

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Vinícius Henrique Mendonça Abreu

**INFLUÊNCIA DA ESCARIFICAÇÃO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DA
CULTURA DA SOJA (*Glycine max*)**

BAMBUÍ- MG

2024

VINÍCIUS HENRIQUE MENDONÇA ABREU

**INFLUÊNCIA DA ESCARIFICAÇÃO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DA
CULTURA DA SOJA (*Glycine max*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Diogo Santos Campos

BAMBUÍ- MG

2024

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

A162i Abreu, Vinícius Henrique Mendonça.
Influência da escarificação do solo na produtividade da cultura da soja
(Glycine max). / Vinícius Henrique Mendonça Abreu. – 2024.
25 f.; il.: color.

Orientador: Diogo Santos Campos.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2024.

1. Resistência à penetração do solo. 2. Agricultura de precisão. 3. Soja.
I. Campos, Diogo Santos. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 633.34



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Engenharia e Computação
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

VINÍCIUS HENRIQUE MENDONÇA ABREU

INFLUÊNCIA DA ESCARIFICAÇÃO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA
(GLYCINE MAX)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus Bambuí* como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Diogo Santos Campos

Aprovado em 21/08/2024

Prof. Dr. Diogo Santos Campos (Orientador IFMG *Campus Bambuí*)

Prof. Dr. Fábio Pereira Dias (IFMG *Campus Bambuí*)

Prof. Dr. Vladimir Antônio Silva (IFMG *Campus Bambuí*)

BAMBUÍ- MG
2024

Bambuí, 05 de setembro de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Diogo Santos Campos, Professor**, em 05/09/2024, às 14:34, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Vladimir Antonio Silva, Professor**, em 06/09/2024, às 11:26, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Fabio Pereira Dias, Professor**, em 06/09/2024, às 15:28, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2029507** e o código CRC **DEA6496F**.

23209.005453/2022-13

2029507v1

RESUMO

Este estudo investigou a influência da escarificação do solo na produtividade da soja. Para isso, foram comparadas duas áreas sob cultivo de soja: uma submetida à escarificação e outra sem o tratamento. A hipótese central era que a descompactação superficial do solo, promovida pela escarificação, aumentaria a produtividade da soja. Por meio de medições de resistência à penetração do solo e análises de produtividade, foram gerados mapas de resistência à penetração e de produtividade. Apesar da escarificação ter reduzido a compactação nas camadas superficiais do solo, não houve diferença significativa na produtividade entre as áreas. A escarificação do solo, embora tenha reduzido a resistência à penetração do solo nas camadas superficiais, não resultou em incremento de produtividade, indicando que a aplicação dessa prática deve ser avaliada de forma criteriosa. O uso do penetrômetro mostrou-se como uma ferramenta eficaz na mensuração da resistência à penetração do solo, sendo uma ferramenta que pode ser usada na tomada de decisão para o uso de implementos específicos para desagregação de camadas adensadas/compactadas na subsuperfície do solo.

Palavras-chave: Resistência à penetração do solo; Agricultura de Precisão.

ABSTRACT

This study investigated the influence of soil scarification on soybean productivity. For this, two areas under soybean cultivation were compared: one subjected to scarification and the other without treatment. The central hypothesis was that the superficial decompaction of the soil, promoted by scarification, would increase soybean productivity. Through soil penetration resistance depth and productivity analyses, penetration resistance and productivity maps were generated. Although scarification reduced compaction in the surface layers of the soil, there was no significant difference in productivity between areas. Soil scarification, although it reduced resistance to soil penetration into the surface layers, did not result in an increase in productivity, although the application of this practice must be carefully evaluated. The use of the penetrometer proved to be an effective tool in measuring the resistance to soil penetration, being a tool that can be used in decision making for the use of specific implements for disaggregating densified/compacted layers in the subsurface of the soil.

Keywords: Resistance to soil penetration. Precision Agriculture.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVOS.....	9
2.1	Objetivo Geral	9
2.2	Objetivos Específicos.....	9
3	MATERIAis E MÉTODOS.....	9
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
5	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Olfe (2016), nos últimos 40 anos, a Agricultura no Brasil teve um aumento de produtividade e produções significativas, fazendo com que o país saísse do posto de importador de alimentos para um dos maiores exportadores do mundo. Como indicativo desses índices, tem-se que, entre os anos de 1975 e 2017, a produção de grãos, que era de 38 milhões de toneladas, cresceu mais de seis vezes, atingindo 236 milhões de toneladas, equivalente a um aumento de 510%, enquanto a área plantada apenas dobrou (IBGE, 2020).

Para 2030, estima-se que a produção de grãos seja superior a 318 milhões de toneladas. Projeções feitas para o mesmo ano, indicam aumento substancial no consumo de água, energia e alimentos. Esses crescimentos foram ocasionados pelo cenário futuro, estimado em expansão da população, aumento da longevidade e também melhorias nas condições de vida da população, a nível mundial. Ante ao panorama previsto, a agricultura atuará, visando maior produtividade, qualidade e intensificação da sustentabilidade dos sistemas de produção (EMBRAPA, 2018). Aspirando o aumento da produtividade, tem-se diversas técnicas que podem ser implementadas, dentre elas a Agricultura de Precisão.

O cultivo de soja estabelece-se como uma das bases fundamentais do setor agrícola do Brasil, que se destaca como líder entre os produtores e exportadores mundiais desse insumo. Conforme informações divulgadas, a produção brasileira de soja atingiu a marca de 154 milhões de toneladas, na safra de 2022/2023 (CONAB, 2023). Tal resultado expressivo é um reflexo direto do progresso tecnológico e da eficácia das técnicas de cultivo adotadas no território nacional, evidenciando o papel vital que a soja desempenha no contexto do agronegócio brasileiro.

A compactação do solo é um dos diversos problemas que os produtores enfrentam em seus cultivos. Para Richart *et al.* (2005), algumas atividades favorecem a compactação do solo, tais como o impacto da gota de chuva, operações para o preparo do solo, tráfego de máquinas agrícolas, dentre outros. Ainda de acordo com o mesmo autor, algumas características do solo também influenciam, incluindo textura, umidade, matéria orgânica, porosidade, densidade e estrutura.

Na cultura da soja, assim como em qualquer outra cultura, a compactação do solo influencia negativamente em alguns pontos. De acordo com Debiasi *et al.* (2021), a compactação do solo restringe o crescimento radicular, afetando a absorção de água e nutrientes e também dificulta a drenagem da água, limitando a disponibilidade de oxigênio para a planta, fatores esses que afetam, consideravelmente, o seu desenvolvimento. Assim

como a soja, o feijão é uma planta leguminosa e, de acordo com Collares (2005), foi observado que a compactação do solo prejudica o crescimento das raízes do feijoeiro, dificultando assim a absorção de água e nutrientes. Essa restrição de recursos afeta o desenvolvimento da parte aérea da planta, resultando em menor área foliar, reduzindo assim a fotossíntese, que é prejudicial à produção da cultura. De acordo com Beutler *et al.* (2004), solo com resistência a penetração acima de 2070 kPa reduz a produtividade da cultura do arroz, já pensando em matéria seca da planta, valores acima de 2300 kPa, restringem a produtividade da matéria seca da parte aérea da planta.

O mapa de produtividade na agricultura é uma ferramenta essencial para otimização das práticas agrícolas, permitindo a análise espacial e a tomada de decisões informadas sobre o uso da terra. De acordo com Santos (2023), esses mapas utilizam dados geoespaciais para identificar áreas com diferentes níveis de produtividade, possibilitando que os agricultores possam adaptar suas técnicas e insumos às condições específicas de cada região, promovendo assim a eficiência e a sustentabilidade das atividades agrícolas.

A Agricultura de Precisão (AP) (também denominada "Precision Farming", "Precision Agriculture" e "Site Specific Crop Management") foi definida em 2012, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), como sendo “um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente.” (BRASIL, 2013). Um dos instrumentos utilizados na AP com o receptor GNSS, é o penetrômetro, ele é utilizado para medir a resistência do solo à penetração e, indiretamente, medir a compactação do solo.

Com o uso do penetrômetro, é possível inferir sobre um possível adensamento/compactação do solo, que pode ser fundamentais na tomada de decisão para realização de atividades para a descompactação do solo, com o uso de subsoladores, por exemplo. Nessas operações são necessários gastos elevados, devido ao alto consumo de combustível, em decorrência da elevada necessidade de potência dos tratores agrícolas.

O presente trabalho estudou a interferência da compactação do solo na produtividade da soja.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar, por meio do uso do penetrômetro, a ação da compactação do solo sobre a produtividade da cultura da soja.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar a influência do escarificador na descompactação do solo e produtividade na cultura da soja;
- Analisar a produção da cultura da soja, em duas diferentes áreas, com e sem uso de escarificação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área de aproximadamente 109 hectares, na Fazenda Santo Estevan II, no município de Medeiros, na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais. Foram utilizadas duas áreas de pivôs centrais, que permaneceram inativos em todo o ciclo da cultura, fazendo com que estas fossem conduzidas sem irrigação, em regime de sequeiro. Para identificação e diferenciação das áreas, a área onde se encontra o pivô mais ao sul foi denominada de Pivô 1 (aproximadamente 55 hectares) e a área mais ao norte, denominada de Pivô 2 (aproximadamente 54 hectares), como ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Identificação das áreas experimentais.



Fonte: do autor (2024).

Os Pivôs 1 e 2 utilizam o sistema de plantio direto e, desde o ano de 2021, vem sendo conduzido da mesma maneira nas operações agrícolas, tais como semeadura, cultivar e demais tratamentos culturais. Em agosto de 2023, o Pivô 2 foi submetido a uma escarificação, com uso de um subsolador Inroda Lince, tracionado por um trator Valtra T230 em área total, na profundidade de 25 cm, com objetivo de descompactar a camada superficial do solo. A Figura 2 ilustra o conjunto motomecanizado usado no processo de escarificação. O Pivô 1 não foi submetido ao processo de escarificação.

Figura 2: Conjunto utilizado no processo de escarificação.



Fonte: do autor (2024).

Foi implantada a cultura da soja com a finalidade de produzir grãos. A semeadura iniciou-se no dia 06 de outubro de 2023 e finalizada no dia 11 de outubro de 2023, com a

utilização da semente HO Pirapó IPRO. O espaçamento usado foi de 60 cm entre linhas, com população de 300.000 plantas no hectare. A dosagem de fertilizante utilizada foi de 150 kg/ha, do fertilizante Phusion (Formulação NPK 10-50-0). Nos dois talhões, foram feitos os mesmos manejos durante todo o ciclo.

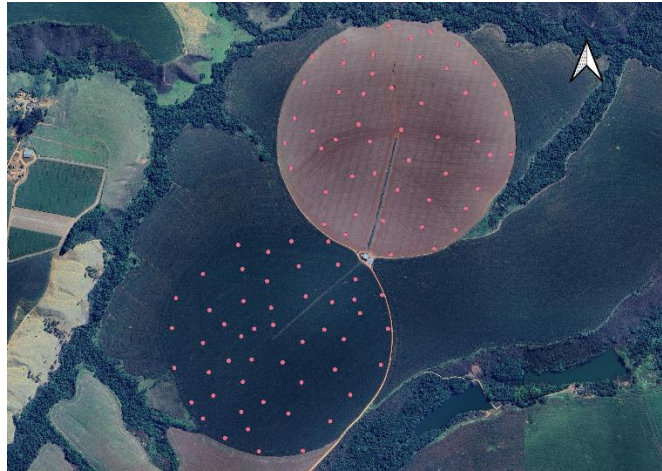
A resistência à penetração (RP) indica a força necessária para penetrar o solo com um penetrômetro. Solos com alta resistência à penetração, geralmente argilosos ou compactados, dificultam o crescimento das raízes da soja. Para medição de resistência à penetração do solo, foi utilizado o PenetroLOG 1020, da marca Falker (Figuras 3). Foram delimitados 50 pontos aleatórios em cada área (Figura 4), para retirada das amostras. Esses pontos foram transferidos para um receptor GNSS de navegação (GARMIN), para que fosse possível navegar até o ponto central das amostras georreferenciadas. As amostras foram retiradas antes do plantio. Os valores de cada ponto amostral foram obtidos com a média de três medições de resistência à penetração do solo, na profundidade de 0-60 cm, em torno do ponto até um raio de aproximadamente 5 metros. As medições foram feitas no mesmo dia, portanto, o solo de ambas as áreas apresentavam condições semelhantes, próximas à capacidade de campo, como recomendado na literatura, para realização das medições. Os resultados foram obtidos na unidade kPa (kilopascal) e posteriormente transferidos para o computador, para determinação da resistência à penetração do solo de cada ponto amostral. Esses valores foram usados na geração de mapas de compactação do solo, com uso de técnicas de interpolação com uso do QGIS.

Figura 3: Penetrômetro utilizado para medições.



Fonte: do autor (2024).

Figura 4: Localização dos Pontos na área.



Fonte: do autor (2024).

Foram gerados mapas de RP a cada 5 centímetros de profundidade, com uso do método de interpolação Inverso da Distância ao quadrado (IDW). Esse método de interpolação é simples e eficiente, pois dá mais peso aos vizinhos mais próximos.

Para avaliação da produção de grãos, foi utilizado o mapa de produtividade, gerado pela própria colhedora. Esses dados foram acessados, utilizando o software denominado Climate FieldView e transferidos para um computador. Para efeito de comparação, esses mapas foram normalizados pela média entre os dois pivôs, que é um método simples e eficiente, capaz de converter um valor de uma unidade (ex: kg/ha) em um número relativo, dado pelo percentual da média. Esses dados foram divididos em três classes, sendo: baixo (abaixo de 80% da média), média (entre 80% e 120%) e alta (acima de 120%).

A análise exploratória dos dados foi feita por meio de uma análise descritiva dos dados. Para cada intervalo de 5 cm, foram feitas análises de correlação entre os valores de produtividade e os valores de RP, em cada área.

De posse dos mapas de produção e compactação, foi possível verificar a correlação entre essas variáveis e, assim, observar a influência em que a compactação do solo gera na produtividade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

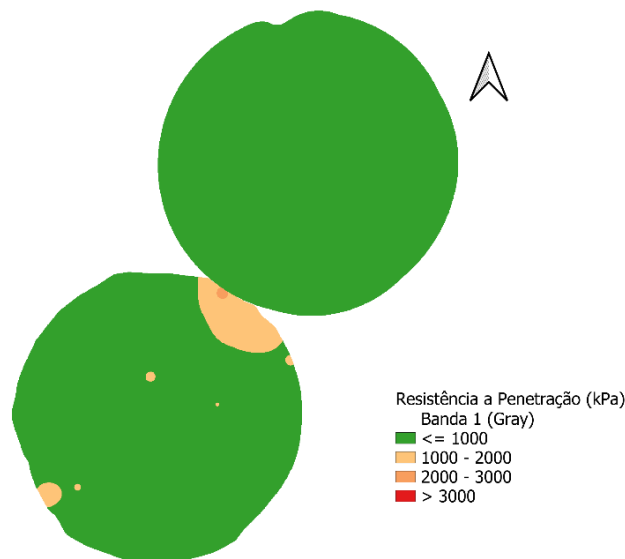
Os dados indicam que a camada de maior RP se situou entre 20 e 25 cm, no Pivô 1, diferentemente da outra área, na qual essa camada de maior RP foi encontrada em uma profundidade maior, entre 35 e 40 cm. Essa diferença deve-se à profundidade atingida pela

escarificação, que foi exatamente até os 25 cm, descompactando superficialmente o solo no Pivô 2 até essa profundidade.

Pensando em valores máximos de resistência à penetração, foi constatado que, no Pivô 1, o maior resultado registrado de Resistência à penetração foi de 4363 kPa, na profundidade entre 15 e 20 centímetros, entretanto, no Pivô 2, o maior resultado foi de 3297 kPa, na profundidade de 25 a 30 centímetros. Em valores mínimos, o resultado nos dois pivôs foi na profundidade de 0 a 5 centímetros, profundidade essa que contém restos culturais, maior teor de matéria orgânica e solo solto, justificando assim tais valores.

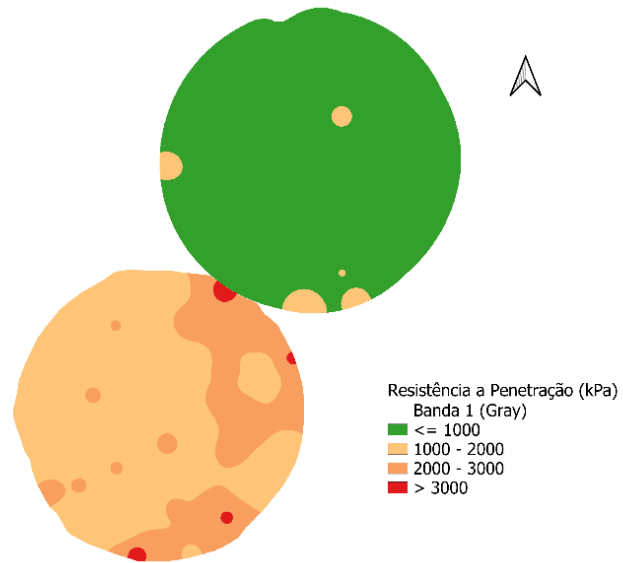
A escarificação realizada para mobilização superficial do solo, no Pivô 2, resultou em menores valores de resistência à penetração do solo até a profundidade de 25 cm quando comparadas ao Pivô 1 (Figuras 5 a 8). Na profundidade entre 25 cm e 30 cm (Figura 9), o solo não foi mobilizado pelo implemento, mas, observando a Figura 9, visualmente sugere-se que a ação do escarificador produziu efeito de redução nos valores de RP.

Figura 5: Mapa de Resistência à Penetração 5 a 10 cm.



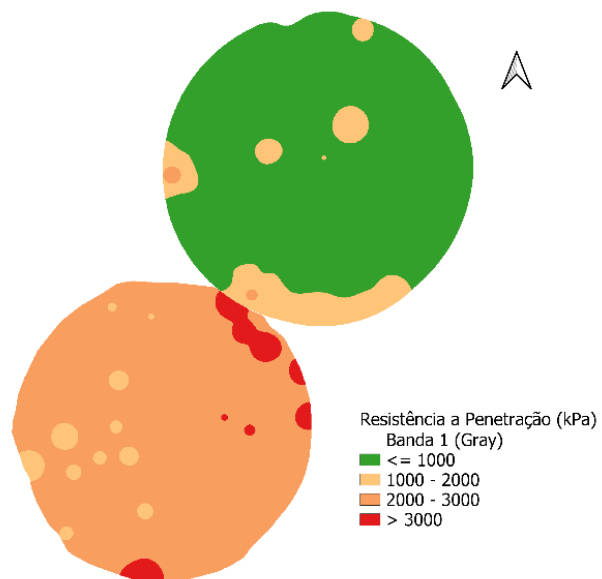
Fonte: do autor (2024).

Figura 6: Mapa de Resistência à Penetração 10 a 15 cm.



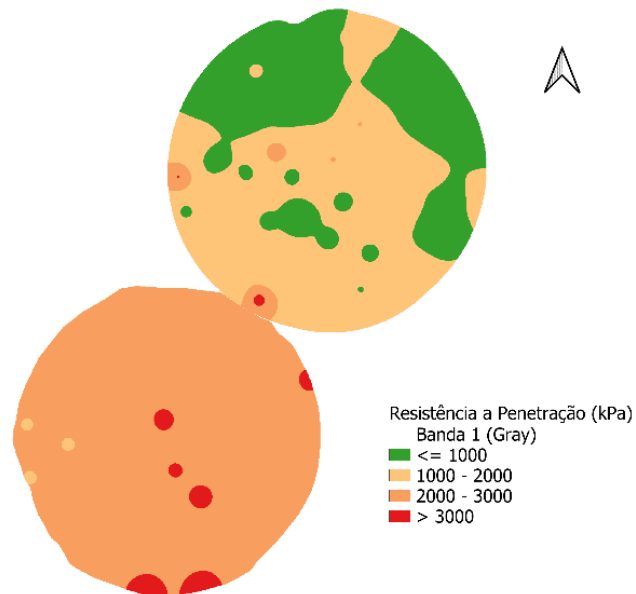
Fonte: do autor (2024).

Figura 7: Mapa de Resistência à Penetração 15 a 20 cm.



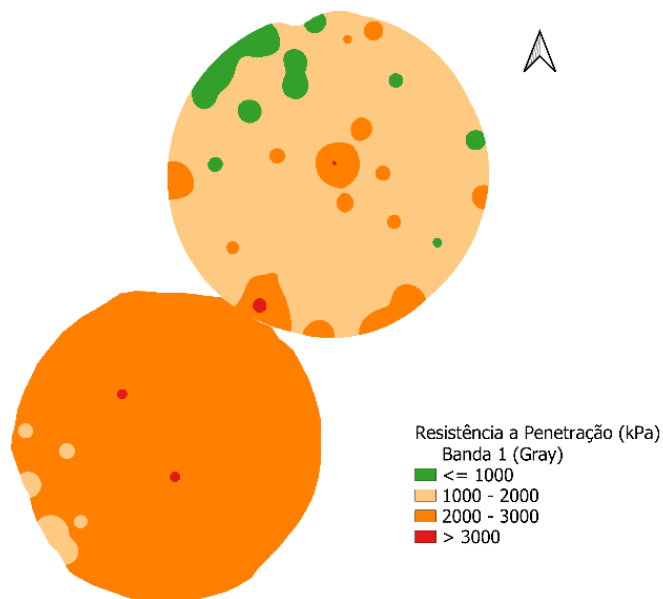
Fonte: do autor (2024).

Figura 8: Mapa de Resistência à Penetração 20 a 25 cm.



Fonte: do autor (2024).

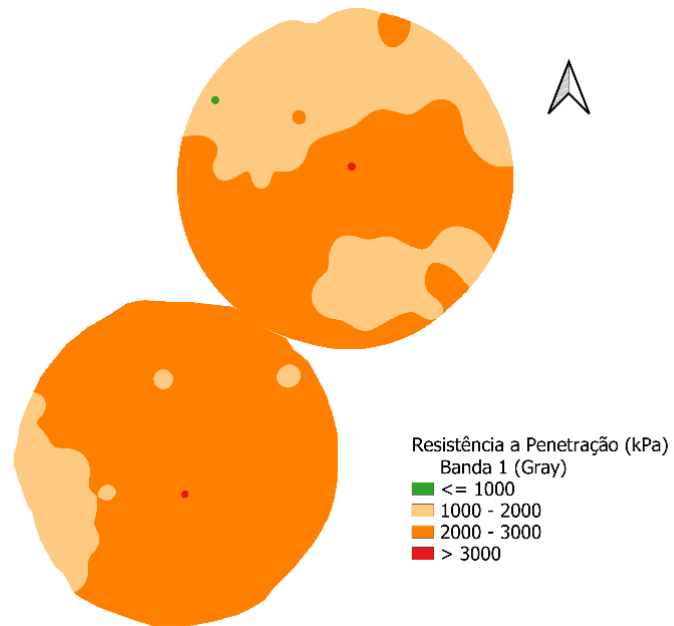
Figura 9: Mapa de Resistência à Penetração 25 a 30 cm.



Fonte: do autor (2024).

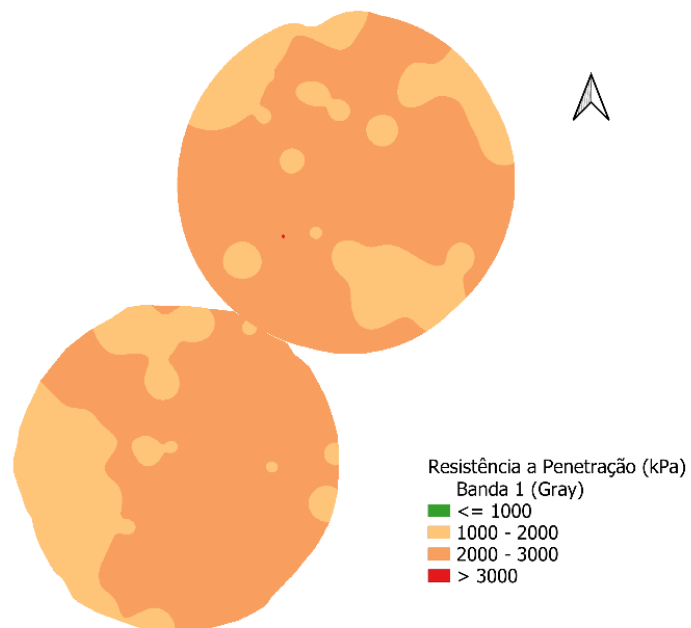
A partir da profundidade de 30 até 60 cm (Figuras 10 a 15), é possível observar bastante semelhança nos valores de RP nas duas áreas estudadas. Essas semelhanças demonstram que a regulagem do implemento condiz com o esperado, observando que ele atingiu a profundidade esperada.

Figura 10: Mapa de Resistência à Penetração 30 a 35 cm.



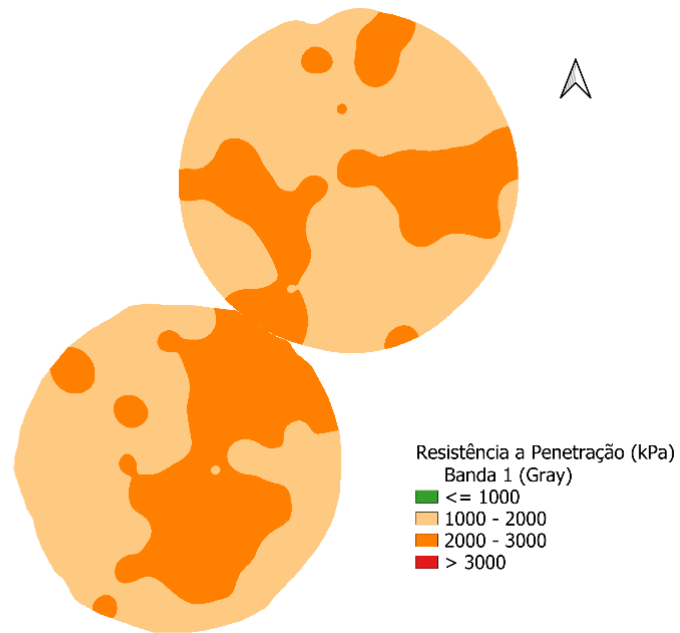
Fonte: do autor (2024).

Figura 11: Mapa de Resistência à Penetração 35 a 40 cm.



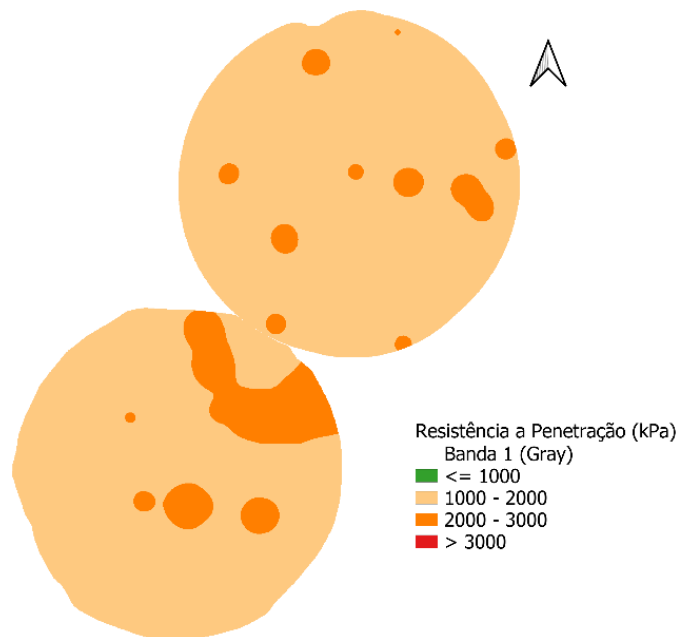
Fonte: do autor (2024).

Figura 12: Mapa de Resistência à Penetração 40 a 45 cm.



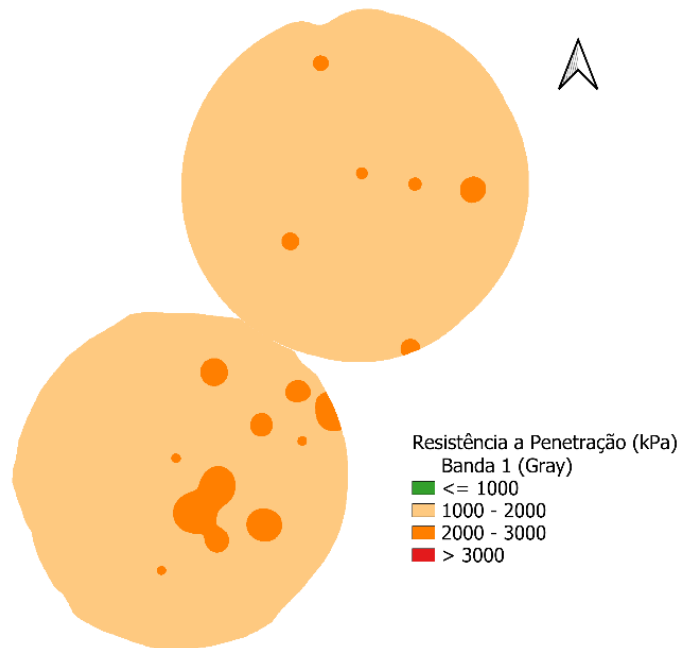
Fonte: do autor (2024).

Figura 13: Mapa de Resistência à Penetração 45 a 50 cm.



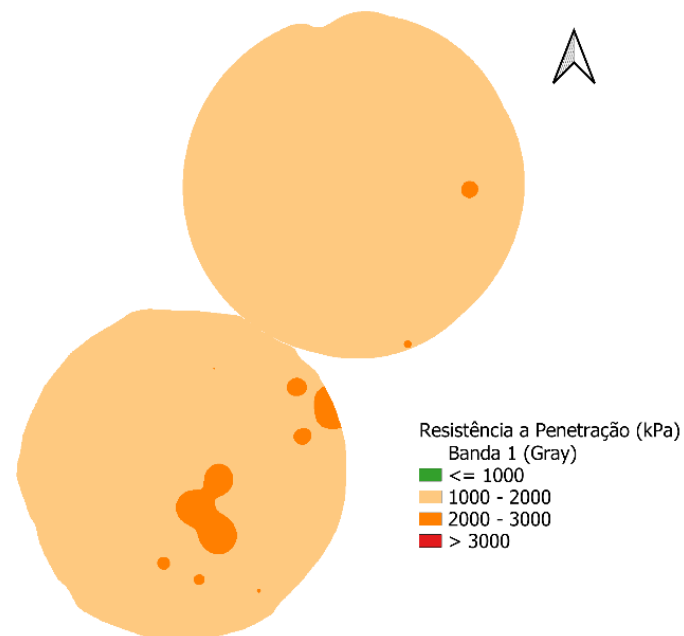
Fonte: do autor (2024).

Figura 14: Mapa de Resistência à Penetração 50 a 55 cm.



Fonte: do autor (2024).

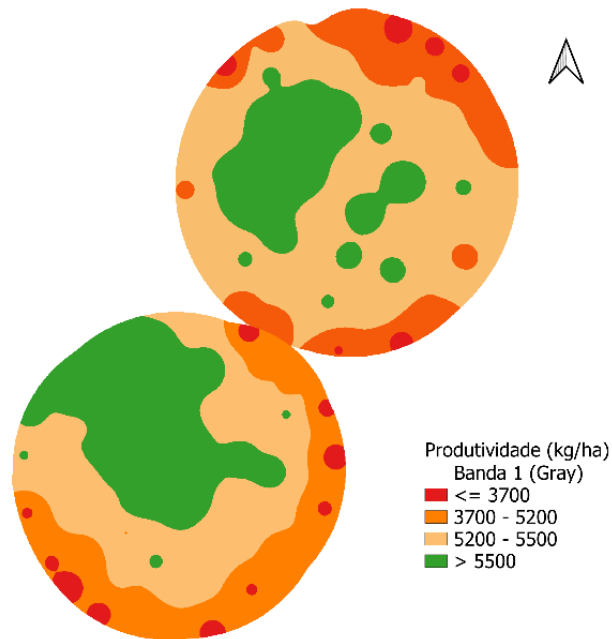
Figura 15: Mapa de Resistência à Penetração 55 a 60 cm.



Fonte: do autor (2024).

A produtividade nas duas áreas apresentou comportamento semelhante, como pode ser observado nos mapas de produtividade (Figura 16).

Figura 16: Mapas de Produtividade.



Fonte: do autor (2024).

Beulter *et al.* (2004) apontam que, a partir do valor de 850 kPa, a resistência à penetração influencia na produtividade da soja. Considerando a camada de 0 a 25 cm, para o Pivô 2, a RP, em sua grande maioria, apresentou valores inferiores a 1000 kPa (Figuras 5 a 8). Nota-se que, mesmo com baixos valores de RP, até a profundidade de 25 cm, a produtividade parece não ter sido influenciada pela baixa resistência oferecida pelo solo essa profundidade, até onde foi mobilizado com o escarificador. O Pivô 1, sem mobilização do escarificador, apresentou valores maiores que 1000 kPa, até a profundidade de 0 a 25 cm, e a produtividade parece não ter sido influenciada pela resistência superior ao Pivô 2.

De acordo com parâmetros estabelecidos, referentes aos níveis críticos de compactação em função da classificação dos solos, apresentados na Tabela 1 (FALKER, 2009), o solo do estudo em questão é caracterizado como solo pesado (entre 55 e 60% de argila). Mesmo o solo das duas áreas sendo considerados como pesados, os valores de RP, para todas as profundidades, não atingiram o nível crítico. De acordo com a empresa Falker, solos com níveis de compactação tolerável é caracterizado por não existir perda de produtividade, em razão da compactação; solos com níveis de compactação intermediário têm, por definição, a dependência de outros fatores para a perda da produtividade; e solos com níveis de compactação críticos, por sua vez, possuem grande chance de perda de produtividade, em decorrência da compactação do solo. Esses podem ser os motivos para que a RP não influenciou na produtividade média das duas áreas, sendo de 4810 kg/ha para o Pivô

1 e 4754 kg/ha, para o Pivô 2. Esses valores foram superiores à média brasileira, que foi de 3202 kg/ha (CONAB, 2024).

Tabela 1: Níveis críticos de compactação em função da classificação dos solos

Níveis de Compactação do Solo	Leves*	Médios*	Pesados*
Tolerável (kPa)	Abaixo de 2000	Abaixo de 2000	Abaixo de 2500
Intermediário (kPa)	Entre 2500 e 3000	Entre 2000 e 3500	Entre 2500 e 4000
Crítico (kPa)	Acima de 3000	Acima de 3500	Acima de 4000

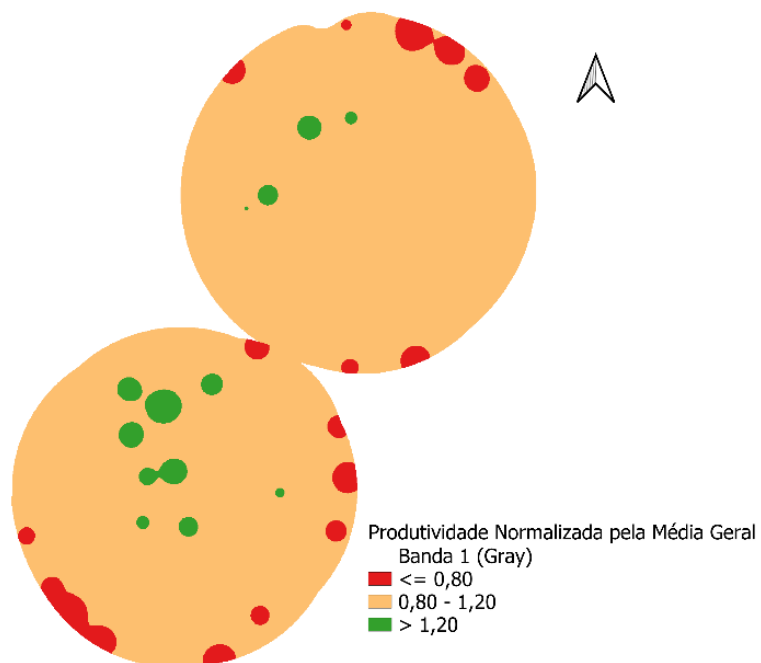
*Classificação do teor de argila segundo EMBRAPA

Fonte: Adaptado de FALKER, 2009.

Solos leves: abaixo de 20%; Solos médios: entre 20% e 50%; Solos pesados: acima de 50%.

No mapa de produtividade normalizado pela média geral (Figura 17), é possível observar como a produtividade das duas áreas foram muito semelhantes, com grande parte das mesmas, ficando entre 80 e 120% da produtividade média, em ambas. Apenas algumas pequenas manchas indicaram níveis de produtividade acima e abaixo dos valores médios.

Figura 17: Mapas de Produtividade Normalizado Pela Média Geral.



Fonte: do autor (2024).

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da análise de correção entre a produtividade e os valores de RP, nas diferentes profundidades avaliadas. Nessa tabela, é possível observar que o maior resultado de correlação, em valores relativos, foi, para o Pivô 1, de 39,8% e, para o Pivô 2, de 27,4%. Esses valores podem ser considerados baixos, indicando que a RP apresentada não teve influência na produtividade da soja.

Frente ao exposto, pode-se observar que, com o processo de escarificação, até a profundidade de 25 cm, os resultados de produtividade, quando comparados com os resultados obtidos na área em que esse processo não foi realizado, não apresentaram diferenças. Assim, o processo de escarificação, utilizado em aproximadamente 54 hectares (Pivô 2), mostrou que, além do consumo expressivo de combustível, gastos com mão-de-obra e hora máquina não contribuíram para o incremento da produtividade, na safra analisada.

Tabela 2: Correlação entre produtividade e RP

Profundidade	Correlação P1	Correlação P2
0 a 5	-0,171377368	0,027264066
5 a 10	-0,348753762	-0,087211683
10 a 15	-0,398653643	-0,274762551
15 a 20	-0,276901783	-0,133139901
20 a 25	-0,01463063	-0,073516168
25 a 30	0,149260728	-0,006565238
30 a 35	0,144411956	0,133413169
35 a 40	0,191263888	0,201604458
40 a 45	0,210579647	0,156648274
45 a 50	0,241139757	-0,038560839
50 a 55	0,22994779	-0,106508562
55 a 60	0,070038984	-0,09130336

Fonte: do autor (2024).

O uso do penetrômetro mostrou-se, como uma ferramenta, eficaz na mensuração da RP e na sua relação com a compactação do solo e seus efeitos na produção da cultura da soja. Essa ferramenta pode ser usada na tomada de decisão para o uso de implementos específicos para desagregação de camadas adensadas/compactadas na subsuperfície do solo, que são equipamentos que demandam muita energia, evitando desperdícios e desgaste desnecessários de tempo e recursos, no processo produtivo da produção de soja.

5 CONCLUSÃO

A escarificação do solo, embora tenha reduzido a resistência à penetração do solo nas camadas superficiais, não resultou em incremento de produtividade, indicando que a aplicação dessa prática deve ser avaliada de forma criteriosa.

A produtividade da cultura da soja não se diferenciou em áreas conduzidas com e sem escarificação superficial do solo.

O uso do penetrômetro mostrou-se como uma ferramenta eficaz na mensuração da resistência à penetração do solo, sendo uma ferramenta que pode ser usada na tomada de decisão para o uso de implementos específicos para desagregação de camadas adensadas/compactadas na subsuperfície do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. **Resistência à penetração em latossolos:** Valor limitante à produtividade de arroz de sequeiro. *Ci. Rural*, 34:1793- 1800, 2004

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão.** Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: Mapa/ACS, 2013.

BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 581–588, 1 jun. 2004.

COLLARES, G.L. **Compactação em Latossolos e Argissolo e relação com parâmetros de solo e de plantas.** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 106p. (Tese de Doutorado)

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n. 12 décimo segundo levantamento, setembro 2023. Acesso em: 17 abr. 2024

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos.** v.11 – safra 2023/24, nº10 – Décimo levantamento. Julho 2024

DEBIASI, H., SANTOS, J. C. F., SARAIVA, O. F., GONÇALVES, S. L. **Compactação do solo.** Embrapa Soja. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/soja/producao/manejo-do-solo/compactacao-do-solo>. Acesso em: 14 abr. 2024.

EMBRAPA. **Visão 2030:** o futuro da agricultura brasileira. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FALKER. **Parâmetros para avaliação da resistência à penetração.** NAP_PLG1020_003. 2009.

IBGE. **Sidra:** banco de tabelas estatísticas: índice nacional de preços ao consumidos amplo – setembro 2020. [Brasília, DF], 9 out. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca/brasil>. Acesso em: 30 nov. 2022.

OLFE, É. L.; VICTORIA, D. de C.; CONTINI, E.; BAYMASILVA, G.; SPINELLI-ARAÚJO, L.; GOMES, D. Matopiba em crescimento agrícola: aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de Política Agrícola**, v. 12, n. 4, p. 38-62, out./nov./dez. 2016.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 321–344, 2005. DOI: 10.5433/1679-0359.2005v26n3p321. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2319>. Acesso em: 26 fev. 2024.

SANTOS, JOÃO. Mapas de produtividade na agricultura: aplicação e benefícios. **Editora AgroTech**, 2023. Acesso em: 26 ago. 2024