



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PATINAGEM DE UM TRATOR AGRÍCOLA EM DIFERENTES OPERAÇÕES DE
PREPARO DE SOLO**

Matheus Gabriel Alves Ferreira
Orientador: Dr. Túlio de Almeida Machado

MORRINHOS
2025



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS MORRINHOS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MATHEUS GABRIEL ALVES FERREIRA

**PATINAGEM DE UM TRATOR AGRÍCOLA EM DIFERENTES OPERAÇÕES DE
PREPARO DE SOLO**

Trabalho de Curso de Graduação em
Agronomia do Instituto Federal Goiano –
Campus Morrinhos, como parte das exigências
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Dr. Túlio de Almeida Machado

MORRINHOS
2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

F383 Ferreira, Matheus Gabriel Alves
 PATINAGEM DE UM TRATOR AGRÍCOLA EM
 DIFERENTES OPERAÇÕES DE PREPARO DE SOLO /
 Matheus Gabriel Alves Ferreira. Morrinhos 2025.

 27f. il.

 Orientador: Prof. Dr. Túlio de Almeida Machado.
 Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 0422021 -
 [MO.GRAD] Bacharelado em Agronomia - Morrinhos (Campus
 Morrinhos).
 1. Propriedades físicas do solo. 2. Operações mecanizadas;. 3.
 Deslizamento de rodas.. I. 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, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

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

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;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, 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;
- Que 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.

Local

Data

Documento assinado digitalmente

gov.br

MATHEUS GABRIEL ALVES FERREIRA
Data: 09/02/2026 10:24:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Documento assinado digitalmente

gov.br

TULIO DE ALMEIDA MACHADO
Data: 09/02/2026 10:21:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 109/2025 - CCEG-MO/CEG-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos dezenove dias do mês de dezembro de 2025, às 09:30 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Túlio de Almeida Machado (orientador), César Antônio da Silva e Danilo Silva

de Oliveira, para examinar o Trabalho de Curso intitulado *<Patinagem de um trator agrícola em diferentes operações de preparo de solo>* do estudante Matheus Gabriel Alves Ferreira, Matrícula nº 2020104220210040 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos. A palavra foi concedida a estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** da estudante com nota 9,0. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Túlio de Almeida Machado

Orientador

(Assinado Eletronicamente)

César Antônio da Silva

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Danilo Silva de Oliveira

Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Tulio de Almeida Machado**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 19/12/2025 11:43:40.
- **Cesar Antonio da Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 19/12/2025 11:45:22.
- **Danilo Silva de Oliveira**, GERENTE - CD4 - GLEP-MO , em 19/12/2025 11:46:28.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/12/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 774338

Código de Autenticação: f3d23fbf62



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Morrinhos

Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000

(64) 3413-7900

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus, ao meu Pai e à minha Mãe que me apoiaram durante esta caminhada.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois me capacitou, deu forças e me permitiu vencer os momentos difíceis e sempre me fez acreditar que era possível.

Agradeço ao meu Pai e à minha Mãe que me deu forças e me motivaram a prosseguir.

Ao meu professor orientador, Túlio de Almeida Machado por ter me dado uma oportunidade, incentivado na vida acadêmica e ter possibilitado a realização deste trabalho, pelo seu companheirismo e dedicação para a concretização deste TCC.

Agradeço a todos os professores, que compartilharam dos seus conhecimentos tanto acadêmicos quanto pessoais, afins de que seus alunos tornassem pessoas melhores.

Ao Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos que deu suporte necessário para a realização deste trabalho e conclusão do curso.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUÇÃO.....	12
REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Trator utilizado na condução do experimento em área de cultivo do IF Goiano – Campus Morrinhos.....	15
Figura 2. Subsolador com hastes e rolo destorroador Jumbo Matic Jan.....	15
Figura 3. Enxada rotativa Lavrale.....	16
Figura 4. Grade aradora Piccin GAICR.....	16
Figura 5. Arado de Discos Tatu-Marchesan.....	17
Figura 6. Amostra indeformada.....	17
Figura 7. Comportamento da Patinagem dos implementos (Umidade: 10,4%).....	19
Figura 8. Comportamento da Patinagem dos implementos (Umidade: 15,5%).....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) da densidade aparente do solo em função dos tratamentos e da interação entre os fatores.....	21
Tabela 2. Médias dos teores de umidade do solo (Tratamento A), obtidas a partir de amostras coletadas em duas épocas do ano.....	22
Tabela 3. Médias de densidade aparente (g cm^3) para os implementos utilizados.....	23

RESUMO

FERREIRA, Matheus Gabriel Alves. **PATINAGEM DE UM TRATOR AGRÍCOLA EM DIFERENTES OPERAÇÕES DE PREPARO DE SOLO.** ORIENTADOR: Dr. Túlio de Almeida Machado

O desempenho de implementos de preparo de solo pode ser influenciado pelas características físicas do solo. Em diferentes condições de umidade do solo há a mudança de desempenho de algumas de suas propriedades físicas. O objetivo deste trabalho foi quantificar as variáveis relacionadas com a patinagem de um trator operando em solo com quatro implementos diferentes em duas condições de umidade do solo. O trabalho foi conduzido no IF Goiano – Campus Morrinhos. Utilizando um esquema fatorial 2x4 em parcelas subdivididas com quatro repetições. Realizando operações mecanizadas no solo com dois teores de umidade e quatro operações de preparo: gradagem, subsolagem, aração e enxada rotativa. A umidade foi aferida através do método da estufa e o perfil em amostras coletadas na camada de 0-20 cm de profundidade. Anteriormente à passagem dos conjuntos mecanizados foram avaliados atributos de: resistência à penetração, densidade aparente, teor de água. Após a passagem do conjunto mecanizado foram analisados os valores de índice de patinagem e densidade aparente do solo. Os valores encontrados foram analisados através de uma análise de variância e, submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. A influência do teor de água, aliada a parâmetros de textura e propriedades físicas do solo podem modificar as variáveis, onde a tendência é que, implementos com maior profundidade, haja uma maior mobilização do solo e elevação do índice de patinagem

Palavras chaves: propriedades físicas do solo; operações mecanizadas; deslizamento de rodas.

ABSTRACT

FERREIRA, Matheus Gabriel Alves. TRACTOR SLIPPAGE DURING DIFFERENT SOIL PREPARATION OPERATIONS.. ADVISOR: Dr. Túlio de Almeida Machado

The performance of soil preparation implements can be influenced by the physical characteristics of the soil. Under different soil moisture conditions, the performance of some of its physical properties changes. The objective of this work was to quantify the variables related to the slippage of a tractor operating on soil with four different implements under two soil moisture conditions. The work was conducted at IF Goiano – Campus Morrinhos. A 2x4 factorial design in split plots with four replications was used. Mechanized operations were performed on the soil with two moisture contents and four preparation operations: harrowing, subsoiling, plowing, and rotary tilling. Moisture was measured using the oven method, and the profile was determined from samples collected in the 0-20 cm depth layer. Before the passage of the mechanized sets, the following attributes were evaluated: penetration resistance, bulk density, and water content. After the passage of the mechanized set, the slippage index and bulk density values of the soil were analyzed. The values found were analyzed through an analysis of variance and subjected to Tukey's test at a 5% probability level. The influence of water content, combined with soil texture parameters and physical properties, can modify the variables, where the tendency is that, with implements at greater depth, there will be greater soil disturbance and an increase in the slippage index.

Keywords: soil physical properties; mechanized operations; wheel slippage.

INTRODUÇÃO

O solo é considerado recurso natural não renovável na escala de vida humana, sujeito à rápida degradação. Áreas aptas para agricultura são finitas no planeta e sua utilização de maneira inadequada representa riscos à segurança alimentar e a qualidade do ambiente (LAL, 2014).

Os solos do Cerrado revelam-se favoráveis à agricultura devido às suas propriedades físicas (CAVENAGE et al., 1999), sobretudo as relacionadas à textura e estrutura, contudo o intenso uso desses solos tem efeito negativo sobre os atributos físicos e hídricos, resultando em camadas compactadas, redução das taxas de infiltração de água, na aeração e na permeabilidade dos solos (FONTANA et al., 2016). Uma vez que, a estrutura ideal do solo é aquela que possibilita maior área de contato raiz-solo, suficiente espaço poroso para o movimento de água e gases, pouca resistência do solo à penetração das raízes evidencia-se a necessidade de sistemas de manejo conservacionistas, visando menor impacto ambiental e que promovam a sustentabilidade agrícola neste bioma (AULER et al., 2014).

Alguns sistemas de manejo de solo possuem o objetivo de proporcionar condições ideais para o desenvolvimento das culturas implantadas. Porém, a ausência de técnicas conservacionistas, geralmente associadas às condições favoráveis para o preparo do solo, e o uso de agentes externos de carga (máquinas, gado etc.) cada vez mais intenso alteram a estrutura do solo, causando-lhe maior ou menor compactação (DEBIASI et al., 2010).

A estrutura do solo apresenta diretamente os principais impactos das ações do homem, pois degradações químicas, físicas ou biológicas, afetam a matéria orgânica e a estruturação dos agregados do solo (RALISCH et al. 2017). Portanto, atributos físicos do solo, tais como: resistência à penetração, densidade, teor de água e mobilização são amplamente estudados e importantes no meio agrícola.

De acordo com Cordeiro (2000), a avaliação direta do desempenho de tratores em condições de campo é obtida através da instrumentação e monitoramento dos tratores, permitindo a determinação de fatores diretamente relacionados com a eficiência de trabalho do trator. O autor realizou um estudo do desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento e concluiu que estes fatores alteraram significativamente a conversão energética, a patinagem e a força de tração.

O índice de patinagem e o consumo de combustível são parâmetros que demonstram a eficiência operacional dos tratores. Segundo os fabricantes de máquinas e pesquisadores a patinagem dos rodados proporcionam ganhos econômicos e baixo consumo de combustível no intervalo entre 7% e 12%, sendo que altos índices de patinagem também provocam o desgaste acelerado das garras da banda de rodagem (JANULEVICIUS et al., 2018).

Neste trabalho se objetivou quantificar as variáveis relacionadas com a patinagem de um trator operando em solo com quatro implementos diferentes em duas condições de umidade do solo.

REFERENCIAL TEÓRICO

O sistema de preparo convencional (SPC) é caracterizado pela composição de uma aração com arado de disco, chamada de preparo primário, e duas gradagens chamadas de preparo secundário, visando maior mobilização e desagregação do solo (FURLANI et al., 2004).

O preparo primário consiste em operações mais profundas que visam o revolvimento do solo, incorporando ou não restos de culturas, com objetivo de fornecer condições adequadas de aeração, umidificação, homogeneização da fertilidade e de combate a plantas invasoras e pragas. Já o preparo secundário do solo representa as operações superficiais, visando o nivelamento do terreno, o destorroamento, a incorporação de herbicidas e eliminação de plantas daninhas (CARVALHO FILHO et al., 2008).

O objetivo do SPC é fornecer boas condições para o plantio e emergência da cultura, reduzindo inicialmente espécies de plantas daninhas que podem inibir a germinação e o crescimento da cultura comercial, podendo acarretar em baixa produtividade (ALVARENGA et al., 2002).

Segundo Melo et al. (2013), o SPC se caracteriza por promover alta degradação na estrutura do solo devido à redução de sua cobertura. Outro fator observado é o provável aumento da compactação do solo, que pode surgir devido à intensificação das atividades de preparação, prejudicando o crescimento da raiz e consequentemente a produtividade de grãos.

Para avaliar pneus agrícolas radiais e diagonais a campo, com base em análise de tração, Neujahr & Schlosser (2001) utilizaram tratores equipados com instrumentação para obtenção de dados. Esse experimento de tração foi desenvolvido em solo de várzea

utilizado no cultivo do arroz irrigado por inundação, durante o período em que se realiza o preparo de verão. Foi comparado o desempenho de dois tipos de pneus, radial e diagonal, em condições de superfície de solo firme e sob preparo convencional e em duas velocidades de deslocamento.

Para os mesmos autores, os resultados permitiram concluir que os pneus radiais apresentaram menor resistência ao rolamento, principalmente em velocidades maiores, menores índices de patinagem quando comparados aos pneus diagonais submetidos à mesma força de tração, menor consumo de combustível quando submetidos a forças de tração maiores que 20 kN, maior coeficiente dinâmico de tração e melhor desempenho em tração dentro dos limites de alta eficiência, ou seja, entre 5 e 20% de patinagem.

A patinagem dos rodados do trator agrícola é a denominação recebida pelo movimento relativo entre a superfície de contato do rodado com o solo, e este movimento é determinante para que ocorra tração. (GAMERO et al., 1996). A patinagem está relacionada com características do trator como o esforço de tração necessário para movimentar implementos, e a superfície de suporte, que está em contato com a banda de rodagem dos pneus. (HERZOG et al., 2002). Portanto, para que seja realizada a mensuração dessa patinagem podem ser utilizadas equações encontradas na literatura ou instrumentação eletrônica.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, localizado no município de Morrinhos/GO, obtendo as coordenadas geográficas de 17°49'10.83'' de latitude Sul, 49°12'13.46'' de longitude oeste e altitude de 901 metros. Seu clima é classificado como tropical com estação seca no inverno (Aw) (CARDOSO et al. 2014). O experimento foi instalado em área com solo predominante do tipo Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 2018).

A operação na área de trabalho foi tratada como “pista”. Cada pista foi disposta, em blocos ao acaso, os tratamentos foram definidos pelas operações e pelo teor de água do solo no momento. O experimento foi realizado no delineamento em blocos ao acaso, utilizando um esquema fatorial 2x4 em parcelas subdivididas com quatro repetições, sendo quatro tratamentos primários de operações de preparo do solo e duas condições de umidade do solo, totalizando 32 unidades experimentais, onde cada uma possuía 15 m², sendo 5,0 m de comprimento por 3,0 m de largura

Os ensaios foram realizados em quatro faixas de solo, denominadas pistas, com 400 m de comprimento e 2,5 m de largura cada, totalizando 1.000 m². Para realizar o preparo do solo em faixas, foi utilizado um trator John Deere TDA, Modelo 6125E, com potência de 125 cv, operando com a mesma marcha e rotação para todos implementos avaliados, subsolador, grade aradora, arado de disco e enxada rotativa. (Figura 1).

Figura 1 - Trator utilizado na condução do experimento em área de cultivo do IF Goiano – Campus Morrinhos.



Fonte: Autor (2025)

Subsolador, modelo AST 5/5, de arrasto, marca Jumbo Matic Jan, com rolo destorroador, equipado com cinco hastes espaçadas de 40 cm, largura de corte de 160 cm e massa de 390 kg (Figura 2).

Figura 2 - Subsolador com hastes e rolo destorroador Jumbo Matic Jan.



Fonte: Autor (2025)

Enxada rotativa, marca Lavrale, montada, equipada com seis flanges, apresentando quatro lâminas tipo veloz por flange, operando a 172 rpm, com a placa de impacto abaixada, largura de corte de 90 cm e massa total de 220 kg; (Figura 3).

Figura 3 - Enxada rotativa Lavrale



Fonte: Autor (2025)

Grade Aradora Intermediária Piccin GAICR com 16 discos recortados, espaçamento de 270 mm, largura de corte aproximadamente 200 cm massa de 2010 kg , (Figura 4).

Figura 4 - Grade aradora Piccin GAICR



Fonte: Autor (2025)

Arado de discos fixos, montado, modelo AF 4, marca Tatu-Marchesan, equipado com três discos de 66 cm (26”) de diâmetro, espaçados de 57 cm, largura de corte de 123 cm e massa de 492 kg (Figura 5).

Figura 5 - Arado de Discos Tatu-Marchesan



Fonte: Autor (2025)

O arado de discos, subsolador e a grade foram regulados para cortarem o solo a uma profundidade média de 20 cm, e a enxada rotativa, regulada para a obtenção máxima de profundidade de corte,

A umidade do solo foi medida antes das operações, com amostras indeformadas coletadas a 20 cm de profundidade em dois momentos do ano: uma época seca (10,4% , dia 20 de abril de 2023) e outra umidade (15,5%, dia 18 de setembro de 2023), conforme (Figura 6).

Figura 6 - Amostra indeformada



Fonte: Autor (2025)

A densidade aparente do solo foi determinada antes e depois das passagens dos implementos, com médias de 1,54 g/cm³ na seca e 1,65 g/cm³ na época úmida. Todos os implementos foram aferidos para trabalharem na faixa de 00-20 cm de profundidade do solo com uma marcha do trator e rotação de seu motor, que a velocidade esteja dentro da recomendada.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Os dados foram analisados empregando-se o programa ASSISTAT, versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

A patinagem foi determinada com os conjuntos mecanizados percorrendo 50 m. Foram mensurados, através de um cronômetro digital, os tempos com carga e sem carga. O tempo sem carga foi mensurado sem o implemento estar em operação no solo, já o tempo com carga foi obtido com o implemento trabalhando no solo. A patinagem nos tratamentos foi realizada através da Equação 1.

$$P_{\%} = \left(\frac{T_c - T_s}{T_s} \right) 100 \quad (1)$$

Em que,

P%: Patinagem do conjunto mecanizado (%);

Tc: Tempo mensurado com carga (segundos);

Ts: Tempo mensurado sem carga (segundos).

Os valores de patinagem obtidos por meio da (Equação 1) foram utilizados para a elaboração de cartas de controle, considerando as diferentes condições de umidade do solo avaliado. Essas cartas permitiram a análise do comportamento da patinagem do conjunto mecanizado, possibilitando a identificação de variações em relação aos limites considerados adequados para a operação agrícola.

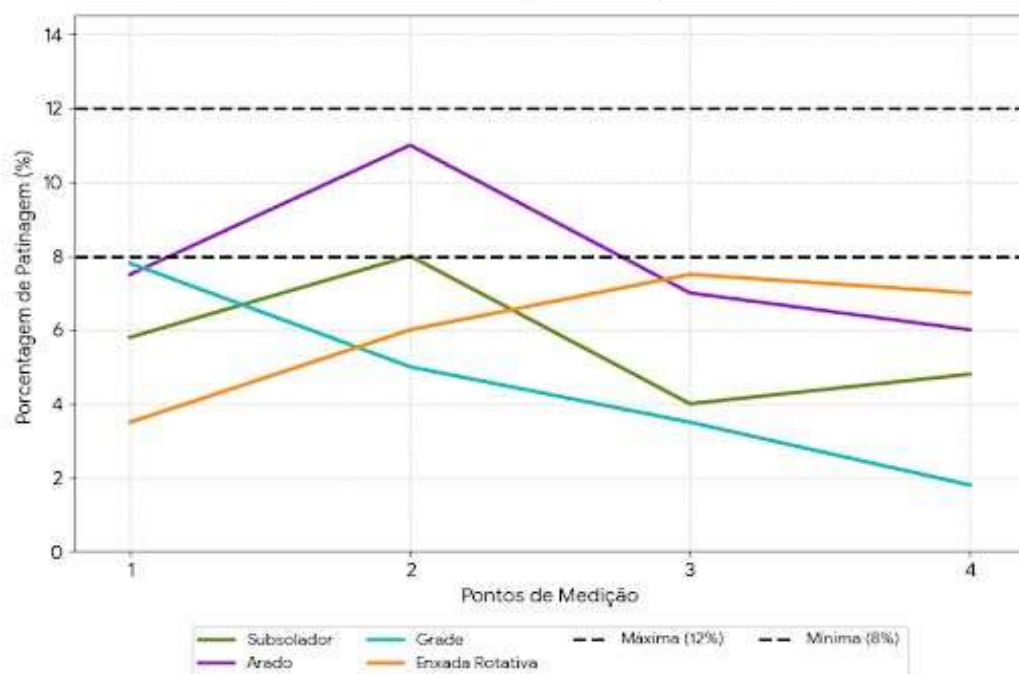
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mensuração da patinagem do trator com os respectivos implementos foi medida de forma manual. O método automatizado usa sistemas embarcados de hardware e software, tendo custos e complexidade maiores. Conforme Corrêa et al.

(1999) os resultados de patinagem obtidos por diferentes métodos de determinação não devem ser comparados.

O método manual calcula a patinagem pela diferença de tempo ou rotações dos rodados com e sem carga; é mais acessível, com menor custo e precisão aceitável, sendo o mais popular entre os produtores. Para a patinagem, foram confeccionadas cartas de controle (Figuras 7 e 8) para as diferentes umidades com limites superiores (LSC) e inferiores (LIC) de controle baseados no intervalo ideal de patinagem adotado para os pneus diagonais (8% a 12%).

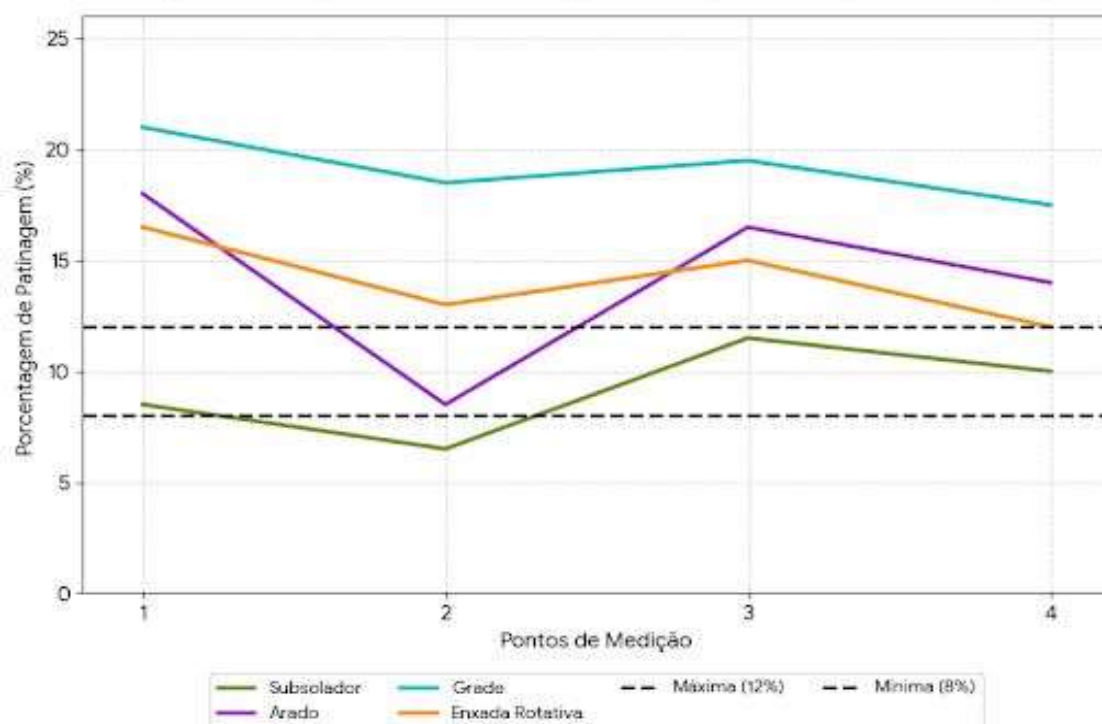
Figura 7 - Comportamento da Patinagem dos implementos (Umidade: 10,4%)



Na Figura 7 quando o solo possuiu um menor teor de água, verificou-se que a patinagem obteve, em sua maioria, observações com valores abaixo do LIC, visto que, nesta situação, a tendência dos solos argilosos é de se moldarem menos à pressão dos rodados sobre eles. Este comportamento ocorreu, pois, a redução da quantidade de água no solo resultou em um aumento das forças de adesão entre as suas partículas. Concordando com Monteiro et al. (2011) que diz que as condições de superfície do solo podem alterar significativamente o esforço tratorio, pois a tração está diretamente relacionada à patinagem do trator.

Dentre os implementos, verificou-se que a grade manteve seus valores, em sua maioria, abaixo dos demais e que o arado foi o implemento mais próximo de trabalhar dentro do intervalo recomendado. Estes comportamentos são explicados pela baixa profundidade utilizada neste estudo (00-20 cm), onde a tração do trator foi menos exigida nas diferentes operações.

Figura 8 - Comportamento da Patinagem dos implementos (Umidade: 15,5%)



Já na Figura 8, o comportamento da patinagem com os implementos em carga quando a umidade estava com o teor de 15,5% apresentou um comportamento diferente de quando estava seco.

Quando o solo esteve mais úmido, os valores da patinagem aumentaram, visto que o solo se moldava mais em relação à superfície do pneu e, portanto, mais suscetível a este comportamento. O subsolador foi o implemento que mais se adequou à patinagem ideal para um pneu diagonal, pois a maioria das suas observações estava entre 8% e 12%. Nesta condição, os valores de patinagem da grade e da enxada rotativa se mostraram superiores ao máximo recomendado para pneus diagonais (12%). Portanto, quanto maior o teor de água do solo, mais estes implementos aumentaram a sua patinagem.

Os dados experimentais de densidade aparente do solo foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste F, com o objetivo de avaliar os efeitos do fator A (tratamentos-a, referentes às parcelas), do fator B (tratamentos-b, referentes às subparcelas) e da interação entre esses fatores sobre a variável resposta.

Tabela 1. Análise de variância (ANOVA) da densidade aparente do solo em função dos tratamentos e da interação entre os fatores.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamento A (Ta)	1	0.05727	0.05727	6.2983 *
Resíduo A	8	0.07274	0.00909	—
Parcelas	9	0.13000	—	—
Tratamento B (Tb)	4	0.10399	0.02600	3.5802 *
Interação Ta × Tb	4	0.05812	0.01453	2.0011 ns
Resíduo B	32	0.23237	0.00726	—
Total	49	0.52449	—	—

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$) * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$) ns não significativo ($p \geq .05$)

Os resultados evidenciaram efeito significativo do fator A, conforme indicado pelo valor de $F = 6,2983$, demonstrando que os tratamentos aplicados às parcelas influenciaram significativamente a variável analisada.

Da mesma forma, o fator B apresentou efeito significativo ($F = 3,5802$), indicando que os níveis dos tratamentos nas subparcelas promoveram variações estatisticamente relevantes na resposta avaliada. Em contraste, a interação entre os fatores A e B não foi significativa ($F = 2,0011$), o que sugere que os efeitos dos tratamentos ocorreram de maneira independente, sem influência conjunta sobre a variável em estudo.

Dessa forma, a análise estatística confirma que os fatores avaliados exerceram influência individual significativa sobre a variável resposta, ressaltando a adequação do delineamento experimental adotado para a discriminação dos efeitos dos tratamentos.

Os resultados confirmam que os fatores A e B influenciaram significativamente a variável resposta de forma independente, não sendo observado efeito significativo da interação entre eles, fornecendo suporte estatístico consistente para a interpretação dos efeitos observados. Esse comportamento está em consonância com Silveira et al. (2005), que destacam que a versatilidade do trator agrícola o torna uma importante fonte

de informações que, quando bem obtidas, analisadas e interpretadas, podem subsidiar o gerenciamento operacional da propriedade rural.

Anteriormente a passagem dos implementos, foram verificados os valores de umidade do solo. A Tabela 2 apresenta as médias dos teores de umidades ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey

Tabela 2. Médias dos teores de umidade do solo (Tratamento A), obtidas a partir de amostras coletadas em duas épocas do ano.

Umidade	Ta
(10,4%)	1.54 b
15,5%)	1.61 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$)

A Tabela 2 apresenta as médias dos teores de umidade do solo referente ao tratamento A, obtidas a partir de amostras indeformadas coletadas na camada de 0–20 cm de profundidade, em dois momentos distintos do ano. Observou-se diferença estatística significativa entre as épocas avaliadas, caracterizando uma condição de menor teor de água no período seco (10,4%, abril de 2023) e maior teor no período úmido (15,5%, setembro de 2023). Essa variação evidencia a influência direta da sazonalidade climática sobre o conteúdo hídrico do solo, especialmente em regiões de clima tropical com estação seca bem definida.

De acordo com Reichardt e Timm (2012), a umidade do solo apresenta elevada variabilidade temporal, sendo fortemente condicionada pela distribuição das chuvas, evapotranspiração e características físicas do solo, como textura e estrutura. Em complemento, Klein (2014) destaca que a camada superficial do solo, até 20 cm de profundidade, responde de forma mais rápida às alterações climáticas, o que justifica as diferenças observadas entre os períodos avaliados. Essas variações no teor de água são particularmente relevantes em estudos de mecanização agrícola, uma vez que a umidade do solo interfere diretamente no comportamento mecânico do solo, na eficiência das operações e na resposta de atributos físicos como densidade aparente e resistência à penetração. A Tabela 3 apresenta as médias de densidade aparente do solo dos implementos avaliados

Tabela 3. Médias de densidade aparente (g cm³) para os implementos utilizados

Implementos	Densidade (g cm ³)
Testemunha	1,59 ab
Subsolador	1.57 ab
Grade Aradora	1.53 b
Arado de discos	1,54 b
Enxada Rotativa	1,65 ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e da mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3, não foi constatada diferença estatística significativa entre a testemunha e os implementos avaliados quanto à densidade aparente do solo, uma vez que médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Embora os menores valores tenham sido observados para o arado de discos e a grade aradora, esses resultados indicam apenas uma tendência de redução da densidade, sem distinção estatística em relação à condição sem preparo. Esse comportamento sugere que, nas condições avaliadas, a atuação dos implementos não foi suficiente para promover alterações estruturais permanentes na densidade do solo.

A redução pontual da densidade aparente observada para alguns implementos pode ser atribuída à fragmentação superficial dos agregados promovida pelo preparo mecânico. Conforme descrito por Balastreire (1990), o solo apresenta resistência tanto à compressão volumétrica quanto à deformação linear de seus corpos estruturais, sendo essa resistência dependente do teor de umidade e do grau de compactação. Assim, para um mesmo teor de água, variações na intensidade de mobilização e no tipo de ferramenta podem resultar em diferenças nos valores de densidade, ainda que essas alterações sejam temporárias e não estatisticamente significativas logo após a operação.

Além disso, a literatura destaca que a umidade do solo exerce papel fundamental na resposta física ao tráfego e ao preparo mecanizado. Segundo Klein (2014) e Silva et al. (2011), solos com maior teor de água tendem a apresentar maior suscetibilidade à compactação, sobretudo quando submetidos a cargas mecânicas repetitivas. Complementarmente, Santana (2024) ressalta que o aumento da densidade do solo aliado à alta umidade reduz a capacidade operacional do trator, uma vez que o solo se torna mais resistente à ruptura, exigindo maior esforço de tração e, consequentemente,

elevando os índices de patinação. Esses aspectos reforçam a importância da escolha adequada do momento operacional e do tipo de implemento, visando preservar a qualidade física do solo e otimizar o desempenho mecanizado.

CONCLUSÃO

A densidade aparente apresentou variação em função da umidade do solo, enquanto os diferentes implementos promoveram apenas tendências de alteração, sem diferença estatística em relação à testemunha. Em solos com maior teor de água, observou-se tendência de elevação da densidade aparente, especialmente para implementos com maior área de contato com o solo, evidenciando a importância do manejo adequado para evitar a compactação do solo.

A patinação variou em função do implemento utilizado e da umidade do solo, apresentando maiores índices em condições mais úmidas e em operações com maior exigência de tração, destacando-se o arado de discos em solo seco e o subsolador em solo úmido. Assim, a escolha adequada do implemento e do momento de operação é essencial para a eficiência operacional e a conservação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; NOVOTNY, E. H. *Preparo do solo convencional*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Embrapa Milho e Sorgo: Cultivo do milho).Disponívelem:<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/487001/1/Com40.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2025.

AULER, A. C.; MIARA, S.; PIRES, L. F.; FONSECA, A. F. D.; BARTH, G. Soil physico-hydrical properties resulting from the management in integrated production systems. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 45, p. 976–989, 2014.

BALASTREIRE, L. A. *Máquinas agrícolas*. São Paulo: Manole, 1990. 307 p.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. *Acta Geográfica*, Boa Vista, v. 8, n. 16, p. 40–55, 2014.

CARVALHO FILHO, A. et al. Mobilização de um Latossolo Vermelho Acriférico em função de sistemas de preparo do solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 1–7, 2008.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. L. M.; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 997–1003, 1999.

CORDEIRO, M. A. L. *Desempenho de um trator agrícola em função do pneu, da lastragem e da velocidade de deslocamento*. 2000. 153 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; YANAI, K.; LOPES, A. *Técnicas de determinação da patinagem das rodas motrizes de tratores agrícolas*. Campinas: UNICAMP/IAC, 1999. 20 p. (Boletim Técnico, 179).

DEBIASI, H.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; CONTE, O.; KAMIMURA, K. M. Produtividade de soja e milho após coberturas de inverno e descompactação mecânica do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 45, n. 6, p. 603–612, 2010.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.; BALIEIRO, F. C.; MOURA, T. P. A.; MENEZES, A. R.; SANTANA, C. I. Características e atributos de Latossolos sob diferentes usos na região oeste do estado da Bahia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1457–1465, 2016.

FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; LEVIEN, R.; LOPES, A.; SILVA, R. P. Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 388–395, 2004.

GAMERO, C. A.; LANÇAS, K. P. Ensaio e certificação das máquinas de mobilização periódica do solo. In: LANÇAS, K. P. (org.). *Máquinas agrícolas: ensaio e certificação*. Piracicaba: CNPq-PADCT/TIB-FEALQ, 1996. p. 463–514.

HERZOG, R. L. S.; LEVIEN, R.; BEUTLER, J. F.; TREIN, C. R. Patinagem das rodas do trator em função da profundidade do sulcador e doses de resíduos sobre o solo na semeadura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. *Anais...* Salvador: UFB, 2002. CD-ROM.

JANULEVICIUS, A.; DAMANAUSKAS, V.; PUPINIS, G. Effect of variations in front wheels driving lead on performance of a farm tractor with mechanical front-wheel-drive. *Journal of Terramechanics*, v. 77, p. 23–30, 2018.

KLEIN, V. A. *Física do solo*. Passo Fundo: UPF Editora, 2014.

LAL, R. Soil conservation and ecosystem services. *International Soil and Water Conservation Research*, v. 2, n. 3, p. 36–47, 2014.

MELO, R. S. S.; SILVA, A. S.; SILVA, I. F.; SOUZA, M. A.; SILVA NETO, L. F. Sistemas de culturas com milho sob semeadura direta na região Nordeste do Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1535–1541, 2013.

MONTEIRO, L. A.; LANÇAS, K. P.; GUERRA, S. P. S. Desempenho de um trator agrícola equipado com pneus radiais e diagonais com três níveis de lastros líquidos. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, p. 551–560, 2011.

NEUJAHR, E. B.; SCHLOSSER, J. F. Comportamento de pneus agrícolas radiais e diagonais em relação à tração. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 180–189, 2001.

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; SCOPEL, E.; BALBINO, L. C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 381–384, 2008.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. *Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. 2. ed. Barueri: Manole, 2012.

SANTANA, B. L. S. *Patinagem de um trator agrícola em operações de aração*. 2024. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unaí, 2024. Disponível em: <https://site.ufvjm.edu.br/ica/files/2019/02/Bruna.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2025.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 2016.

SILVA, R. B.; LANÇAS, K. P.; MIRANDA, E. E. V. Compactação do solo e desenvolvimento radicular das culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 365–373, 2011.

SILVEIRA, G. M. et al. Sistema de aquisição automática de dados para o gerenciamento de operações mecanizadas. *Bragantia*, Campinas, v. 64, n. 2, p. 305–310, 2005.