no laboratório de fitotecnia do IF Goiano - Campus Rio Verde. A determinação da produtividade de grãos, foi por meio das informações geradas por sistema de GPS da colhedora John Deere 670 e pesadas em balança rodoviária. As plantas foram colhidas e trilhadas mecanicamente, sendo os valores corrigidos para 13% de umidade de grãos e posteriormente convertidos para kg ha⁻¹.

3.3. Análise estatística

O experimento é composto de 5 tratamentos em que foram utilizadas parcelas em faixas com 20x100 metros, e cada parcela foi subdivida em 4 repetições, em área homogênea. As avaliações de fertilidade compõem um fatorial de 5x3 sendo 5 sistemas de manejo e 3 camadas nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 cm, utilizando-se o delineamento inteiramente ao acaso com teste de homocedasticidade para averiguar a uniformidade das parcelas. Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do software “SISVAR”, adotando-se teste F a 5% de probabilidade. Para as variáveis cujo teste F foi significativo, foram comparadas as médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise estatística revelou efeitos significativos para todas as variáveis relacionadas aos componentes de produtividade da soja (Tabela 2). Os sistemas de preparo do solo referente aos tratamentos 4 e 5, onde foram acrescentados calcário e gesso em ambos, e cama de frango e subsolagem no último tratamento, destacaram-se positivamente dos demais tratamentos, por conferirem maior rendimento de grãos, maior número de hastes do ramo principal e maior número de vagens por planta.

Tabela 2. Rendimento da soja cultivar 74I77 RSF IPRO em diferentes sistemas de preparo do solo. Rio Verde, GO, 2019

Preparo do Solo	Nº grãos planta ⁻¹	Nº vagens planta ⁻¹	Altura planta (cm)	Nº hastes ramo principal/planta	Rendimento (kg ha ⁻¹)
1	136,4 c	55,3 b	58,6 d	3,4 bc	4.682,1 b
2	153,6 c	72,2 a	64,6 c	3,2 c	4.943,0 b
3	140,1 c	61,7 b	68,1 bc	3,4 bc	4.935,4 b
4	174,9 b	71,5 a	70,7 ab	4,2 a	5.236,0 a
5	196,4 a	79,3 a	72,2 a	4,0 a	5.316,0 a
C.V (%)	9,21	9,51	4,38	14,19	4,14

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Preparo do solo: 1- solo cultivado há 25 anos adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário; 2- adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário e incorporação a 38 cm; 3- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário incorporado a 38 cm mais escarificação a 45 cm; 4- calagem 5 Mg ha⁻¹ incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de gesso em superfície; 5- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário + 3 Mg ha⁻¹ de cama de frango incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de Gesso em superfície e escarificação a 45 cm.

Observa-se que maiores produtividades foram obtidas em função dos componentes de produtividade, possivelmente onde houve correção do perfil do solo para melhores condições físicas em profundidade.

Os tratamentos 1, 2 e 3 apresentaram produtividades acima da média do estado de Goiás, 3360 kg ha⁻¹ (IBGE, 2019). Dentre um dos atributos para essa produtividade foi a boa disponibilidade hídrica durante o ciclo da cultura (Figura 1), e o objetivo do projeto é superar a barreira dos 5.000 kg ha⁻¹ de grãos da leguminosa.

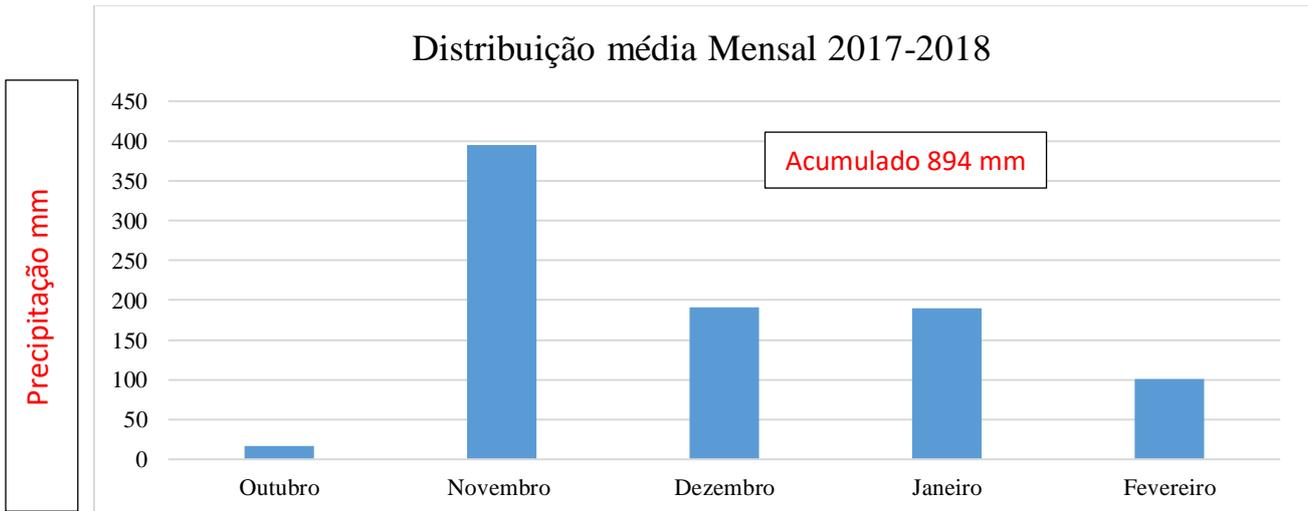


Figura 1. Distribuição hídrica média mensal na safra 2017-2018. Acumulado 894 mm, dados coletados na área experimental.

Na figura 2 tem-se o relatório de ensaio que apresenta as condições verificadas no solo dos macro e micronutrientes, submetido ao experimento.

Cod. Lab.	Descrição Amostra	Talhão	pH			cmolc . dm ⁻³						mg . dm ⁻³ (ppm)			
			SMP	CaCl ₂	H ₂ O	Ca+Mg	Ca	Mg	Al	H + Al	K	K	P(mel)	P(res)	P(rem)
89639	111		6,5	5,5	ns	5,31	4,07	1,24	0,00	3,2	0,44	172	29,0	ns	ns
89640	112		6,6	5,3	ns	5,12	3,94	1,18	0,10	3,0	0,42	163	15,5	ns	ns
89641	113		6,4	5,4	ns	5,10	3,88	1,22	0,10	3,5	0,70	273	19,2	ns	ns
89642	114		6,4	5,3	ns	4,70	3,61	1,09	0,10	3,5	0,42	164	27,9	ns	ns
89643	121		5,9	4,5	ns	1,69	1,32	0,37	0,29	6,0	0,18	71	28,9	ns	ns
89644	122		6,0	4,6	ns	1,70	1,36	0,34	0,23	5,4	0,24	95	15,6	ns	ns
89645	123		5,9	4,4	ns	1,70	1,38	0,32	0,28	5,8	0,23	90	23,4	ns	ns
89646	124		5,9	4,4	ns	1,60	1,28	0,32	0,33	6,1	0,20	79	54,2	ns	ns

Cod. Lab.	Descrição Amostra	Talhão	mg . dm ⁻³ (ppm)		micronutrientes mg . dm ⁻³ (ppm)					Textura (g . dm ⁻³)		
			S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Argila	Silte	Areia
89639	111		9,4	0,13	1,0	51	21,5	6,0	5,1	460	100	440
89640	112		6,9	0,13	1,2	51	17,0	5,6	3,5	ns	ns	ns
89641	113		10,1	0,13	1,0	47	17,3	5,8	5,2	ns	ns	ns
89642	114		8,8	0,12	1,4	52	18,5	6,3	4,2	ns	ns	ns
89643	121		13,0	0,08	1,1	51	11,4	4,4	2,9	ns	ns	ns
89644	122		6,2	0,08	1,1	49	11,4	3,3	2,2	ns	ns	ns
89645	123		12,1	0,09	1,2	49	11,1	4,7	2,8	ns	ns	ns
89646	124		8,2	0,08	1,5	52	11,2	3,8	2,1	ns	ns	ns

Figura 2. Relatório de ensaio do solo.

Fonte: Do autor (2018)

Nas avaliações realizadas na implantação da cultura, notou-se interação entre os diferentes sistemas de preparo do solo e profundidades para saturação por bases e densidade do solo (Tabela 3). Quanto a saturação por bases, todos os tratamentos se comportaram iguais na profundidade 0-10 cm, com decréscimos nas profundidades 10-20 e 20-40 cm, com exceção do

tratamento T5, que se manteve estatisticamente igual nas profundidades 0-10 e 10-20 cm. A capacidade do T5 atenuar o gradiente de saturação por bases nessas duas camadas, provavelmente esteja relacionado a escarificação do solo e adição da cama de frango.

Tabela 3. Resultados da interação entre sistemas de preparo de solo e profundidade na fertilidade e densidade do solo, por ocasião da implantação da soja (outubro/2017)

Preparo de solo	Teor de P (mg dm ⁻³)			P Disponível (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	22,90 aA	30,52 aA	3,07 aB	27,06 aA	40,85 aA	7,99 aB
2	32,47 aA	24,70 aA	3,00 aB	33,01 aA	30,81 aA	7,74 aB
3	29,40 aA	23,70 aA	2,55 aB	29,69 aA	31,89 aA	6,73 aB
4	31,35 aA	23,00 aA	4,27 aB	35,36 aA	26,88 aA	10,59 aB
5	34,65 aA	20,57 aB	4,05 aC	33,90 aA	25,13 aA	9,34 aB
C.V (%)	36,26			37,21		
Preparo de solo	Teor de K (mg dm ⁻³)			K Disponível (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	193,00 aA	83,75 aB	50,50 aB	228,07 aA	112,19 aB	130,97 aB
2	164,25 aA	92,75 aB	57,25 aB	166,06 bA	115,66 aB	147,20 aAB
3	170,00 aA	74,50 aB	52,50 aB	171,32 bA	100,50 aB	138,23 aAB
4	196,00 aA	98,00 aB	52,75 aC	220,15 abA	114,91 aB	129,86 aB
5	197,25 aA	104,25 aB	52,00 aC	192,62 abA	128,71 aB	119,16 aB
C.V (%)	20,21			21,30		
Preparo de solo	Ca acumulado (kg ha ⁻¹)			Ca Disponível (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	984,39 aA	389,40 bB	402,71 bB	984,39 aA	389,40 bB	402,71 Bb
2	998,64 aA	966,51 aA	485,87 aB	998,64 aA	966,51 aA	485,87 Ab
3	1070,86 aA	841,55 abB	492,78 aB	1070,86 aA	841,55 abB	492,78 Ab
4	1092,43 aA	952,20 aB	573,28 aB	1092,43 aA	952,20 aB	573,28 Ab
5	1087,58 aA	955,65 aA	563,91 aB	1087,58 aA	955,65 aA	563,91 Ab
C.V (%)	24,14			24,14		
Preparo de solo	Teor de Mg (cmol _c dm ⁻³)			Mg Disponível (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	1,22 bA	0,74 bB	0,29 aC	184,14 aA	51,04 bB	60,79 aB
2	1,76 aA	0,80 aB	0,31 aC	195,34 aA	150,46 aA	75,59 aB
3	1,78 abA	0,92 bB	0,31 aC	210,37 aA	130,61 aB	76,74 aB
4	1,82 abA	0,95 aB	0,39 aC	221,36 aA	166,43 aA	94,90 aB
5	1,80 abA	1,30 aB	0,30 aC	244,20 aA	185,66 aA	64,87 aB
C.V (%)	23,01			24,09		
Preparo de solo	S acumulado (kg ha ⁻¹)			S Disponível (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	10,41 bB	13,33 aB	81,49 abA	10,41 bB	13,33 aB	81,49 abA
2	80,81 aA	22,08 aB	97,53 aA	80,81 aA	22,08 aB	97,53 Aa
3	61,33 aB	22,27 aC	95,49 aA	61,33 aB	22,27 aC	95,49 Aa
4	79,09 aA	22,22 aB	46,10 bB	79,09 aA	22,22 aB	46,10 Bb
5	62,69 aA	27,75 aB	83,56 aA	62,69 aA	27,75 aB	83,56 Aa
C.V (%)	33,00			33,00		
Preparo de solo	Sat. Bases (%)			Densidade do Solo (g dm ⁻³)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	62,75 aA	24,55 bB	17,65 aB	1,19 bA	1,34 bB	1,29 aAB
2	74,62 aA	55,75 aB	19,35 aC	1,02 aA	1,24 abB	1,28 aB

3	70,72 aA	34,42 bB	17,30 aC	1,01 aA	1,35 bB	1,32 aB
4	72,40 aA	56,77 aB	23,45 aC	1,13 abA	1,17 aA	1,22 aA
5	66,97 aA	52,82 aA	17,17 aC	0,98 aA	1,23 abB	1,15 aB
C.V (%)	20,02			6,89		

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Preparo do solo: 1- solo cultivado há 25 anos adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário; 2- adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário e incorporação a 38 cm; 3- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário incorporado a 38 cm mais escarificação a 45 cm; 4- calagem 5 Mg ha⁻¹ incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de gesso em superfície; 5- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário + 3 Mg ha⁻¹ de cama de frango incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de Gesso em superfície e escarificação a 45 cm.

Para a densidade do solo, respostas mais expressivas aconteceram na profundidade de 0-10 cm, em que os tratamentos com revolvimento do solo conferiram menores valores, quando comparados ao não revolvimento (T1). Esse atributo também foi confirmado na avaliação da resistência do solo à penetração (Figura 3).

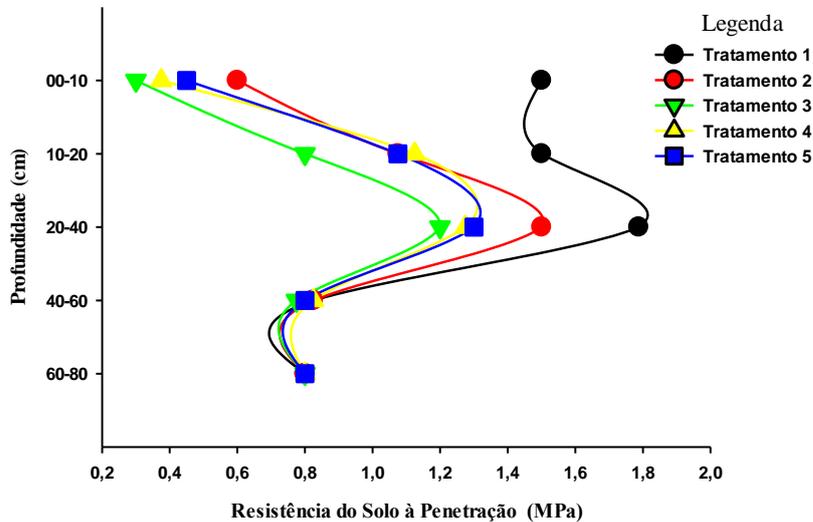


Figura 3. Resistência do solo à penetração em diferentes profundidades em função dos sistemas de preparo do solo. Rio Verde, GO. 2017. Tratamento: 1- solo cultivado há 25 anos adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário; 2- adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário e incorporação a 38 cm; 3- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário incorporado a 38 cm mais escarificação a 45 cm; 4- calagem 5 Mg ha⁻¹ incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de gesso em superfície; 5- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário + 3 Mg ha⁻¹ de cama de frango incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de Gesso em superfície e escarificação a 45 cm.

Nas avaliações realizadas por ocasião da colheita de soja, não houve interação entre densidade do solo e saturação por bases nos diferentes sistemas de preparo do solo e as camadas. Porém, houve efeito isolado dos sistemas de preparo para saturação por bases e densidade do solo (Tabela 4), assim como efeito isolado nas profundidades para esses dois atributos (Tabela 5).

Tabela 4. Efeitos dos diferentes sistemas de preparo na saturação por bases e na densidade do solo, por ocasião da colheita da soja (fevereiro/2018) na camada de 0-40 cm.

Preparo do Solo	Saturação de Bases (%)	Densidade do Solo (g dm ⁻³)
1	43,32 C	1,47 D
2	63,93 A	1,21 C
3	58,02 B	1,08 A
4	67,70 A	1,17 BC
5	67,53 A	1,10 B
C.V (%)	6,99	4,82

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Preparo do solo: 1- solo cultivado há 25 anos adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário; 2- adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário e incorporação a 38 cm; 3- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário incorporado a 38 cm mais escarificação a 45 cm; 4- calagem 5 Mg ha⁻¹ incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de gesso em superfície; 5- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário + 3 Mg ha⁻¹ de cama de frango incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de Gesso em superfície e escarificação a 45 cm.

Tabela 5. Efeitos das diferentes profundidades de amostragem na saturação por bases e na densidade do solo, por ocasião da colheita da soja (fevereiro/2018).

Profundidade	Saturação por Bases (%)	Densidade do Solo (g dm ⁻³)
00 - 10 cm	73,08 A	1,02 A
10 - 20 cm	65,87 B	1,18 B
20 - 40 cm	41,35 C	1,41 C
C.V (%)	6,99	4,82

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Os tratamentos que contemplaram o revolvimento do solo, destacaram-se na maior saturação por bases e menor densidade do solo, quando comparados ao que não houve revolvimento (T1). Esses resultados atestam o incremento de produtividade nos tratamentos, particularmente T4 e T5 (Tabela 4).

No perfil do solo, verificou-se decréscimo significativo da saturação por bases e aumento da densidade do solo (Tabela 5). Um dos limitantes para ultrapassar os rendimentos de grãos acima dos 5.000 kg ha⁻¹ é o fator físico, conforme figura 2, em particular como o tratamento 1.

Segundo Loss et al. (2012) a introdução de braquiária no sistema, permitiu a manutenção de menor densidade nas camadas de 0-20 cm de profundidade. A ausência de espécie de cobertura braquiária no SPD, permitiu maior densidade nas camadas de 0-20 cm, experimento nas mesmas condições edafoclimáticas deste trabalho. Essa premissa se baseia na sustentabilidade da manutenção da boa condição física do solo, associada também a introdução de uma espécie de cobertura.

Para os nutrientes P e Mg, nota-se que seus teores e acúmulos por ocasião dos diferentes sistemas de preparo do solo comportaram igualmente para todos os tratamentos (Tabela 3).

Do mesmo modo, quando se observa o nutriente P por ocasião da colheita da soja (Tabela 6), nota-se que com os tratamentos 1 e 5 houve exportação aproximada de 9,4 kg ha⁻¹ de P, diferentemente dos demais tratamentos na camada de 0-10 cm

Tabela 6. Resultados da interação entre sistemas de preparo de solo e profundidade na fertilidade e densidade do solo, por ocasião da colheita da soja (fevereiro/2018).

Preparo de solo	Teor de P (mg dm ⁻³)			P Residual (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	18,70 cB	41,45 aA	2,87 cC	17,92 cB	51,43 aA	12,73 cB
2	40,10 aA	31,17 abAB	20,92 aB	44,80 aA	39,70 abA	51,35 aA
3	36,85 abA	26,75 bA	6,07 cB	37,36 abA	29,50 bA	13,61 bcB
4	31,30 abA	25,80 bA	11,20 abB	34,22 abcA	29,50 bA	28,61 bcA
5	24,30 bcAB	25,77 bA	12,87 abB	23,15 bcA	29,65 bA	31,06 bA
C.V (%)	28,09			28,38		
Preparo de solo	Teor de K (mg dm ⁻³)			K Residual (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	128,75 aA	75,00 aB	56,00 aB	112,26 a B	92,70 aB	247,90 aA
2	136,50 aA	75,50 aB	55,25 aB	152,70 aA	83,40 aB	136,20 bcA
3	114,50 aA	46,00 aB	41,25 aB	115,70 aA	50,90 aB	92,20 cAB
4	144,00 aA	57,25 aB	64,25 aB	156,40 aA	64,30 aB	163,82 bA
5	113,25 aA	77,00 aAB	57,25 aB	108,30 aAB	88,70aB	138,73 bcA
C.V (%)	26,06			21,90		
Preparo de solo	Teor de Ca (cmol _c dm ⁻³)			Ca Residual (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	3,87 bA	1,33 bB	0,70 aB	924,29 aA	359,40 bB	362,71 aB
2	5,92 aA	3,45 aB	0,88 aC	1198,64 aA	866,51 aA	455,87 aB
3	5,29 aA	2,00 bB	0,83 aB	1070,86 aA	541,55 abB	442,78 aB
4	5,30 aA	3,58 aB	1,11 aC	1202,44 aA	852,20 aB	543,28 aB
5	4,71 abA	3,46 aB	0,81 aC	917,87 aA	855,65 aA	363,91 aB
C.V (%)	24,44			26,94		
Preparo de solo	Teor de Mg (cmol _c dm ⁻³)			Mg Residual (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	1,18 b	0,34 b	0,19 a	171,04 aA	55,07 bB	58,99 aB
2	1,66 a	1,02 a	0,21 a	203,64 aA	156,36 aA	66,49 aB
3	1,58 a	0,59 b	0,21 a	193,27 aA	96,71 abB	67,84 aB
4	1,53 a	1,08 a	0,29 a	211,26 aA	156,23 aA	85,80 aB
5	1,30 a	1,04 a	0,20 a	154,10 aA	155,56 aA	55,67 aB
C.V (%)	19,37			27,39		
Preparo de solo	Teor de S (mg dm ⁻³)			S Residual (kg ha ⁻¹)		
	Profundidade (cm)			Profundidade (cm)		
	0 - 10	10 - 20	20 - 40	0 - 10	10 - 20	20 - 40
1	5,32 aB	7,10 aB	33,30 bA	5,07 aB	8,76 aB	147,95 aA
2	5,65 aB	8,25 cA	18,15 cA	6,37 aB	10,55 aB	44,49 cA
3	5,65 aB	4,47 aB	57,32 aA	5,81 aB	4,94 aB	127,78 aA
4	4,60 aB	5,85 aB	28,37 bcA	5,03 aB	6,62 aB	36,88 cA
5	8,45 aB	10,25 aB	29,77 bcA	7,99 aB	11,82 aB	71,45 bA
C.V (%)	45,76			39,21		

Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Preparo do solo: 1- solo cultivado há 25 anos adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário; 2- adicionado 5 Mg ha⁻¹ de calcário e incorporação a 38 cm; 3- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário incorporado a 38 cm mais escarificação a 45 cm; 4- calagem 5 Mg ha⁻¹

incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de gesso em superfície; 5- com 5 Mg ha⁻¹ de calcário + 3 Mg ha⁻¹ de cama de frango incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de Gesso em superfície e escarificação a 45 cm.

Com aplicação dos tratamentos 2, 3 e 4 houve acúmulo de P (Tabela 6). Houve déficit no Tratamento 1 em função da limitação física, e como o tratamento 5 houve maior exportação explicada pela maior produtividade. Provavelmente o revolvimento do calcário possibilitou maior disponibilidade do nutriente P.

Em relação ao nutriente K, o seu comportamento nas duas épocas de avaliação foi similar, possivelmente em função da sua dinâmica no perfil do solo. Pelos resultados, esse nutriente se manteve neutro na expressão da produtividade da soja.

O comportamento do nutriente Mg, seguiu o mesmo comportamento do nutriente P. A baixa exportação de Mg em todas as camadas, provavelmente a alta concentração Ca (5,5/1) fazendo com que o Ca, devido suas características eletroquímicas, tenha competido com absorção de Mg. O suprimento de Ca e Mg é garantido pelas estratégias de correção e condicionamento do perfil do solo (GITTI; ROSCOE; RIZZATO, 2017).

Ao confrontar com a literatura, observa-se que as concentrações de Ca desse experimento, foi em média 500 kg ha⁻¹ superior aos apresentados por Loss et al. (2012).

Os tratamentos 4 e 5, mantiveram teores de P de forma semelhante em profundidade sem acarretar um gradiente, diferentemente dos tratamentos 1 e 3 (Tabela 6).

O nutriente Mg apresentou um gradiente acentuado no T1, particularmente quando se compara a camada de 0-10 cm com 10-20 cm (Tabela 6), esse fato não ocorreu nos tratamentos que houve revolvimento e incorporação de calcário no solo, ressaltando a importância do revolvimento para a continuação de um perfil.

Para o nutriente S, o fato do revolvimento do tratamento 2, 3, 4 e 5, permitiu a oxidação da matéria orgânica e liberação de S, evidenciado na Tabela 2, por seus maiores teores e acúmulos em relação ao tratamento 1 que não houve revolvimento do solo.

Nos tratamentos 4 e 5 que receberam S adicional com a fonte de gesso, observa-se que os teores e acúmulos são similares aos Tratamentos 2 e 3 (que não receberam), explica-se pela exportação nos grãos decorrente das maiores produtividades (Tabela 1).

Em suma, nota-se que a capacidade nutricional deste solo, é superior aos apresentados por Loss et al. (2012). Vale ressaltar, que o experimento foi realizado na fazenda Vargem Grande, em Montividiu, GO, situação referencial de produtividade para a microrregião. Portanto, acredita-se que o limitante para ultrapassar a barreira dos 4.682 kg ha⁻¹ (T1), seria o rompimento da barreira física as camadas superficiais, de forma que possibilita o crescimento

radicular da planta e assim melhor aproveitamento dos nutrientes estocados, e a sustentação de sistema seria a introdução de uma espécie forrageira.

5. CONCLUSÃO

Os diferentes sistemas de preparo do solo, proporcionaram a descompactação e acarretaram o maior acúmulo de nutrientes no perfil do solo.

O uso de 5 Mg ha⁻¹ de calcário + 3 Mg ha⁻¹ de cama de frango incorporados a 38 cm + 2 Mg ha⁻¹ de gesso em superfície e escarificação a 45 cm abrandou o gradiente de saturação por bases no perfil do solo, e conferiu incremento de 634 kg ha⁻¹ de soja no primeiro ano de cultivo, quando comparado ao plantio direto com adição de 5 Mg ha⁻¹ de calcário em superfície.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, M. I da S. A. Análise da Competitividade da Produção de Soja no Sistema de plantio direto no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista de História Econômica & Economia Regional Aplicada**, Juiz de Fora, v. 2, n. 2, p.109-131, jun. 2007.

APROSOJA BRASIL. **Destino e usos da soja brasileira**. Disponível em: <<https://aprosojabrasil.com.br/a-soja/economia/>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

ARAÚJO, M. J. **Fundamentos de Agronegócios**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, v. 58, p. 555-560, 2001.

BLANCO, I. B. **Adubação da cultura da soja com dejetos de suínos e cama de aviário**. 2015. 49f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura, Cascavel, 2015).

BORTOLUZZI, G.; DI MARIA, E.; CHIARVESIO, M.; TABACCO, R. Exporters moving toward emerging markets: a resource-based approach. **International Marketing Review**, v. 31, n. 5, sep. 2014.

BRATI, F. C. **Uso de cama de aviário como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho**. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

CAIRES, E. F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F. J.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Soybean yield and quality as function of lime and gypsum applications. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 4, p. 370-379, 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-SP, v. 62, n. 2, p. 283-290, 2003.

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

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Lime and gypsum application on the wheat crop. **Scientia Agricola**, v.59, p.357-364, 2002.

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, v.60, p.213-223, 2001.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; PAULINO, H. B.; SALES, L. E. de O.; VILELA, L. A. F. Atributos indicadores de qualidade em solos de cerrado no entorno do Parque Nacional das Emas, Goiás. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1857-1868, nov./dec. 2013.

CESB. Comitê Estratégico da Soja no Brasil. **Case campeão nacional e regional sul 2016/2017**. Disponível em: <<http://www.cesbrasil.org.br/case-campeao-nacional-e-regional-sul-safra-20162017/>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

CNA BRASIL. **Panorama do Agro**. Disponível em: <<https://www.cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acesso em: 23 jul. 2019.

COELHO, M. R. et al. **Solos**: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas. Embrapa Solos, 2013. p. 45-61. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/974201/solos-tipos-suas-funcoes-no-ambiente-como-se-formam-e-sua-relacao-com-o-crescimento-das-plantas>>. Acesso em: 12 jul. 2019).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Análise mensal da soja**. maio 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/.../22986_8d53586a30e1138938f849c71e0044>. Acesso em: 22 jul. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Compêndio de Estudos Conab**. Brasília: Conab, 2016.

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v. 23, n. 4, p. 531-537, 2000.

DALCHIAVON, F.; CARVALHO, M.; NOGUEIRA, D.; ROMANO, D.; ABRANTES, F.; ASSIS, J.; OLIVEIRA, M. PRODUTIVIDADE DA SOJA E RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DO SOLO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO NO CERRADO BRASILEIRO. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 41, n. 1, p. DOI: 10.5216/pat.v41i1.8351, 21 jan. 2011.

DISSMEYER, G. E; FOSTER, G. R. Estimating the cover management factor (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, p. 235-240, 1981.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21.

EMBRAPA. **Soja em números (safra 2018/2019)**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina, 2011. 261p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 15). Exata (2019).

FERREIRA, B. G. C.; FREITAS, M. M. L.; MOREIRA, G. C. Custo operacional efetivo de produção de soja em sistema de plantio direto. **Revista Ipecege**, v. 1, n. 1, p.39-50, 2015.

FIDALSKI, J. **Física do solo**. 2009. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/aso/jonezfidalski/fisicadosolo.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2019.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 627-636, 2007.

GILIOLI, J. L.; TERASAWA, F.; WILLEMANN, W.; ARTIAGA, O. P.; MOURA, E. A. V.; PEREIRA, W. V. **Soja**: série 100. Cristalina: FT Sementes, 1995. (Boletim técnico, 3)

GITTI, D. de C.; ROSCOE, R.; RIZZATO, Lucas de Almeida. **Manejo e fertilidade do solo para a cultura da soja**. 2017. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1B7IigEAaRT4qexUOvKyt04-uldPdPaqv/view>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Deposição de resíduos vegetais, matéria orgânica leve, estoques de carbono e nitrogênio e fósforo remanescente sob diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.909-920, 2012.

HATI, K.M.; SWARUP, A.; MISHRA, B.; MANNA, M.C.; WANJARI, R.H.; MANDAL, K.G.; MISRA, A.K. Impact of long-term application of fertilizer, manure and lime under intensive cropping on physical properties and organic carbon content of an Alfisol. **Geoderma**, v.148, p.173-179, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de soja no estado de Goiás**. Disponível em: <<https://ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 jul. 2019.

KRAMER, L. F. M. **Atributos químicos e físicos de um latossolo sob plantio direto em zonas de manejo com diferentes produtividades.** 2012. 62f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

LA SCALA JUNIOR, N.; BOLONHEZI, D.; PEREIRA, G.T. Short-term soil CO₂ emission after conventional and reduced tillage of a no-till sugar cane area in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 91, p. 244-248, 2006.

LOSS, A. **Dinâmica da matéria orgânica, fertilidade e agregação do solo em áreas sob diferentes sistemas de uso no cerrado goiano.** 2011. 122f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BEUTLER, S. J.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. dos. Densidade e fertilidade do solo sob sistemas de plantio direto e de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 4, p. 260-268, out./dez. 2012.

LOURENÇO, Jonas. **Avaliação da influência do perfil químico do solo na produtividade da soja (*Glycine max*) através de mapas de colheita.** 61f. 2014. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

MARCHAO, R. L. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.6, p. 873-882, 2007.

MIJANGOS, I.; ALBIZU, I.; EPELDE, L.; AMEZAGA, I.; MENDARTE, S.; GARBISU, C. Effects of liming on soil properties and plant performance of temperate mountainous grasslands. **Journal of Environmental Management**, v.91, p.2066-2074, 2010.

MUZILLI, O. **O plantio direto no Brasil.** Atualização em plantio direto. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.3-18.

NEIS, L.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PINTO, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 409-416, 2010.

NORA, D. D. **Melhoria da qualidade química do perfil do solo como estratégia para atenuar os efeitos de déficits hídricos sobre a produtividade das culturas de grãos em sistema plantio direto.** 2014. 116f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

OTTO, R; FRANCO, H. C. J.; FARONI, C.E.; VITTI, A.C.; TRIVELIN, P. C. O. Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p.398-405, 2009.

PASSOS, A. M. A.; REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. R. Cama de frango, esterco de curral e pó de carvão no Estado nutricional da soja. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.10, n.19, p. 422-436, 2014.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em áreas de Cerrado sob plantio direto, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 508-514, 2011.

PICOLLI, E. S. **Importância da soja para o agronegócio: Uma análise sob o enfoque do aumento da produção de agricultores no Município de Santa Cecília do Sul**. 2018. 45f. Monografia (Curso de Administração) - FAT - Faculdade e Escola, Tapejara, RS, 2018.

RICHETTI, A. **Viabilidade econômica da cultura da soja na safra 2012/2013, em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2012. 9 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 177).

RODRIGUES, R. A. F. **Efeitos de tipos de manejos nos seus atributos físicos do solo e nas características fenológicas e produtividades do arroz de terras altas irrigado por aspersão**. 2001. 105f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina: Mecenas, 2009. p.1-27.

SIQUEIRA NETO, M. M. PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

VELOSO, F. R. **Plantas de cobertura para o cerrado mineiro e sistemas de cultivo sobre as características agronômicas da soja**. 2018. 26f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2018.

VENDRAME, P. R. S.; BRITO, O. R.; GUIMARÃES, M. F.; MARTINS, E. S.; BECQUER, T. Fertility and acidity status of Latossolos (Oxisols) under pasture in the Brazilian Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 82, n. 4, p. 1085-1094, 2010.

YAO, H.Y.; BOWMAN, D.; RUFTY, T.; SHI, W. Interactions between N fertilization, grass clipping addition and pH in turf ecosystems: implications for soil enzyme activities and organic matter decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, v.41, p.1425-1432, 2009.