

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Avaliação da produtividade do amendoim em função do manejo da
correção e adubação do solo por Unidades de Gestão
Diferenciadas**

Mateus Schmidt Rafael

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo

**Piracicaba
2025**

Mateus Schmidt Rafael

**Avaliação da produtividade do amendoim em função do manejo da correção e
adubação do solo por Unidades de Gestão Diferenciadas**

Orientador(a):
Prof. Dr. **CASIMIRO DIAS GADANHA JUNIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo

**Piracicaba
2025**

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar saúde e me permitir encontrar boas pessoas durante esses últimos cinco anos.

À minha família, por ter me apoiado e acreditado em mim durante todo o percurso.

Ao Prof. Dr. Casimiro, por me fornecer diversas oportunidades de crescimento, por me orientar e por enxergar algo em mim que eu ainda tenho dificuldade de ver.

Ao Eng. Agron. Rafael, por me aconselhar durante a preparação do trabalho, tanto no âmbito profissional quanto no pessoal.

Ao Grupo Hilagro, à Transagro S.A. e à SERVIMAQ S.A., por fornecerem os dados e informações para serem utilizados na análise.

Aos amigos e companheiros de laboratório, pelo tempo que passamos trabalhando e conversando juntos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, por ser o palco do início da minha vida adulta e pela minha formação profissional.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
RESUMEN	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE GRÁFICOS.....	11
LISTA DE TABELAS	12
LISTA DE MAPAS.....	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 DESENVOLVIMENTO	17
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1.1 Amostragem de solo	17
2.1.2 Agricultura de Precisão (AP) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	17
2.1.3 Unidades de Gestão Diferenciada.....	18
2.1.4 Preparo do solo	19
2.1.5 Cultura do Amendoim.....	20
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
2.2.1 Origem dos dados e descrição das empresas	25
2.2.2 Área de produção da SERVIMAQ S.A.	26
2.2.3 Coleta das amostras de solo	31
2.2.4 Recomendações de correção e adubação	36
2.2.5 Cultivos e operações por lote.....	37
2.3.8 Análises dos dados	40
2.3.8.1 Software SIG	40
2.3.8.2 Dados de relevo e declividade.....	40
2.3.8.3 Mapas para análise com classes.....	40
2.3.8.4 Gráficos de comparação por lote.....	42
2.3.8.5 Avaliação da precipitação, temperatura, produtividade e do resultado financeiro	43
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.1 Característica textural	45
3.2 Análise do relevo	45
3.3 Mapas de análise por classe	49

3.4 Análise por parâmetro	67
3.4.1 Matéria Orgânica (M.O.)	67
3.4.2 pH em CaCl ₂	67
3.4.3 Saturação por Bases (V%)	68
3.4.4 Cálcio (Ca)	69
3.4.5 Magnésio (Mg)	70
3.4.6 Potássio (K)	70
3.4.7 Fósforo (P)	71
3.4.8 Enxofre (S)	71
3.4.9 Boro (B)	72
3.4.10 Saturação por alumínio (m%), soma de bases (SB) e coeficiente de troca de cátions (CTC)	73
3.4.11 Porcentagem das Bases na CTC	75
3.4.12 Proporção entre nutrientes	76
3.5 Análise de recomendações	78
3.6 Análise de aplicações	80
3.7 Precipitação e temperatura	83
3.8 Comparativo de produtividade	83
3.9 Análise financeira	86
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS	91

RESUMO

Avaliação da produtividade do amendoim em função do manejo da correção e adubação do solo por Unidades de Gestão Diferenciadas

Para aumentar a eficácia da aplicação de corretivos e fertilizantes no solo é necessário um bom conhecimento da propriedade para geri-la, a agricultura de precisão (AP) traz as unidades de gestão diferenciadas (UGDs) como uma ferramenta para a gerência da lavoura. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso das UGDs em uma área produtora de amendoim com solo arenoso no Paraguai, comparando dados fornecidos de análises de amostras de solo realizadas em 2024 e 2025 nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm. Os dados foram organizados em gráficos e mapas para serem categorizados e discutidos. Foram preparados mapas de matéria orgânica, pH em CaCl_2 , saturação por bases, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, enxofre e boro. Os gráficos foram preparados para todos os parâmetros anteriores e para saturação por alumínio, soma de bases, coeficiente de troca de cátions, porcentagem das bases na CTC e proporção entre nutrientes. Também foram feitos mapas para mostrar as recomendações e as operações efetivamente realizadas de calagem, adubação de base e adubação de cobertura. Os resultados de produtividade por lote foram comentados junto com a situação climática durante o cultivo do amendoim. O clima adverso na safra causou grande impacto na produtividade, afetando os resultados financeiros que fecharam o período em déficit. O método de divisão das áreas em UGDs mostrou-se eficaz na redução do número de amostras coletadas na propriedade destacando áreas com atributos do solo nos mapas. Os gráficos demonstraram as variações dos parâmetros de solo para as médias dos lotes, estes formados por diferentes números de UGDs. A correção de solo realizada com calcário dolomítico foi o suficiente para aumentar as classes de pH em CaCl_2 , saturação por bases, disponibilidade de cálcio e disponibilidade de magnésio do solo, cumprindo com sucesso uma etapa inicial para todo cultivo realizado e amplamente desenvolvida em aulas durante o curso de Engenharia Agronômica.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão, Amendoim, Amostragem de solos, Sistemas de Informação Geográfica, UGD

ABSTRACT

Evaluation of peanut productivity as a function of soil correction and fertilization management by Differentiated Management Units

To increase the effectiveness of applying soil correctives and fertilizers, a good understanding of the property is necessary for its management. Precision agriculture (PA) offers differentiated management units (DMUs) as a tool for crop management. The objective of this study was to evaluate the use of DMUs in a peanut-producing area with sandy soil in Paraguay, comparing data from soil sample analyses performed in 2024 and 2025 at depths of 0 to 20 cm and 20 to 40 cm. The data were organized into graphs and maps for categorization and discussion. Maps were prepared for organic matter, pH in CaCl_2 , base saturation, calcium, magnesium, potassium, phosphorus, sulfur, and boron. Graphs were prepared for all the previous parameters and for aluminum saturation, sum of bases, cation exchange coefficient, percentage of bases in CEC, and nutrient ratios. Maps were also created to show the recommendations and operations actually performed for liming, base fertilization, and topdressing. The productivity results per plot were discussed along with the climatic conditions during peanut cultivation. The adverse weather during the growing season had a significant impact on productivity, affecting financial results which ended the period in deficit. The method of dividing the areas into DMUs proved effective in reducing the number of samples collected on the property, highlighting areas with soil attributes on the maps. The graphs showed the variations in soil parameters for the averages of the plots, which were formed by different numbers of DMUs. The soil correction carried out with dolomitic limestone was sufficient to increase the pH classes in CaCl_2 , base saturation, calcium availability, and magnesium availability of the soil, successfully fulfilling an initial step for all cultivation carried out and extensively developed in classes during the Agronomic Engineering course.

Keywords: Precision Agriculture, Geographic Information Systems, Soil Sampling, Paraguay

RESUMEN

Evaluación de la productividad del maní en función del manejo de la corrección del suelo y la fertilización mediante Unidades de Manejo Diferenciadas

Para aumentar la efectividad de la aplicación de correctivos y fertilizantes del suelo, es necesario un buen conocimiento de la propiedad para su manejo. La agricultura de precisión (AP) ofrece unidades de gestión diferenciadas (UGDs) como herramienta para el manejo del cultivo. El objetivo de este estudio fue evaluar el uso de UMD en una zona productora de maní con suelo arenoso en Paraguay, comparando datos de análisis de muestras de suelo realizados en 2024 y 2025 en profundidades de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm. Los datos se organizaron en gráficos y mapas para su categorización y discusión. Se prepararon mapas para materia orgánica, pH en CaCl_2 , saturación de bases, calcio, magnesio, potasio, fósforo, azufre y boro. Se prepararon gráficos para todos los parámetros anteriores y para saturación de aluminio, suma de bases, coeficiente de intercambio catiónico, porcentaje de bases en CIC y proporciones de nutrientes. También se crearon mapas para mostrar las recomendaciones y operaciones realmente realizadas para encalado, fertilización de base y abono de cobertura. Se analizaron los resultados de productividad por parcela, junto con las condiciones climáticas durante el cultivo de maní. El clima adverso durante la temporada de crecimiento tuvo un impacto significativo en la productividad, afectando los resultados financieros que cerraron el período en déficit. El método de dividir las áreas en UGDs resultó eficaz para reducir el número de muestras recolectadas en la propiedad, destacando las áreas con atributos de suelo en los mapas. Los gráficos mostraron las variaciones en los parámetros del suelo para los promedios de las parcelas, que se formaron con diferentes números de UGDs. La corrección del suelo realizada con cal agrícola dolomítica fue suficiente para aumentar las clases de pH en CaCl_2 , la saturación de bases, la disponibilidad de calcio y la disponibilidad de magnesio del suelo, cumpliendo con éxito un paso inicial para todo el cultivo realizado y ampliamente desarrollado en las clases durante el curso de Ingeniería Agronómica.

Palabras clave: Agricultura de Precisión, Sistemas de Información Geográfica, Muestreo de Suelos, Paraguay

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de construção dos terraços agrícolas do tipo mangum, as setas indicam a movimentação da terra pelo arado para formar o camalhão	30
Figura 2 – Terraços agrícolas construídos na área do antigo lote 5	30
Figura 3 – Veículo Gator em campo com Wintex 3.000 montado em sua lateral (à esquerda) e saquinhos para coleta das amostras de solo.....	32
Figura 4 – Grãos e vagens do cultivar de amendoim IAC 503.....	38
Figura 5 – Arado AAR ² sendo utilizado na propriedade.....	39
Figura 6 – Tabela de atributos no software QGIS com a coluna “UniCode” adicionada	41
Figura 7 – Imagem aérea da propriedade.....	45
Figura 8 – Montagem em 3D do relevo na propriedade e região, com distorção de cinco vezes do eixo z (altitude em relação ao nível do mar).....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo de matéria orgânica (M.O.) por ano, lote e profundidade	67
Gráfico 2 – Comparativo de pH em CaCl ₂ por ano, lote e profundidade	68
Gráfico 3 – Comparativo de saturação por bases (V%) por ano, lote e profundidade	69
Gráfico 4 – Comparativo de cálcio (Ca) por ano, lote e profundidade	69
Gráfico 5 – Comparativo de magnésio (Mg) por ano, lote e profundidade	70
Gráfico 6 – Comparativo de potássio (K) por ano, lote e profundidade	71
Gráfico 7 – Comparativo de fósforo (P) por ano, lote e profundidade	71
Gráfico 8 – Comparativo de enxofre (S) por ano, lote e profundidade	72
Gráfico 9 – Comparativo de boro (B) por ano, lote e profundidade	72
Gráfico 10 – Comparativo de saturação por alumínio (m%) por ano, lote e profundidade	74
Gráfico 11 – Comparativo de soma de bases (SB) por ano, lote e profundidade	74
Gráfico 12 – Comparativo do coeficiente de troca de cátions (CTC) por ano, lote e profundidade	74
Gráfico 13 – Comparativo da participação do cálcio na CTC (Ca%) por ano, lote e profundidade	75
Gráfico 14 – Comparativo da participação do magnésio na CTC (Mg%) por ano, lote e profundidade	76
Gráfico 15 – Comparativo da participação do potássio na CTC (K%) por ano, lote e profundidade	76
Gráfico 16 – Comparativo da proporção cálcio por magnésio (Ca/Mg) por ano, lote e profundidade	77
Gráfico 17 – Comparativo da proporção cálcio por potássio (Ca/K) por ano, lote e profundidade	77
Gráfico 18 – Comparativo da proporção magnésio por potássio (Mg/K) por ano, lote e profundidade	78
Gráfico 19 – Custo médio em dólares por hectare (US\$ ha ⁻¹) das atividades realizadas e insumos aplicados na propriedade	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Extração e exportação de macro e micronutrientes em cultivares modernas de amendoim de ciclo precoce e tardio. MS significa “matéria seca”	24
Tabelas 2 – Quantidade UGDs e informações sobre suas áreas em 2024 e 2025 ..	29
Tabela 3 – Área (em hectares), número de subamostras (n) e subamostras por hectare (n ha ⁻¹) por UGDs e lotes nas delimitações do ano de 2024	34
Tabela 4 – Área (em hectares), número de subamostras (n) e subamostras por hectare (n ha ⁻¹) por UGDs e lotes nas delimitações do ano de 2025	35
Tabela 5 – Cultivos entre as duas amostragens analisadas com divisão por lote de 2025.....	37
Tabela 6 – Área da propriedade (em hectares e porcentagem) nos anos de 2024 e 2025 segundo as classes de declividade definidas pela EMBRAPA	46
Tabela 7 – Área da propriedade (em hectares e porcentagem) nos anos de 2024 e 2025 segundo as classes de declividade definidas pelo autor (“Agrícola”).....	46
Tabela 8 – Dados de precipitação (total e variação em relação a média) e temperatura média (média no período e variação em relação a média) por trimestre de setembro de 2024 a maio de 2025	83
Tabela 9 – Dados por lote de: cultivar, datas de semeadura e colheita, dias no campo, produtividade apenas com as vagens e incluindo grãos soltos (entre parênteses) ..	84
Tabela 10 – Extração de nutrientes por lote na propriedade de acordo com os dados da tabela de Cordeiro <i>et al.</i> (2023)	85
Tabela 11 – Exportação de nutrientes por lote na propriedade de acordo com os dados da tabela de Cordeiro <i>et al.</i> (2023)	85
Tabela 12 – Nutrientes deixados em restos culturais por lote na propriedade de acordo com os dados da tabela de Cordeiro <i>et al.</i> (2023)	85
Tabela 13 – Custo médio em dólares por hectare (US\$ ha ⁻¹) das atividades realizadas e insumos aplicados na propriedade e suas porcentagens (%) em relação ao total	86

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Localização da propriedade no Departamento de San Pedro, Paraguai	27
Mapa 2 – Divisão dos lotes em 2024, com os limites e numeração das UGDs	28
Mapa 3 – Divisão dos lotes em 2025, com limites e numeração das UGDs	28
Mapa 4 – Pontos de coleta de subamostras por lote em 2024, com limites das UGDs	33
Mapa 5 – Pontos de coleta de subamostras por lote em 2025, com limites das UGDs	33
Mapa 6 – Relevo na propriedade e região de acordo com o nível do mar	47
Mapa 7 – Declividade na propriedade e região (classes de EMBRAPA, 1979)	47
Mapa 8 – Declividade na propriedade e região (classes definidas pelo autor)	48
Mapa 9 – Classe de matéria orgânica por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)	49
Mapa 10 – Classe de matéria orgânica por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)	49
Mapa 11 – Classe de matéria orgânica por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)	50
Mapa 12 – Classe de matéria orgânica por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)	50
Mapa 13 – Classe de pH em CaCl ₂ por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)	51
Mapa 14 – Classe de pH em CaCl ₂ por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)	51
Mapa 15 – Classe de pH em CaCl ₂ por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)	52
Mapa 16 – Classe de pH em CaCl ₂ por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)	52
Mapa 17 – Classe de saturação por bases por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm).53	53
Mapa 18 – Classe de saturação por bases por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm).53	53
Mapa 19 – Classe de saturação por bases por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)	54
Mapa 20 – Classe de saturação por bases por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)	54
Mapa 21 – Classe de cálcio por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm).....	55
Mapa 22 – Classe de cálcio por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm).....	55
Mapa 23 – Classe de cálcio por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm).....	56

Mapa 24 – Classe de cálcio por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)	56
Mapa 25 – Classe de magnésio por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)	57
Mapa 26 – Classe de magnésio por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)	57
Mapa 27 – Classe de magnésio por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)	58
Mapa 28 – Classe de magnésio por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)	58
Mapa 29 – Classe de potássio por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)	59
Mapa 30 – Classe de potássio por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)	59
Mapa 31 – Classe de potássio por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)	60
Mapa 32 – Classe de potássio por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)	60
Mapa 33 – Classe de fósforo por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)	61
Mapa 34 – Classe de fósforo por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)	61
Mapa 35 – Classe de fósforo por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)	62
Mapa 36 – Classe de fósforo por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)	62
Mapa 37 – Classe de enxofre por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)	63
Mapa 38 – Classe de enxofre por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)	63
Mapa 39 – Classe de enxofre por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)	64
Mapa 40 – Classe de enxofre por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)	64
Mapa 41 – Classe de boro por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)	65
Mapa 42 – Classe de boro por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)	65
Mapa 43 – Classe de boro por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)	66
Mapa 44 – Classe de boro por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)	66
Mapa 45 – Recomendação de calagem por UGD em 2024	79
Mapa 46 – Recomendação da adubação na semeadura por UGD em 2024	79
Mapa 47 – Recomendação de adubação de cobertura por UGD em 2024	80
Mapa 48 – Calagem realizada por UGD em 2024	81
Mapa 49 – Adubação de semeadura realizada por UGD em 2024	82
Mapa 50 – Adubação de cobertura realizada em 2024	82

1 INTRODUÇÃO

Uma característica comum aos ambientes agrícolas do Paraguai e do mundo é o uso intensivo da terra e a má gestão de recursos naturais nas propriedades. Após vários anos, esse modelo de uso do solo contribuiu para processos de degradação, afetando principalmente a fertilidade do solo e a qualidade da água desses locais (Calegari, 2015). Ao mesmo tempo, o melhoramento genético forneceu plantas que, para compensar sua maior produtividade, possuem maior exigência nutricional e menor tolerância a níveis tóxicos de alumínio. Além disso, a compactação dos solos se intensificou com a redução da cobertura vegetal e o uso de maquinário mais pesado contribuindo para esse processo de degradação (Reyes, 2023).

Visando recuperar ou apenas manter os níveis de fertilidade nas áreas rurais, aumentou-se o uso de técnicas já reconhecidas do manejo conservacionista: adubação verde, curvas de nível, cobertura do solo, plantio direto, rotação de culturas e nutrição balanceada (Calegari, 2015; Garcia, 2023; Reyes, 2023). Os usos da agricultura de precisão (AP) e da agricultura digital, incluindo sistemas de informação geográfica (SIG), cresceram nesse ambiente com a busca dos produtores em otimizar o uso de insumos em suas propriedades. Visavam reduzir desperdícios, aumentando seu rendimento ao utilizar essas ferramentas para obter uma melhor gerência de suas áreas (Reyes, 2023).

A gestão localizada de corretivos e fertilizantes, depende de um bom diagnóstico do solo, a fim de otimizar o uso desses insumos. Análises químicas de amostras georreferenciadas é uma das opções para se realizar o correto diagnóstico na lavoura, mas elas devem ser interpretadas considerando as características de cada uma de suas áreas, como o histórico de rotações e o potencial de produção. Outras ferramentas para esse bom diagnóstico incluem o uso de sensores de condutividade elétrica para melhor compreensão da textura, medidores de resistência a penetração e sensores remotos (Bull; Causarano; Soria, 2017). Um método de amostragem que pode ser realizado com o uso das amostragens georreferenciadas é o método de amostragem por unidades de gestão diferenciadas (UGDs), ou zonas de manejo (ZMs), que separam a área quanto à homogeneidade de seu potencial produtivo (Molin; Amaral; Colaço, 2015).

O Programa Nutrisolum, desenvolvido pela empresa Transagro S.A. do Grupo Hilagro, é um programa de diagnóstico da fertilidade físico-química do solo direcionado aos clientes da empresa. Ele inclui etapas de: avaliação inicial da parcela

(através de mapas de colheita e/ou imagens satelitais), coleta de amostras do solo por UGDs, análises químicas e físicas das amostras em laboratório, medição de compactação, interpretação dos resultados obtidos e preparação de um plano de correção/adubação com mapas de aplicação em taxas variáveis. As recomendações são realizadas em função dos planos de cultivo do produtor para a área.

Este trabalho avaliou o resultado das correções e adubações realizadas em 2024 para a safra 2024-2025 na produtividade de uma lavoura de amendoim no Paraguai acompanhada pelo Programa Nutrisolum, através dos dados armazenados e disponíveis da área neste período.

No dia 5 de novembro de 2025 foi assinado um Contrato de Cooperação Técnica e Financeira (SAIC nº 20100.25/0043-8) com vigência de 5 anos entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Hilagro Brasil Comércio de Produtos Alimentícios Ltda, a Transagro S.A. e a Fundação de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento (FAPED) com o objetivo de unir esforços para implantar no Paraguai Unidades de Observação (UO) e ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) para a genótipos experimentais de amendoim produzidos pela Embrapa, avaliando seus desempenhos agronômicos e mercadológicos (Brasil, 2025).

Além disso, o Grupo Hilagro, através de sua nova aquisição da empresa Agromaní S.A., projeta uma estrutura de processamento de amendoim (sem casca e branqueado) para até 30.000 hectares de cultivo. O Grupo conta atualmente com 7.500 hectares de área cultivada de amendoim e a planta de processamento da Agromaní entrará em funcionamento em dezembro do ano de 2025.

Com esse acordo, o amendoim será uma cultura com grande foco de desenvolvimento no Paraguai pelos próximos cinco anos, mostrando a importância de conhecer o seu comportamento às condições de clima e solo do país, assim como sua resposta ao manejo do solo, correção e adubação.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Amostragem de solo

A amostragem de solos é uma das partes mais importantes da agricultura pois através dela conseguimos obter informações sobre as diversas características físicas e químicas do solo que será utilizado para o cultivo nas propriedades agrícolas, segundo Cantarella *et al* (2022) ela é o primeiro passo para realizar um programa de correção e adubação bem-feito.

As informações obtidas são essenciais para o planejamento de atividades na lavoura, como para os cálculos de adubação e correção do solo, assim como para a avaliação e acompanhamento da área ao longo de anos com cultivos sucessivos, mantendo um histórico da área, mesmo que a frequência de coleta seja dependente do tipo de solo, cultivo, manejo, objetivos e da disponibilidade financeira e operacional do produtor (Colaço; Molin, 2014; Dawson; Knowles, 2018; Schulze, 2025).

Para cumprirem seu propósito de serem representativas, existem diretrizes para serem seguidas, como o modo que devem ser coletadas as amostras simples e a massa das amostras compostas para serem encaminhadas ao laboratório, além de estarem com suas áreas de coleta identificadas de forma correta (Colaço; Molin, 2014; Schulze, 2025).

2.1.2 Agricultura de Precisão (AP) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

O entendimento da AP como uma ferramenta voltada principalmente para a economia de insumos aplicados é um ponto de vista que limita sua funcionalidade, ela pode ser entendida como um modo de gerência da lavoura, que considera as variabilidades existentes na área ao organizar as atividades agrícolas a serem realizadas (Molin; Amaral; Colaço, 2015). Ao passo que ela recomenda menos insumos para áreas com menor potencial produtivo, ela também direciona mais insumos para as áreas com maior potencial produtivo, sua abordagem deve se basear na resposta da área aos investimentos realizados para buscar uma maior margem de lucro, não simplesmente à economia de recursos.

Ela pode ser dividida em três etapas: leitura, interpretação/planejamento e atuação (Greco *et al.*, 2020; Inamasu; Bernardi, 2014):

1. Leitura: ocorre a coleta de dados dos parâmetros analisados no campo, podendo ser realizada por sensores, amostragens e outras formas de quantificação.
2. Interpretação/planejamento: envolve compreender os dados através de análises geoestatísticas, topológicas, agronômicas e temporais, resultando em um planejamento das operações e recomendações para a área, de acordo com sua variabilidade.
3. Atuação: é a execução das recomendações da etapa anterior de interpretação e planejamento.

Na etapa final de atuação, é comum o uso de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e dados de Sistema de Posicionamento Global (GPS). Essas ferramentas se tornaram um pilar importante da AP e, como colocado por Cantarella *et al* (2022), se tornaram algo comum nas máquinas e implementos agrícolas, com uma enorme abrangência de usos. Saraiva *et al* (2025) conclui que o uso do SIG é uma peça importante para a implementação de sistemas agrícolas resilientes, sustentáveis e eficientes, otimizando o uso dos recursos naturais e insumos nas propriedades em que foi implementado.

2.1.3 Unidades de Gestão Diferenciada

As Unidades de Gestão Diferenciada (UGDs), chamadas também de Zonas de Manejo (ZMs), são uma importante ferramenta da agricultura de precisão que visa fornecer uma melhor gestão das atividades agrícolas na área (como amostragens de solo, adubação e correção). Elas são divisões em uma lavoura com base em seu potencial produtivo, sendo que a área dentro de uma mesma UGD deve ter o máximo de características similares (como textura, cor e profundidade do solo, produtividade, relevo, drenagem e o histórico de vegetação, rotação de culturas e práticas de manejo) e, se forem observadas discrepâncias entre estas características, será necessária nova subdivisão da área (Farmaha; Caughman; Park, 2020; Molin; Amaral; Colaço, 2015; Schulze, 2025).

Dentro de uma mesma propriedade, o potencial produtivo para uma mesma cultura varia ao longo de sua extensão. Ele não é constante e pode ser determinado por meio de mapas de produtividade, análises foliares, matéria orgânica, mapas de condutividade elétrica aparente, imagens aéreas multiespectrais e da topografia em conjunto com a pedologia (Farmaha; Caughman; Park, 2020; Franchini *et al.*, 2022;

Junior *et al.*, 2011; Beraldo, 2014; Mariano *et al.*, 2014; Schumann, 2010). O conhecimento empírico acumulado pelo produtor ou funcionários também é útil e necessário para essa avaliação (Inamasu; Bernardi, 2014).

As UGDs são estabelecidas após anos de coletas de dados e informações na área, sendo essa uma das maiores vantagens quando se gerencia uma área com base em UGDs: as decisões tomadas são apoiadas pelo histórico da área, não apenas de dados levantados recentemente, trazendo maior confiabilidade aos dados coletados e aplicações realizadas (Greco *et al.*, 2020; Molin; Amaral; Colaço, 2015; Schulze, 2025).

Entre as vantagens de seu uso existem o menor número de pontos de coleta, reduzindo o tempo e custos da amostragem, e a possibilidade de uma maior economia com os fertilizantes posteriormente aplicados. Entre as desvantagens, existem a necessidade por um grande conhecimento da fertilidade da lavoura para a divisão das UGDs e, por usar menos pontos de coleta, possui um detalhamento inferior à amostragem em grade. Ela acaba por ser recomendada em áreas maiores que podem ser divididas em diferentes zonas e destinadas a culturas de menor valor agregado, que possa não compensar a realização de um maior número de pontos (Colaço; Molin, 2014; Dawson; Knowles, 2018).

O objetivo é formar um conjunto de UGDs que possuam diferenças significativas entre si e que possam ser utilizadas para a melhor gestão das atividades agrícolas pelo produtor, levando em conta os pontos de vista técnico, operacional e econômico (Carvalho *et al.*, 2016) logo, a capacidade do produtor de fazer uso dessas divisões também é um fator a ser considerado ao se delimitar as UGDs.

2.1.4 Preparo do solo

O preparo do solo visa fornecer um solo propício ao desenvolvimento da cultura. Caso solo esteja compactado, é necessário o uso de subsoladores, arados e grades para criar um bom leito de semeadura. Após feitas as amostragens de solo, são realizados os cálculos para a aplicação de corretivos e fertilizantes. A correção do pH do solo deve ser feita para reduzir ou eliminar o alumínio tóxico e aumentar a capacidade das plantas de absorver nutrientes do solo, prevenindo deficiência nutricionais. É uma etapa que deve ser realizada de dois a três meses antes da semeadura da cultura. O acréscimo de fertilizantes pode ser feito durante as

operações de semeadura, denominada de adubação de base, e complementada semanas após com aplicações de cobertura.

A erosão do solo é algo que prejudica imensamente os ambientes de cultivo, podendo retirar a capacidade produtiva de uma área ao longo dos anos. Para preservar o solo é essencial fazer o controle da água das chuvas na lavoura, impedindo seu livre corrimento. Entre as ferramentas disponíveis para a proteção contra a erosão temos principalmente a cobertura vegetal do sistema de plantio direto e os terraceamento (Cooper, 2009).

O uso de terraços em áreas de produção agrícola é uma prática antiga que traz entre seus benefícios para a lavoura a manutenção da paisagem e a redução do escoamento da água, que também reduz a erosão do solo. Em conjunto, esses fatores trazem maior produtividade para a área e podem reduzir a necessidade de insumos ao longo de várias safras (Deng *et al.*, 2021).

2.1.5 Cultura do Amendoim

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma planta leguminosa, capaz de promover a fixação do nitrogênio atmosférico, que tem origem sul-americana com metabolismo fotossintético do tipo C3, desempenhando sua taxa fotossintética máxima a 30 °C (Freitas; Peñaloza; Valls, 2003; Santos; Freire; Suassuna, 2009). Ao mesmo tempo, temperaturas de 10 °C ou inferiores durante a noite podem reduzir a fotossíntese e a produtividade da cultura (Song *et al.*, 2020).

Sua irrigação não é necessária em locais com precipitações regulares e com volume de água suficiente, mas pode ser usada em casos de veranicos prolongados ao longo do ciclo, produzindo até 35% a mais quando comparado a áreas não irrigadas, como mostrado por Bertino *et al.* (2023) em condições específicas.

De acordo com Santos, Freire e Suassuna (2009), a necessidade por água dessa cultura varia entre 490 e 665 mm conforme a duração do ciclo da variedade, estando concentrada principalmente na fase de enchimento das vagens, com a maior produção de proteínas e de óleo, mas também é importante a disponibilidade de água no solo durante as duas semanas após germinação para o desenvolvimento inicial das plântulas. Por isso seu plantio costuma ser realizado buscando aproveitar o período chuvoso do ano, seja no início ou ao longo de seu ciclo para cultivares precoces, havendo o prévio estudo das condições desse período para o ano em questão, avaliando a possibilidade de ocorrência de veranicos, principalmente na

época de semeadura, que podem afetar a produtividade da cultura mesmo ocorrendo fora das fases de desenvolvimento inicial ou de enchimento de grãos. Apesar disso, o amendoim ainda é considerado uma planta tolerante à seca.

Para suprir essa demanda por captação de água, a planta possui um sistema radicular pivotante com raízes laterais onde por volta de 60% das raízes concentradas nos primeiros 30 cm do solo. Dependendo da umidade e do tipo de solo, pode existir maior estímulo e facilidade para o aprofundamento das raízes do amendoim.

No preparo do solo para o amendoim é comum o uso de subsoladores para descompactar camadas compactadas subsuperficiais antes ou após a aração da área com um arado de discos ou aivecas e, por fim, uma gradagem com grade leve ou niveladora. O objetivo é revolver bem o solo para incorporar os restos culturais e favorecer as etapas seguintes de semeadura e emergência das plântulas.

Santos, Freire e Suassuna (2009) também comentam, da mesma forma que Muitia (2015), que o pH do solo deve ser acima de 6,0 para que a acidez não limite a disponibilidade de fósforo, molibdênio e cálcio para as plantas, o que resultaria em menor eficiência reprodutiva e de fixação biológica, vagens mal desenvolvidas e maior vulnerabilidade ao ataque de pragas e doenças. Por conta disso, a calagem antes do cultivo do amendoim, preferencialmente com o solo úmido, muitas vezes se faz necessária para elevar o pH do solo. Caso a calagem seja feita com calcário dolomítico, também ocorre o incremento de magnésio na lavoura além da elevação do pH.

Com o desenvolvimento da vagem do amendoim ocorrendo abaixo da superfície, o solo utilizado passa a ser um fator extremamente importante para seu cultivo. Boa drenagem e aeração são características fundamentais para um solo apto ao cultivo de amendoim, pois permitem o suprimento de oxigênio para as raízes e vagens se desenvolverem e de nitrogênio para a realização da fixação biológica. Em áreas com menor capacidade de drenagem o solo pode ficar encharcado, prejudicando o desenvolvimento apropriado da planta e de suas vagens. Solos arenosos ou franco-arenosos podem fornecer essa drenagem e aeração, mas também mais uma condição importante: são solos mais leves, uma característica importante que evita a perda de vagens quando retiradas do solo no momento da colheita, também é importante que não haja fragmentos de pedras no solo, tanto para permitir o livre desenvolvimento das raízes e vagens quanto para evitar a perda de

vagens durante a colheita (Muitia, 2015; Neto; Costa; Castro, 2012; Santos; Freire; Suassuna, 2009).

A semeadura do amendoim deve ser feita preferencialmente com inoculação biológica por meio do tratamento de sementes ou tanque inoculador no sulco de semeadura, objetivando uma melhor captura de nitrogênio atmosférico, para suprir as demandas da planta e fixação do nitrogênio no solo. Entre os espaçamentos possíveis pode ser utilizado até 0,90 m entre linhas, com a deposição de 20 a 25 sementes por metro linear do sulco de semeadura, objetivando de 12 a 18 plantas por metro linear, o equivalente a cerca de 140 a 200 mil plantas por hectare. Entre os pontos positivos da semeadura do amendoim, a possibilidade de uso dos mesmos equipamentos utilizados para o cultivo de soja é algo que facilita as operações semeadura para novos produtores de amendoim, pois eles muitas vezes já possuem o equipamento utilizado e conhecem suas características.

As principais pragas que afetam o amendoim ao longo de seu desenvolvimento são o tripes, a lagarta-do-pescoço-vermelho, as cigarrinhas verdes e o ácaro-vermelho. Os tripes são um grupo com várias espécies, como *Enneothrips flavens* e *Caliothrips brasiliensis*, que ao se alimentarem da seiva pelas folhas e flores da planta acabam danificando os folíolos, formando estrias e impedindo seu desenvolvimento completo. A lagarta-do-pescoço-vermelho (*Stegasta bosquella*) se alimenta dos folíolos das plantas, deixando danos simétricos, e se esconde entre os folíolos ainda fechados das plantas, tornando menos eficazes a aplicação de inseticidas de contato. As cigarrinhas verdes (*Empoasca* spp.) podem transmitir viroses para as plantas ao se alimentarem de sua seiva. Nos folíolos atacados por cigarrinhas se formam manchas amareladas que, com o tempo, evoluem para a necrose da região. Os ácaros-vermelhos (*Tetranychus ogmophallos*) atacam a parte aérea das plantas e formam tecem teias que fornecem um ambiente favorável para o desenvolvimento de fungos no final do ciclo da cultura. Além dessas, outras pragas secundárias também podem prejudicar o amendoim (Almeida, 2015), como a lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), a lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*), o percevejo-castanho (*Scaptocoris castanea*) e o percevejo-preto (*Cyrtomenus mirabilis*).

As principais doenças das plantas de amendoim são a mancha castanha e a pinta preta. Elas são causadas por fungos, *Cercospora arachidicola* e *Cercosporidium personatum* respectivamente, e deixam manchas castanhas e pretas nas folhas do amendoim, prejudicando a capacidade das plantas de produzirem fotoassimilados.

Outros patógenos existentes também afetam as folhas das plantas, como a ferrugem (*Puccinia arachidis*), a verrugose (*Sphaceloma arachidis*), a mancha barrenta (*Phoma arachidicola*), a mancha em “V” (*Leptosphaerulina crassiasca*) e o mofo-amarelo (*Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*). A importância do mofo amarelo está no fato de seus patógenos produzirem aflatoxinas, micotoxinas carcinogênicas, em contato com as sementes de amendoim (Santos; Godoy; Favero, 2013).

É recomendada a rotação do amendoim com outras culturas, buscando-se combater de maneira mais efetiva pragas e doenças. São preferíveis espécies de elevada produção de biomassa e/ou leguminosas, para o enriquecimento do solo com matéria orgânica e fixação de nitrogênio.

O amendoim pode atingir a maturação completa de 70% das vagens em até 90 dias para as cultivares de porte ereto (precoce) e por volta de 150 dias para cultivares rasteiras (tardias), sendo nessa condição que a colheita deve ser iniciada. Por conta da sua arquitetura, as cultivares rasteiras são as mais utilizadas no Paraguai e possuem uma maior eficiência na formação das vagens e maior produtividade se comparadas as cultivares de porte ereto.

A colheita do amendoim é uma atividade que pode ser realizada de maneira manual ou mecanizada, mas existem algumas fases a serem seguidas para sua adequada realização. Primeiramente ocorre a fase de arranque, retirando as plantas do solo e dispondo-as em leiras para perder umidade, o objetivo é impedir o desenvolvimento dos fungos *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*, mencionados anteriormente. Após a boa secagem dos grãos, é feito o recolhimento e a batedura das plantas para separar as vagens do restante da planta. Depois as vagens são encaminhadas para o seu armazenamento (Filho, 2024).

Cordeiro *et al.* (2023) estudou a extração e exportação de nutrientes de cultivares modernas de amendoins, apresentando ao final uma tabela com os resultados de extração, exportação, porcentagem de exportação e em restos culturais dos nutrientes, obtidos com base na natureza do cultivar, precoce/ereto ou tardio/rasteiro. Se destacam a baixa porcentagem de exportação, em relação à extração, dos macronutrientes cálcio, magnésio e potássio e dos micronutrientes manganês e boro.

Tabela 1 – Extração e exportação de macro e micronutrientes em cultivares modernas de amendoim de ciclo precoce e tardio. MS significa “matéria seca”

	Macronutrientes					
	MS t ha ⁻¹	N	P	K	Ca	Mg
	kg t ⁻¹ grãos + casca					
<i>Cultivar precoce (4 t ha⁻¹)</i>						
Extração	7,9	54	6,2	51	16	7,0
Exportação	3,8	36	4,2	9,6	2,8	2,2
% exportação	48	67	67	19	18	31
Restos culturais	4,2	18	2,0	41	13,2	4,8
<i>Cultivar tardia (6 t ha⁻¹)</i>						
Extração	11,2	54	5,0	35	16	5,3
Exportação	5,5	39	3,4	8,2	2,5	1,2
% exportação	49	71	67	24	16	22
Restos culturais	5,7	15	1,6	27	14	4,1
Micronutrientes						
	MS t ha ⁻¹	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g t ⁻¹ grãos + casca					
	<i>Cultivar precoce (4 t ha⁻¹)</i>					
Extração	7,9	95	19	677	120	75
Exportação	3,8	26	12	233	24	47
% exportação	48	28	63	35	20	62
Restos culturais	4,2	69	7,0	444	96	28
<i>Cultivar tardia (6 t ha⁻¹)</i>						
Extração	11,2	72	16	424	115	66
Exportação	5,5	23	10	164	26	40
% exportação	49	32	64	39	23	60
Restos culturais	5,7	49	6,0	260	89	26

Fonte: Cordeiro *et al.* (2023).

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Origem dos dados e descrição das empresas

Para a preparação de mapas de relevo, declividade e os modelos de elevação digital foram usados dados satelitais processados. Os dados originais ALOS PALSAR (AP_27117_FBS_F6680_RT1) foram fornecidos pela Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) por meio do Alaska Satellite Facility (ASF/NASA).

O trabalho foi realizado com os dados disponibilizados pela empresa SERVIMAQ S.A. e auxiliado pela Transagro S.A., exclusivamente para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Engenharia Agronômica.

Os dados analisados incluem para os anos de 2024 e 2025: arquivos com a disposição dos pontos de coleta das subamostras de solo em função das UGDs para cada lote; delimitações de cada lote individualmente e suas respectivas UGDs; resultados de análises de amostragens químicas de solo para cada lote; os cálculos realizados para a recomendação de correção e adubações, gráficos para apresentação dos resultados ao cliente; o plano de adubação em taxa variada recomendado para a SERVIMAQ S.A., o calendário das operações realizadas e produtividade por lote.

A SERVIMAQ S.A. é uma empresa fundada de origem paraguaia que atua em diversas áreas do setor agrícola, fornecendo serviços como o corte, silagem em silobolsas e transporte de forragem, serviço de semeadura direta, ensacamento de grãos (úmidos e secos) e extração de grãos de silobolsas.

A Transagro S.A. é uma empresa fundada em 2002 no Paraguai, pertencente ao Grupo Hilagro S.A. desde 2009. Ela é atuante em todas as áreas ligadas à produção agrícola (Transagro, 2025), oferece serviços de:

1. Assessoria e assistência técnica com equipe especializada em serviços agronômicos disponível para oferecer apoio em todas as etapas da produção aos produtores rurais do país.
2. Venda de diversos insumos agrícolas para os produtores: inseticidas, herbicidas, fungicidas, corretivos, fertilizantes sólidos e foliares, adjuvantes, produtos biológicos e sementes.
3. Compra, vende e armazena grãos em diversos silos espalhados pelo país, buscando reduzir os riscos aos produtores e comerciantes de grãos.

4. Disponibiliza combustíveis, lubrificantes e peças para manutenção de caminhões de transporte e diversas máquinas agrícolas de diferentes marcas.
5. Realiza o transporte de grãos em todo o território nacional paraguaio com sua moderna frota de caminhões.

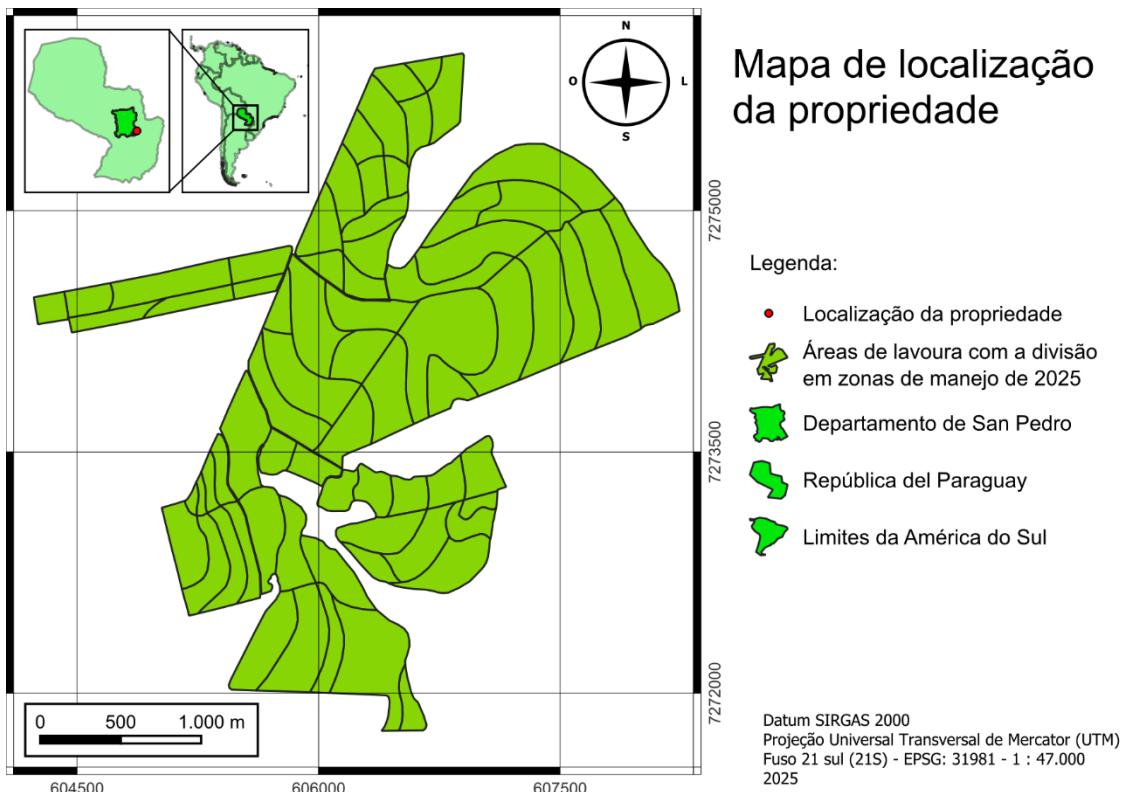
O Grupo Industrial e Comercial Hilagro é voltado principalmente para o setor do agronegócio. Ele é composto ao todo por nove entidades, incluindo a Hilagro S.A. e a Transagro S.A., atuando nas etapas de coleta, processamento e distribuição de produtos e serviços da região para diversos mercados nacionais e regionais, participando em cada etapa da comercialização.

A Hilagro S.A. é a empresa mãe do grupo, ela foi constituída em 18 de dezembro de 2000 pelo Sr. Albert Hildebrand, um pioneiro na instalação de agroindústrias no Departamento de Caaguazú, Paraguai. No começo, o foco da sociedade era o setor de farinha de trigo nacional, iniciando a produção de sua própria farinha em 2002 com seu primeiro moinho. Sob a marca Hildebrand, ganharam espaço no mercado consumidor com produtos de alta qualidade, resultado do investimento em tecnologias de ponta e profissionais qualificados. Com seu crescimento, o Grupo Hilagro adquiriu a Transagro S.A. em 2009, instalou uma filial no Brasil, um dos países importadores de sua farinha, em 2013 e inaugurou um segundo moinho com tecnologia europeia em 2014, se tornando a empresa com maior capacidade de moagem de grãos do Paraguai. Durante seu desenvolvimento, o Grupo Hilagro aumentou a sua oferta de produtos no mercado e adquiriu mais empresas, mantendo grande relação com o setor agrícola (Hilagro, 2025).

2.2.2 Área de produção da SERVIMAQ S.A.

A área cujos dados foram utilizados no estudo está localizada na porção oriental do Paraguai, dentro do distrito de Capiibary, situado a sudeste no Departamento de San Pedro, com coordenadas centrais aproximadas de 24° 38' 26,7" S e 55° 56' 56,9" O. A média de precipitação anual na região onde se encontra o Departamento varia de 1.200 a 1.600 milímetros, enquanto a temperatura média anual varia de 22 a 24 °C (MAG, 2018).

Mapa 1 – Localização da propriedade no Departamento de San Pedro, Paraguai

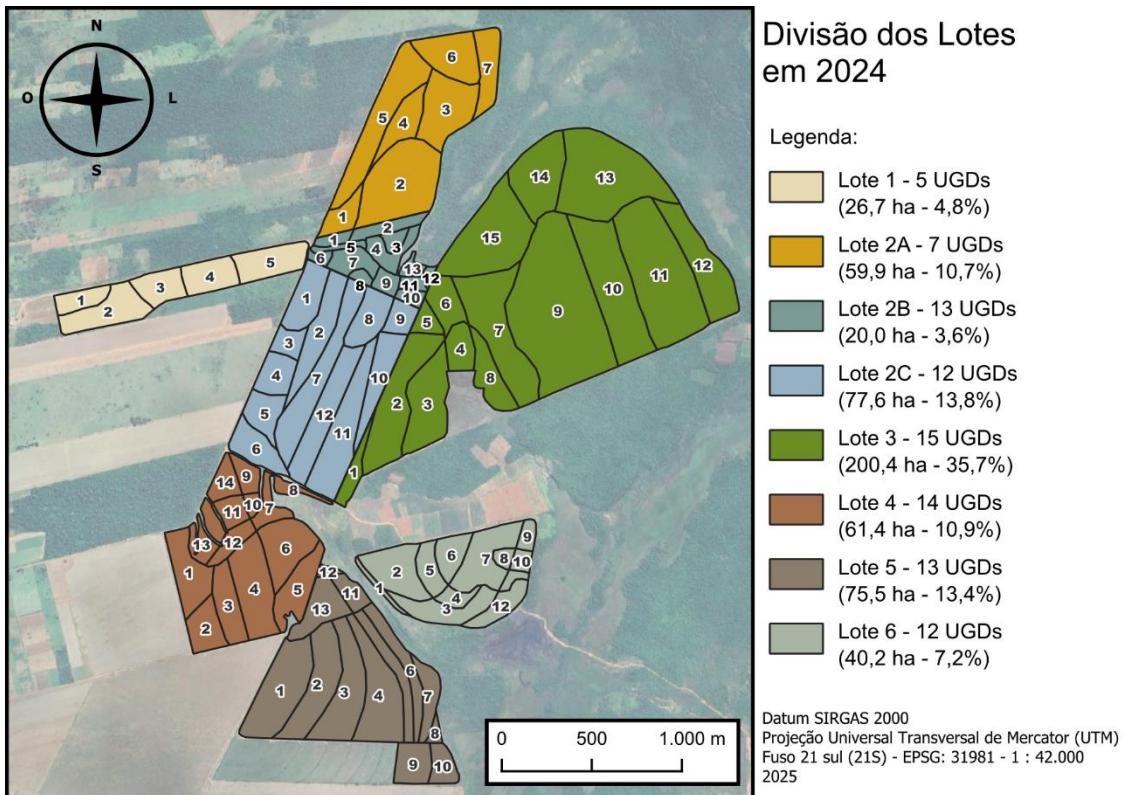


Fonte: elaboração própria (2025).

De acordo com o mapa de solos de Gorostiaga *et al.* (1995), a paisagem é suave-ondulada, com relevo entre 0 e 8% de declividade. A mesma fonte caracteriza o solo na região como um Ultisol Rhodudult Psammentic, arenoso, originado de arenitos, com boa drenagem e sem rochas ou pedregosidades. Essa categoria de solos possui características de ter horizonte B textural, cor avermelhada, menor fertilidade e receber chuvas regularmente ao longo do ano (Soil Survey Staff; 2022).

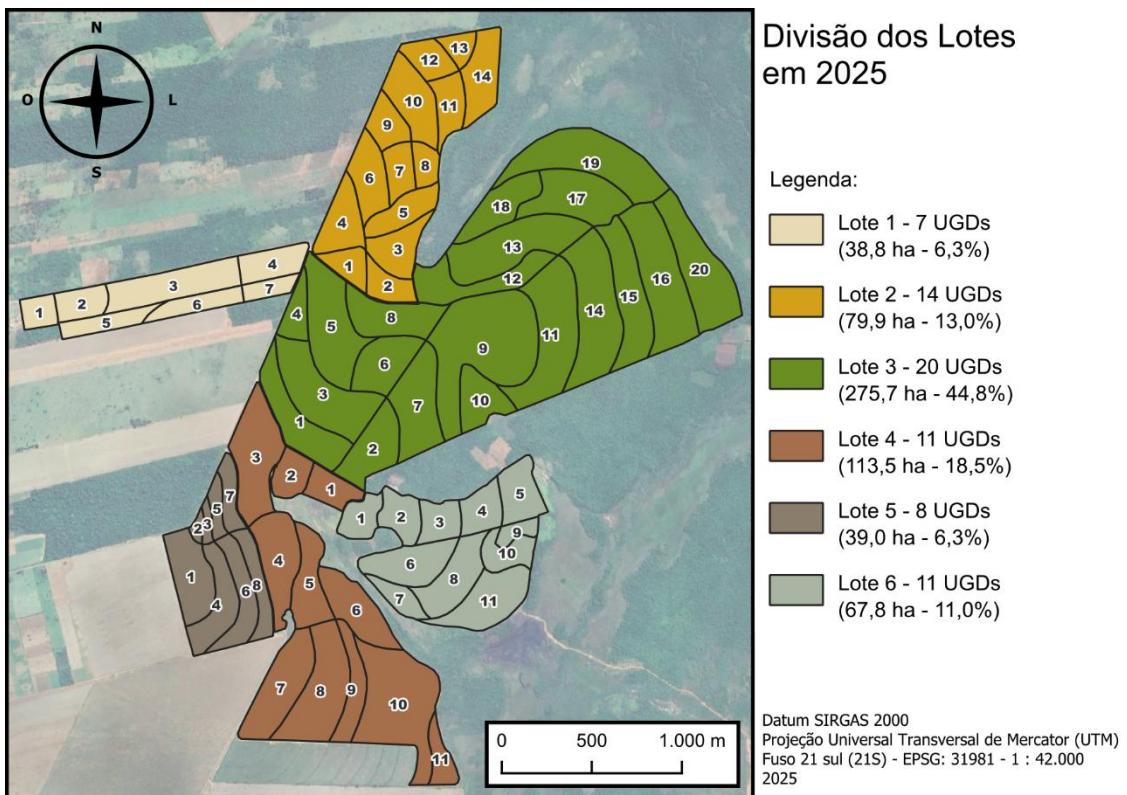
A área começou a ser acompanhada em 2024 e se manteve no Programa Nutrisolum em 2025. Ela era composta por 562 hectares em 2024, separada em 91 UGDs distribuídas em 8 lotes (1, 2A, 2B, 2C, 3, 4, 5 e 6) com uma média de 6,17 ha em cada UGD, e em 2025 foi ampliada para 615 ha, com as UGDs reorganizadas em 71 unidades com uma média de 8,66 ha por UGD, reduzindo para 6 o número de lotes (1, 2, 3, 4, 5 e 6).

Mapa 2 – Divisão dos lotes em 2024, com os limites e numeração das UGDs



Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 3 – Divisão dos lotes em 2025, com limites e numeração das UGDs



Fonte: elaboração própria (2025).

Tabelas 2 – Quantidade UGDs e informações sobre suas áreas em 2024 e 2025

Zonas de Manejo	2024	2025
Número	91	71
Maior área (ha)	38,84	29,31
Menor área (ha)	0,55	0,98
Média de tamanho (ha/UGDs)	6,17	8,66

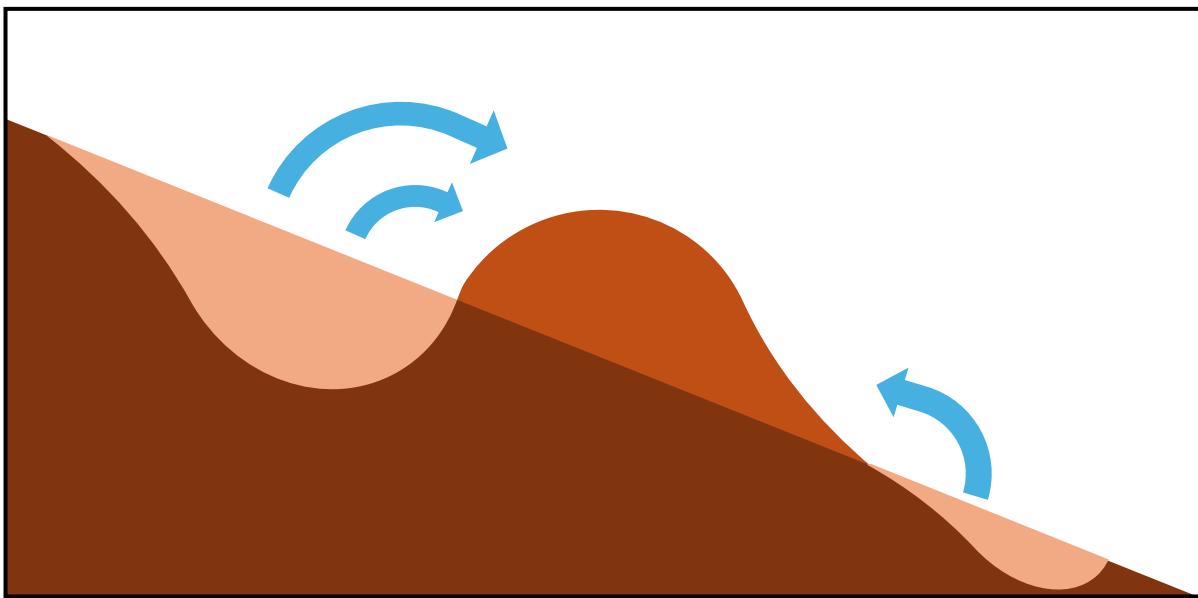
Fonte: elaboração própria (2025).

De um ano para o outro, a organização dos lotes e das UGDs foram alterados em decorrência da gestão da fazenda e da construção de terraços agrícolas, para reduzir a erosão causada pelo corrimento da água da chuva que levava à perda de corretivos, fertilizantes e do preparo de solo inicial, além da erosão do solo que ocorria principalmente no lote 2B. Entre as mudanças está a ampliação dos lotes 1 e 6, a mudança da distribuição de áreas utilizadas nos lotes 2, 3, 4 e 5, e a criação de um lote 7 novo, mais afastado dos demais, que não foi trabalhado neste estudo por não conter dados de 2024. Os terraços construídos passaram a definir parte dos limites das UGDs e sua disposição.

Os terraços construídos são do tipo mangum em nível para retenção e infiltração no solo da água das chuvas, esse tipo de terraço é indicado para terrenos com menor declividade e solos com boa drenagem. Eles são formados movimentando com o arado faixas de terra acima e abaixo do nível do terraço, formando então o camalhão ou monte de terra (Wadt, 2004).

Entre as informações fornecidas está mencionado que a propriedade sofria com a erosão do solo em decorrência da água de chuvas proveniente de áreas externas à propriedade, principalmente na área do lote 2B. A construção dos terraços agrícolas foi realizada visando controlar esse problema para permitir a recuperação das áreas afetadas.

Figura 1 – Esquema de construção dos terraços agrícolas do tipo mangum, as setas indicam a movimentação da terra pelo arado para formar o camalhão



Fonte: elaboração própria (2025).

Figura 2 – Terraços agrícolas construídos na área do antigo lote 5



Fonte: Transagro S.A. (2024).

2.2.3 Coleta das amostras de solo

Os mapas com os pontos de amostragem de solo foram definidos individualmente para cada lote com suas informações de relevo, produtividade observada pelo produtor e imagens satelitais. A disposição dos pontos dentro de cada zona de manejo é algo que variou com o formato de cada uma, enquanto seus números e densidade variaram com a área.

Esses mapas foram utilizados nos momentos de coleta através do aplicativo “4 Farm” com o uso do GPS, que permitia ao condutor do veículo de amostragem se guiar até um raio de 10 metros do ponto de coleta do mapa, onde as subamostras eram extraídas.

As coletas foram realizadas com o equipamento de amostragem de solo “Wintex 3000”, da marca “Wintex Agro”, instalado em um veículo “Gator”, modelo XUV865M, da “John Deere”.

O coletor modelo Wintex 3000 pode realizar a coleta de solos com sua sonda em até três profundidades ao mesmo tempo, tendo 0,90 m como seu limite de profundidade e sendo possível escolher os intervalos de profundidades dentro desse seu horizonte de alcance de acordo com as necessidades da amostragem. Ele também possui um martelo hidráulico, que permite a perfuração com maior facilidade em solos mais compactados e resistentes (WintexAgro, 2025).

O veículo Gator possui capacidade de se movimentar com facilidade nas lavouras para as coletas, mesmo com o Wintex 3000 instalado em sua lateral. Se destaca a possibilidade de alternar para o modo de tração 4x4, essencial para terrenos com maior dificuldade de deslocamento (John Deere, 2025).

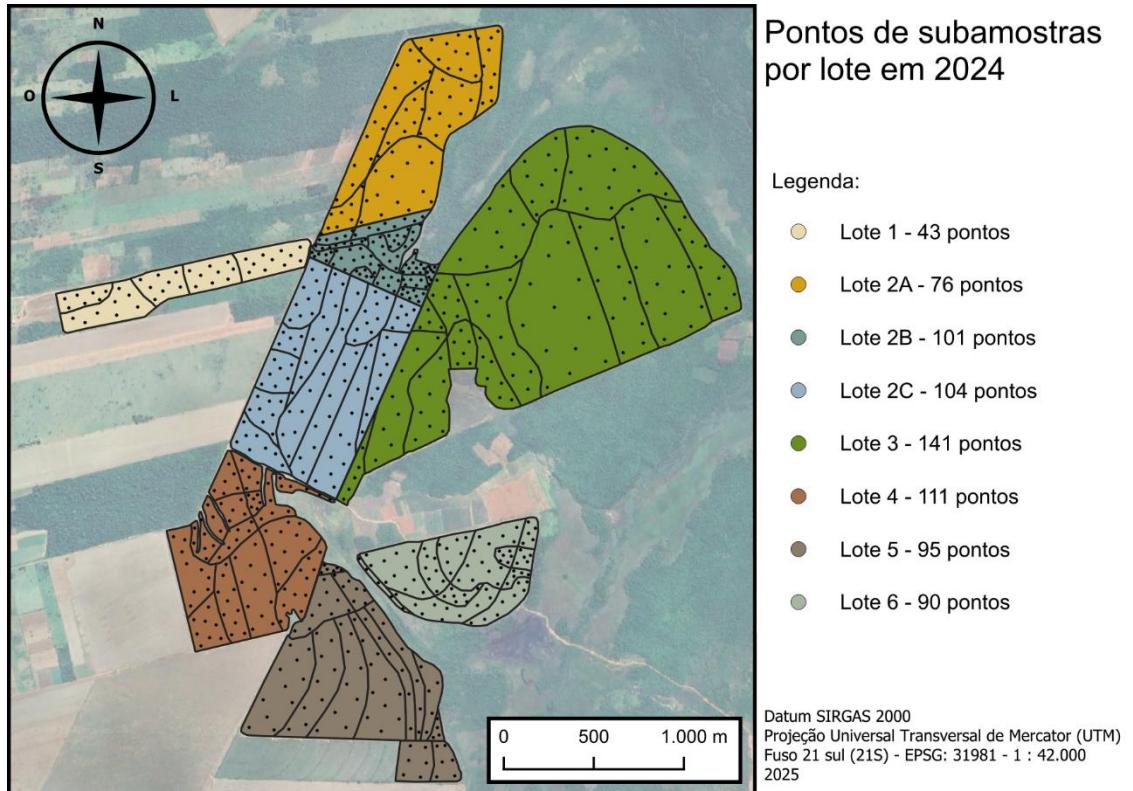
Figura 3 – Veículo Gator em campo com Wintex 3.000 montado em sua lateral (à esquerda) e saquinhos para coleta das amostras de solo



Fonte: Transagro S.A. (2024).

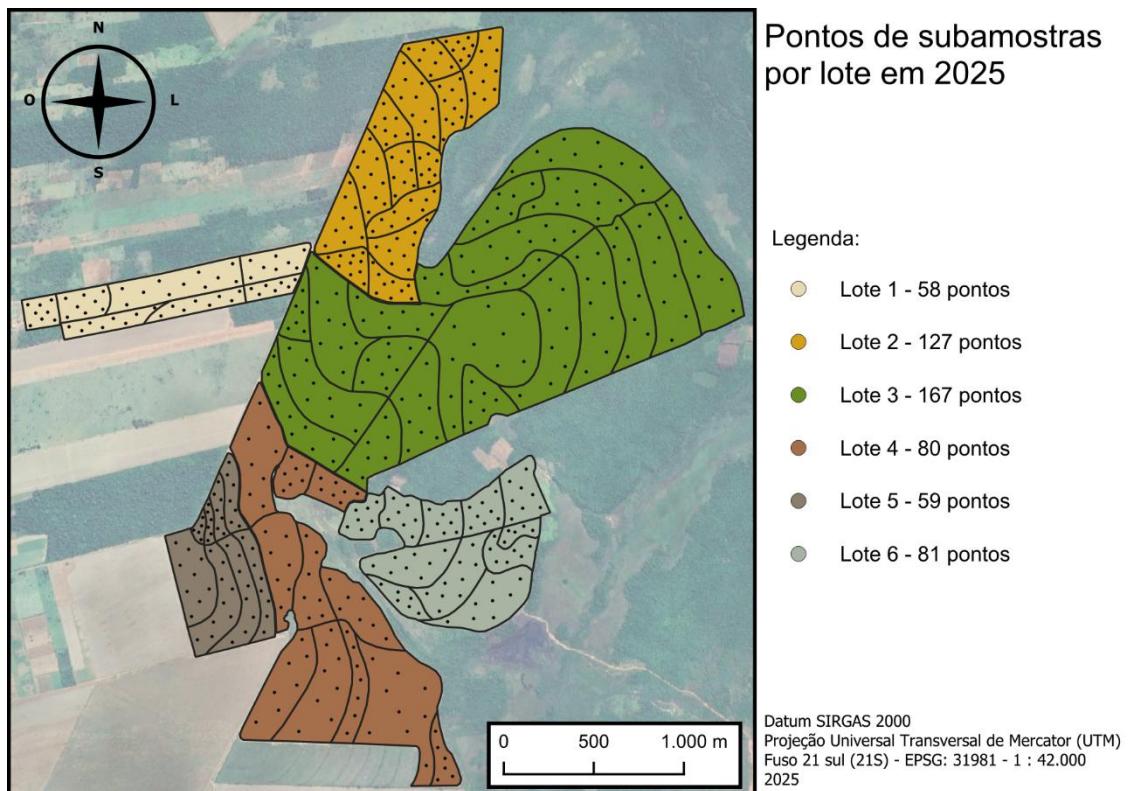
As amostras foram coletadas para uma UGD de cada vez, nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm em todos os pontos de coleta. As subamostras de uma mesma UGD, que variaram de 4 a 16 dependendo da área, eram colocadas em uma embalagem plástica com identificação, formando a amostra composta, para ser enviada para análise laboratorial na empresa homologada “Labortest - Análisis Agronómicos”, que também oferece outros serviços de análises para a área agronômica, como as análises de sementes, tecidos vegetais, nematoides, corretivos agrícolas, fertilizantes inorgânicos e de fitopatologia, usando as metodologias indicadas pelas entidades regulatórias (Labortest, 2025).

Mapa 4 – Pontos de coleta de subamostras por lote em 2024, com limites das UGDs



Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 5 – Pontos de coleta de subamostras por lote em 2025, com limites das UGDs



Fonte: elaboração própria (2025).

Tabela 3 – Área (em hectares), número de subamostras (n) e subamostras por hectare ($n\ ha^{-1}$) por UGDs e lotes nas delimitações do ano de 2024

Lote	UGD	área (ha)	n	$n\ ha^{-1}$
1	1	3,09	7	2,26
1	2	7,51	8	1,07
1	3	4,53	8	1,77
1	4	5,17	9	1,74
1	5	6,41	11	1,71
Total Lote 1		26,71	43	1,61
2A	1	3,29	8	2,43
2A	2	16,24	14	0,86
2A	3	9,73	11	1,13
2A	4	4,93	9	1,82
2A	5	13,01	14	1,08
2A	6	7,40	11	1,49
2A	7	5,30	9	1,70
Total Lote 2A		59,90	76	1,27
2B	1	1,23	5	4,06
2B	2	2,72	8	2,94
2B	3	1,26	7	5,54
2B	4	3,20	11	3,43
2B	5	0,96	8	8,30
2B	6	0,85	6	7,08
2B	7	3,29	12	3,65
2B	8	0,79	5	6,35
2B	9	1,68	7	4,16
2B	10	1,19	8	6,72
2B	11	1,09	6	5,51
2B	12	0,55	8	14,68
2B	13	1,15	10	8,73
Total Lote 2B		19,96	101	5,06
2C	1	5,90	10	1,70
2C	2	7,77	11	1,42
2C	3	2,51	5	1,99
2C	4	4,20	7	1,67
2C	5	4,38	8	1,83
2C	6	5,15	8	1,55

Lote	UGD	área (ha)	n	$n\ ha^{-1}$
2C	7	11,87	11	0,93
2C	8	5,30	9	1,70
2C	9	2,67	6	2,25
2C	10	6,18	9	1,46
2C	11	11,99	11	0,92
2C	12	9,71	9	0,93
Total Lote 2C		77,62	104	1,34
3	1	2,72	5	1,84
3	2	13,40	8	0,60
3	3	10,51	9	0,86
3	4	3,74	6	1,60
3	5	2,03	4	1,97
3	6	4,58	7	1,53
3	7	15,86	11	0,69
3	8	5,35	7	1,31
3	9	38,84	13	0,33
3	10	18,10	11	0,61
3	11	25,13	14	0,56
3	12	10,93	11	1,01
3	13	21,84	16	0,73
3	14	10,58	9	0,85
3	15	16,77	10	0,60
Total Lote 3		200,37	141	0,70
4	1	7,12	9	1,26
4	2	4,63	8	1,73
4	3	5,56	10	1,80
4	4	10,35	11	1,06
4	5	6,31	11	1,74
4	6	7,97	12	1,51
4	7	2,64	5	1,89
4	8	1,42	6	4,23
4	9	2,31	6	2,60
4	10	1,00	6	6,03
4	11	2,50	5	2,00

Lote	UGD	área (ha)	n	$n\ ha^{-1}$
4	12	2,66	6	2,25
4	13	4,07	10	2,46
4	14	2,94	6	2,04
Total Lote 4		61,44	111	1,81
5	1	12,73	11	0,86
5	2	10,20	9	0,88
5	3	10,77	9	0,84
5	4	11,61	11	0,95
5	5	4,67	6	1,28
5	6	4,93	6	1,22
5	7	3,74	5	1,34
5	8	0,78	4	5,10
5	9	4,38	6	1,37
5	10	2,88	6	2,08
5	11	2,48	7	2,83
5	12	0,62	6	9,71
5	13	5,74	9	1,57
Total Lote 5		75,53	95	1,26
6	1	1,01	5	4,96
6	2	7,51	11	1,47
6	3	5,99	10	1,67
6	4	1,77	7	3,97
6	5	3,33	8	2,40
6	6	3,63	7	1,93
6	7	8,55	13	1,52
6	8	1,07	6	5,59
6	9	1,42	5	3,53
6	10	1,25	5	3,99
6	11	0,93	5	5,40
6	12	3,72	8	2,15
Total Lote 6		40,16	90	2,24
Total Geral		561,70	761	1,35

Fonte: elaboração própria (2025).

Tabela 4 – Área (em hectares), número de subamostras (n) e subamostras por hectare ($n\ ha^{-1}$) por UGDs e lotes nas delimitações do ano de 2025

Lote	UGD	área (ha)	n	$n\ ha^{-1}$
1	1	3,33	8	2,40
1	2	4,76	8	1,68
1	3	12,28	11	0,90
1	4	6,01	8	1,33
1	5	4,72	8	1,69
1	6	4,86	8	1,65
1	7	2,89	7	2,42
Total Lote 1		38,85	58	1,49
2	1	4,02	10	2,49
2	2	4,37	9	2,06
2	3	6,77	9	1,33
2	4	7,56	9	1,19
2	5	6,08	9	1,48
2	6	7,66	10	1,31
2	7	4,57	8	1,75
2	8	3,17	7	2,21
2	9	4,90	8	1,63
2	10	9,41	11	1,17
2	11	5,43	10	1,84
2	12	4,79	8	1,67
2	13	2,74	8	2,93
2	14	8,42	11	1,31
Total Lote 2		79,89	127	1,59
3	1	11,33	10	0,88
3	2	9,23	7	0,76
3	3	16,18	9	0,56
3	4	4,07	6	1,47

Lote	UGD	área (ha)	n	$n\ ha^{-1}$
3	5	15,80	9	0,57
3	6	8,86	8	0,90
3	7	12,67	8	0,63
3	8	10,11	7	0,69
3	9	29,31	10	0,34
3	10	6,94	6	0,86
3	11	18,85	8	0,42
3	12	10,20	8	0,78
3	13	16,74	9	0,54
3	14	18,73	9	0,48
3	15	12,98	8	0,62
3	16	18,31	8	0,44
3	17	12,77	9	0,70
3	18	8,26	7	0,85
3	19	18,72	10	0,53
3	20	15,68	8	0,51
Total Lote 3		275,75	164	0,59
4	1	4,64	7	1,51
4	2	4,63	7	1,51
4	3	14,43	8	0,55
4	4	10,89	7	0,64
4	5	8,52	7	0,82
4	6	9,53	7	0,73
4	7	12,86	7	0,54
4	8	15,65	8	0,51
4	9	6,15	7	1,14
4	10	22,56	9	0,40

Lote	UGD	área (ha)	n	$n\ ha^{-1}$
4	11	3,65	6	1,65
Total Lote 4		113,50	80	0,70
5	1	9,87	9	0,91
5	2	0,98	5	5,13
5	3	1,19	6	5,04
5	4	8,34	9	1,08
5	5	2,36	7	2,97
5	6	7,34	8	1,09
5	7	3,72	7	1,88
5	8	5,24	8	1,53
Total Lote 5		39,04	59	1,51
6	1	4,60	7	1,52
6	2	5,43	7	1,29
6	3	4,97	8	1,61
6	4	5,43	8	1,47
6	5	6,99	8	1,15
6	6	9,41	8	0,85
6	7	3,57	6	1,68
6	8	9,44	9	0,95
6	9	2,24	5	2,24
6	10	4,86	7	1,44
6	11	10,89	8	0,73
Total Lote 6		67,81	81	1,19
Total Geral		614,84	569	0,93

Fonte: elaboração própria (2025).

2.2.4 Recomendações de correção e adubação

Os resultados para cada parâmetro obtido nas análises químicas de solo foram interpretados em cinco categorias (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto) cujos limites são específicos para cada item analisado pelo laboratório e dependem da CTC média encontrada para cada lote. Os valores que dividem as cinco classes foram baseados inicialmente em Embrapa Soja (2002) e Embrapa Soja (2010). Os limites de classes foram sendo modificados de acordo com resultados obtidos empiricamente para as diferentes culturas e condições ambientais do Paraguai.

As recomendações de correção e adubação fornecidas a SERVIMAQ S.A. foram calculadas pela Transagro S.A. de acordo com as categorias de cada parâmetro. Foi desenvolvido um plano de correção e adubação personalizado a levando em conta os resultados das amostragens, as características da propriedade, o cultivo de cobertura realizado anteriormente, o cultivo principal a ser realizado na área durante o verão de 2024/25 e sua produtividade esperada.

A correção foi calculada visando alcançar o 80% de saturação por bases e a porcentagem de cálcio de 55%, utilizando doses mais altas de calcário dolomítico para se obter um incremento de magnésio no solo. O método é baseado nas ideias de Albrecht (1996), buscando um equilíbrio entre as proporções de cátions básicos na saturação de bases (V%).

A adubação foi calculada após se considerar a produtividade esperada para a cultura do amendoim de 4.000 kg por hectare na propriedade. Com base nisso, foram consideradas as quantidades de N, P₂O₅ e K₂O extraídas nessa produtividade, a natureza da cultura anterior cultivada (leguminosa ou gramínea) e a classe de cada nutriente pelas análises de solo para se calcular as necessidades da cultura por esses três componentes. As recomendações de adubação de base e de cobertura foram calculadas visando deixar o balanço de nutrientes do solo positivo, deixando um residual dos nutrientes no solo após a exportação para a melhoria da fertilidade do solo.

2.2.5 Cultivos e operações por lote

Antes do início do acompanhamento, a área era destinada ao arrendamento para o cultivo de soja na safra e cultivos de outras culturas no inverno. Após o início do acompanhamento foi cultivado amendoim em área total na safra de verão, de setembro a março, e foi realizado o cultivo de plantas de cobertura no período de seca (safra de inverno).

Após a amostragem de solos realizada no início de 2024, as atividades e operações passaram a seguir a divisão dos lotes de 2025, apresentada anteriormente.

A tabela 4 apresenta os cultivos realizados entre as duas amostragens por lote. Foram cultivados para cobertura do solo no período de seca em 2024 aveia nos lotes 1, 2, 3, e 6, e um mix de plantas nos lotes 4 e 5 composto por *Brachiaria ruziziensis*, *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*. Enquanto no período de safra de verão foi cultivado amendoim em toda a área da fazenda.

Tabela 5 – Cultivos entre as duas amostragens analisadas com divisão por lote de 2025

Atividade (ano)	Lote					
	1	2	3	4	5	6
Cobertura de inverno (2024)	Aveia	Aveia	Aveia	Mix	Mix	Aveia
Safra das água (2024/25)	Amendoim Yankee	Amendoim Yankee	Amendoim IAC 503	Amendoim Yankee	Amendoim Yankee	Amendoim IAC 503

Fonte: elaboração própria (2025).

Dentre os amendoins cultivados na propriedade estava o cultivar IAC 503, do Instituto Agronômico de Campinas, e o cultivar Yankee, derivado de cultivares produzidos nos Estados Unidos da América.

O cultivar IAC 503 possui hábito de crescimento rasteiro e desenvolvimento indeterminado. Essas características, em conjunto com um ciclo de desenvolvimento de 130 a 150 dias, permitem uma maior resistência a variações climáticas e maior constância produtiva ao longo de várias safras (IAC, 2018).

O cultivar Yankee, que também possui o hábito de crescimento rasteiro, é o resultado de um cultivar do grupo Georgia que foi trazido e sofreu adaptação às

condições do Paraguai ao longo dos anos. Como resultado dos processos de importação e adaptação não terem sido devidamente registrados, não se tem muitas informações sobre o atual cultivar Yankee. Os cultivares do grupo Georgia, são do tipo rasteiro, com grãos de tamanho médio a grande, maturidade próxima de 140 e 150 dias e níveis de óleo normais e altos (Georgia peanuts, 2024).

Figura 4 – Grãos e vagens do cultivar de amendoim IAC 503



Fonte: IAC (2018).

Com a exceção do lote 1, todas as demais áreas foram revolvidas entre as amostragens com arado de 5 aivecas reversível, modelo ARR² da Tatu Marchesan (Tatu Marchesan, 2021), invertendo as camadas superficiais do solo. Também houve ao menos uma gradagem (leve ou pesada) em cada lote, enquanto a nivelação apenas não foi realizada no lote 2.

A expansão dos lotes 6 e 1 foram realizadas respectivamente em julho e setembro de 2024, após a semeadura das plantas de cobertura e antes da semeadura do amendoim.

Figura 5 – Arado AAR² sendo utilizado na propriedade



Fonte: Transagro S.A. (2024).

2.3.8 Análises dos dados

2.3.8.1 Software SIG

Os dados foram processados e analisados com o auxílio da ferramenta SIG e software “QGIS”, versão 3.40.9 – Bratislava (QGIS, 2025), para sua melhor visualização e interpretação.

2.3.8.2 Dados de relevo e declividade

Após a adição da camada raster referente ao digital elevation model (DME) ao projeto, ela foi recortada para a região próxima da lavoura e depois foi processada pela ferramenta do QGIS para “Análise de dados Raster” para gerar um arquivo com os valores de cada pixel convertidos em porcentagem de declividade.

Ambos os arquivos foram modificados para reproduzir suas imagens em banda simples falsa-cor. Enquanto um serviu para a análise do relevo, com os dados de altitude em relação ao nível do mar, o que possuía dados de declividade foi classificado de acordo com Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS (1979).

Com o uso do complemento “Qgis2threejs Web Engine”, foi possível preparar modelos de elevação digital tridimensionais para visualização dos mapas. Com o intuito de ressaltar as características do relevo, foi aplicada uma distorção de 5 vezes nos dados de altitude para esses modelos.

2.3.8.3 Mapas para análise com classes

Os arquivos georreferenciados usados para o estudo foram disponibilizados em diversos data e foram reprojetados para a padronização utilizando o datum SIRGAS 2000 com a projeção Universal Transversal de Mercator (UTM) na zona 21 sul (21S), de código EPSG número 31981.

Arquivos no formato shapefile com as delimitações de cada um dos seis lotes e suas zonas de manejo adotadas nos anos de 2024 e 2025 foram adicionados a um projeto no QGIS e se verificou que nas suas respectivas tabelas de atributos estavam as informações sobre cada UGD, incluindo o lote a que pertenciam e sua numeração. Utilizando as ferramentas de edição, foi criada uma coluna “UniCode” na tabela de atributos cujo valor em cada célula foi a concatenação dos valores das células nas colunas “Lote” e “ID_de_zona” de cada linha, criando-se assim um código de identificação único para cada UGD.

Figura 6 – Tabela de atributos no software QGIS com a coluna “UniCode” adicionada

Lote	Conjunto_d	ID_de_zona	UniCode
1 LOTE_01	12/1/2025	ZM01	LOTE_01_ZM01
2 LOTE_01	12/1/2025	ZM02	LOTE_01_ZM02
3 LOTE_01	12/1/2025	ZM03	LOTE_01_ZM03
4 LOTE_01	12/1/2025	ZM04	LOTE_01_ZM04
5 LOTE_01	12/1/2025	ZM05	LOTE_01_ZM05
6 LOTE_01	12/1/2025	ZM06	LOTE_01_ZM06
7 LOTE_01	12/1/2025	ZM07	LOTE_01_ZM07

Fonte: elaboração própria (2025).

Como as planilhas com os resultados das análises químicas feitas em laboratório continham os resultados para ambas as profundidades de cada lote, primeiramente se separaram esses dados em dois arquivos diferentes: um para as profundidades de 0 a 20 cm e outro para as de 20 a 40 cm.

Foi adicionada em cada planilha uma coluna também denominada “UniCode” com o código para cada UDG correspondente à coluna adicionada aos arquivos vetoriais. Essas planilhas foram então padronizadas quanto à pontuação e salvas no formato de “valores separados por vírgulas” (csv) para posteriormente serem adicionadas ao QGIS.

Os arquivos vetoriais com as UGDs foram então unidos à sua planilha/tabela correspondente ao mesmo ano. Com isso, se tornou possível classificar as UGDs dos mapas de acordo com os resultados das análises químicas.

Para evitar erros durante a produção dos mapas, os limites de cada lote com suas UGDs foram mesclados, resultando em um arquivo de delimitação para cada ano. O mesmo procedimento foi realizado para as planilhas, resultando em uma para cada ano e profundidade, possibilitando as análises cartográficas das amostras de solo para as duas profundidades de modo simplificado.

As recomendações para cada operação (correção, adubação de plantio e de cobertura) em cada UGD foram extraídas e dispostas em novas planilhas, uma para cada ano, com a existência da coluna “UniCode” para a posterior união com as camadas vetoriais.

Os mapas para a análise de classes desses parâmetros foram produzidos com as classificações de cada UGD de acordo com as classes definidas para cada parâmetro, resultando em quatro mapas para cada um ao utilizar os dados de cada ano e profundidade. Os mapas de recomendações e de aplicações foram realizados de maneira semelhante, mas utilizando os dados correspondentes fornecidos sobre cada UGD.

2.3.8.4 Gráficos de comparação por lote

Os gráficos disponíveis para a comparação entre os dois anos levavam em conta apenas os resultados da camada superior, de 0 a 20 cm de profundidade, por isso, eles foram atualizados para incluírem as informações da camada inferior, de 20 a 40 cm de profundidade, com o objetivo de promoverem uma melhor visão das modificações no perfil do solo como um todo.

A análise comparativa da média de cada setor, profundidade e ano levam em conta a modificação da classificação das áreas de um ano para o outro. A base para a comparação foi a nomenclatura e delimitação das áreas usadas em 2025, as UGDs utilizadas em 2024 foram alocadas ao lote correspondente em 2025 de acordo com sua localização. Essas correções incluíram principalmente o lote 2C de 2024 sendo alocado para comparação como lote 3 e a reorganização dos lotes 4 e 5 de 2024 para 2025, que alterou completamente a localização do lote 5. Áreas adicionadas em 2025 também influenciaram nos cálculos de seus setores correspondentes.

Também foi levada em consideração as áreas de cada UGD, com seus cálculos realizados através do QGIS, para as médias de cada lote, resultando em médias ponderadas para todos os lotes e elementos de análise.

A limitação desses ajustes está no fato de que o formato de grande parte dos limites das UGDs de 2025 não coincidem com os limites de 2024. Com isso, os valores obtidos para os lotes em 2025 foram ponderados por suas áreas no mesmo ano, enquanto foram comparados com os valores das UGDs que se encontravam dentro dos limites de 2025 ponderados pela área dessas unidades em 2024.

2.3.8.5 Avaliação da precipitação, temperatura, produtividade e do resultado financeiro

A precipitação e a temperatura foram analisadas na região através da análise de mapas obtidos no site da Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH) do Governo do Paraguai (DMH, 2025) contidos em relatórios trimestrais para o período dos cultivos e comparando com os dados das últimas décadas.

A produtividade foi avaliada através de um comparativo dos resultados de cada um dos lotes, informando o cultivar utilizado, as datas de semeadura e colheita, o total de dias no campo e a produtividade.

Para a análise do resultado financeiro, os gastos por lote informados de cada uma das atividades e insumos foi categorizado e discutido. O total gasto por lote foi utilizado para o cálculo da lucratividade (com a venda da tonelada de amendoim por 600 dólares) obtida e simulações para o equilíbrio financeiro, lucro de 300 US\$ ha⁻¹ e produtividade de 4 toneladas por hectare da cultura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Característica textural

A análise textural de amostras de solo realizada na região chegara a resultar em 85% de areia total, e menos de 10% de argila na camada de 0 a 20 cm, quase sem aumentar a argila na camada de 20 a 40 cm de profundidade. As classes de solo em que se enquadram os resultados observados são de areia franca e franco-arenoso, segundo Santos *et al.* (2025).

3.2 Análise do relevo

Figura 7 – Imagem aérea da propriedade



Fonte: Transagro S.A. (2024).

O mapa de relevo com os dados de altitude (Mapa 6) mostra que o terreno da propriedade tem como característica terras mais altas a oeste com uma tendência de redução de altitude para o leste. Com essa característica, a área fica sujeita a receber a água de chuvas que precipitou a oeste da propriedade, sofrendo com a erosão causada no solo por esse volume de água, justificando a construção dos terraços agrícolas para controlar o fluxo de água.

Como apresentado no mapa de declividade (Mapa 7), a redução da altitude para leste ocorre de forma suave, resultando que a maior parte das áreas de lavoura

possuem declividade de até 20% para as classes de EMBRAPA (1979), porém, destrinchando ainda mais os números, vemos que 89,8 (em 2024) e 89,0% (em 2025) da área está com declividade de até 12,0% segundo os resultados da análise da imagem de satélite (Tabelas 4 e 5).

Tabela 6 – Área da propriedade (em hectares e porcentagem) nos anos de 2024 e 2025 segundo as classes de declividade definidas pela EMBRAPA

EMBRAPA 1979	2024		2025	
	ha	%	ha	%
até 3%	64,09	11,42	68,95	11,23
entre 3 e 8%	320,73	57,13	347,14	56,54
entre 8 e 20%	173,98	30,99	193,95	31,59
entre 20 e 45%	2,56	0,46	3,89	0,63
entre 45 e 75%	0,00	0,00	0,00	0,00
acima de 75%	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	561,38	100,00	613,94	100,00

Fonte: elaboração própria (2025). Dados de: © NASA 2014, Includes Material © JAXA, METI 2011.

Todos os direitos reservados.

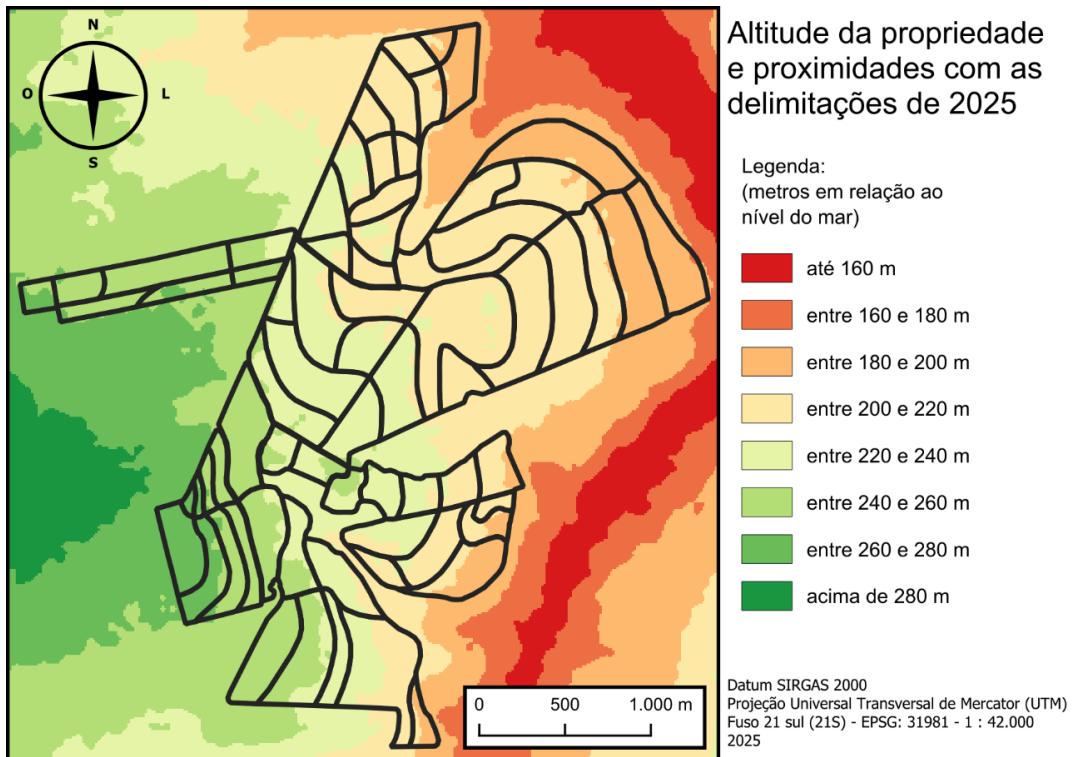
Tabela 7 – Área da propriedade (em hectares e porcentagem) nos anos de 2024 e 2025 segundo as classes de declividade definidas pelo autor (“Agrícola”)

Agrícola	2024		2025	
	ha	%	ha	%
até 3%	64,09	11,42	68,95	11,23
entre 3 e 8%	320,73	57,13	347,14	56,54
entre 8 e 12%	119,34	21,26	130,56	21,27
entre 12 e 15%	34,86	6,21	39,72	6,47
entre 15 e 20%	19,78	3,52	23,67	3,86
acima de 20%	2,56	0,46	3,89	0,63
Total	561,38	100,00	613,94	100,00

Fonte: elaboração própria (2025). Dados de: © NASA 2014, Includes Material © JAXA, METI 2011.

Todos os direitos reservados.

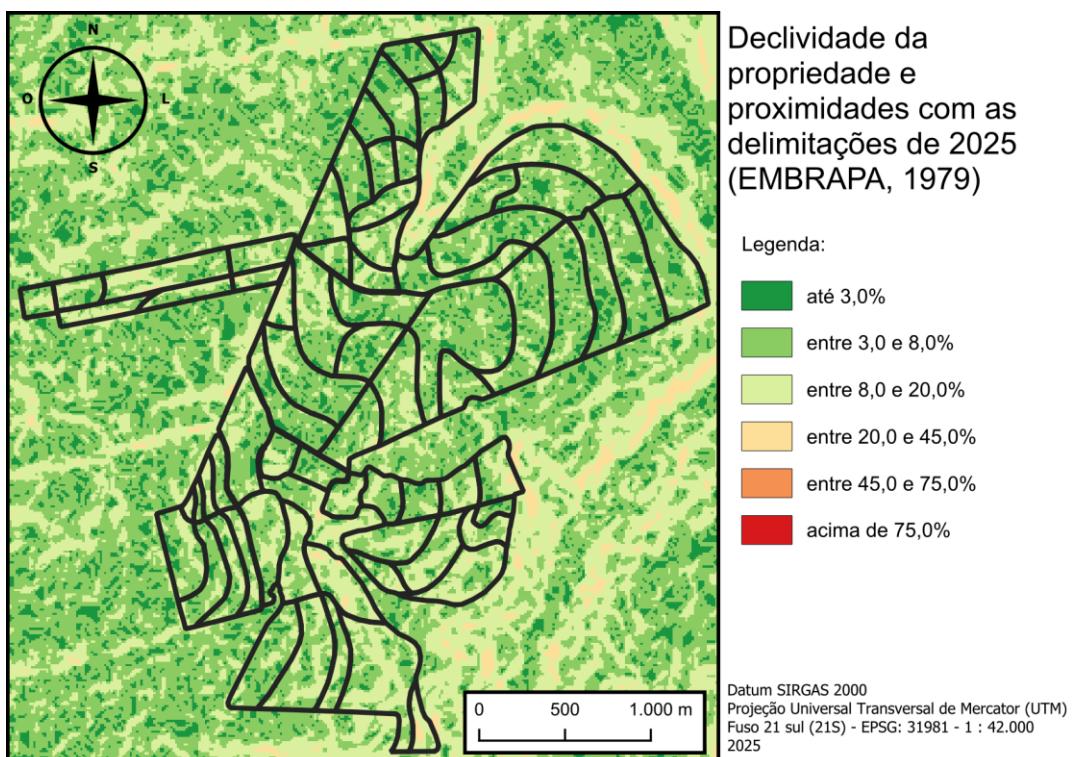
Mapa 6 – Relevo na propriedade e região de acordo com o nível do mar



Fonte: elaboração própria (2025). Dados de: © NASA 2014, Includes Material © JAXA, METI 2011.

Todos os direitos reservados.

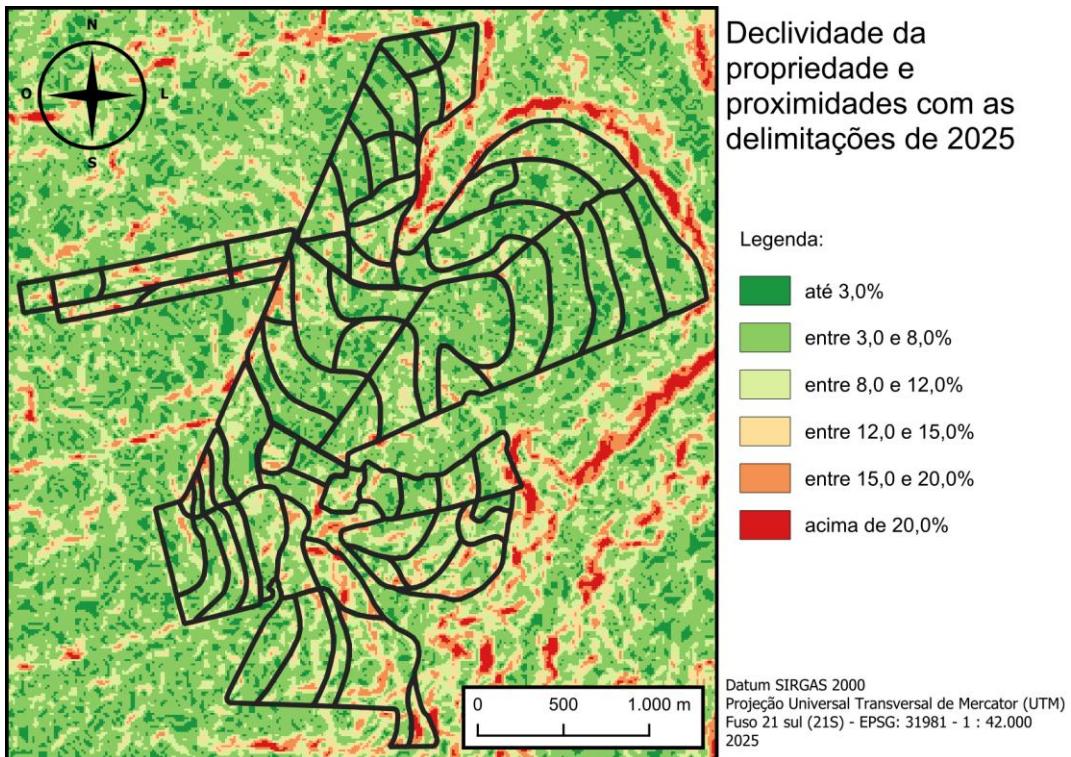
Mapa 7 – Declividade na propriedade e região (classes de EMBRAPA, 1979)



Fonte: elaboração própria (2025). Dados de: © NASA 2014, Includes Material © JAXA, METI 2011.

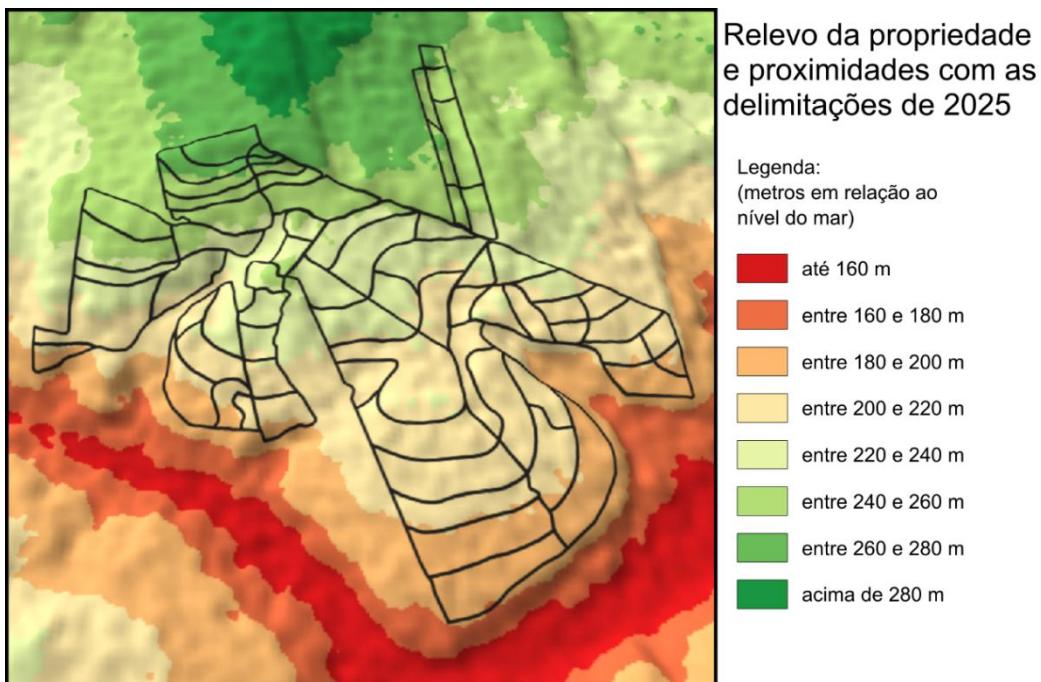
Todos os direitos reservados.

Mapa 8 – Declividade na propriedade e região (classes definidas pelo autor)



Fonte: elaboração própria (2025). Dados de: © NASA 2014, Includes Material © JAXA, METI 2011. Todos os direitos reservados.

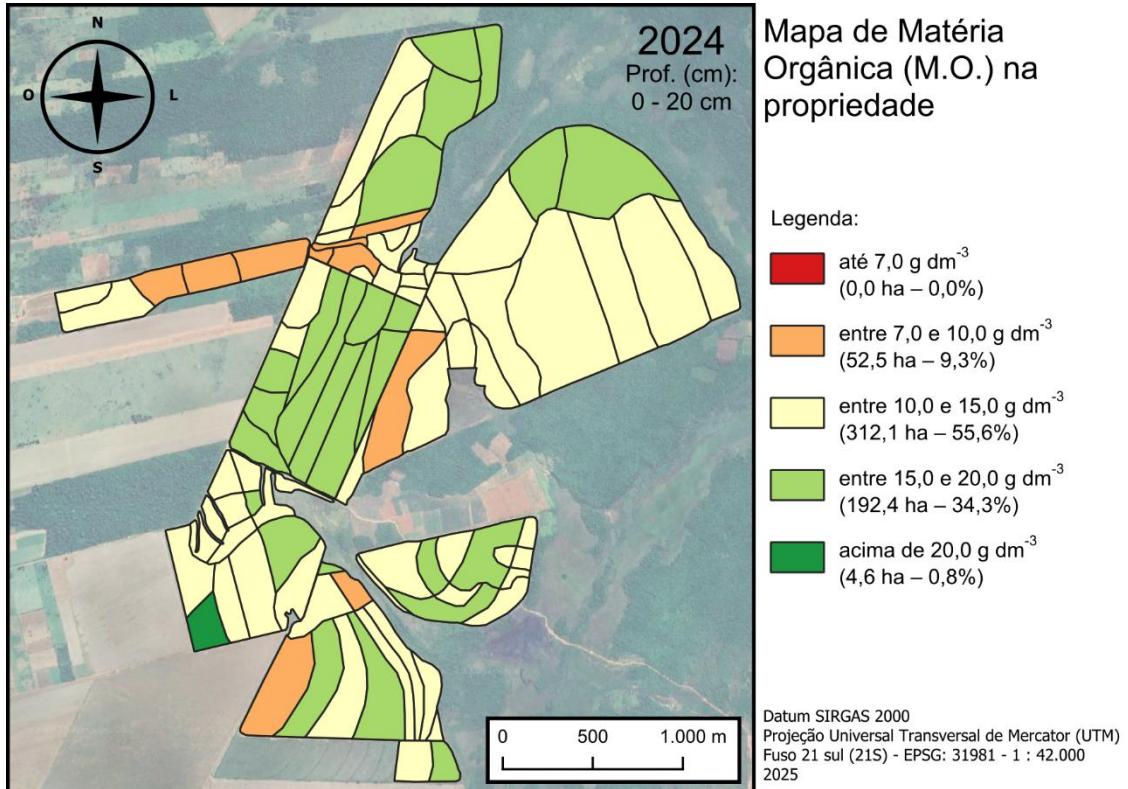
Figura 8 – Montagem em 3D do relevo na propriedade e região, com distorção de cinco vezes do eixo z (altitude em relação ao nível do mar)



Fonte: elaboração própria (2025). Dados de: © NASA 2014, Includes Material © JAXA, METI 2011. Todos os direitos reservados.

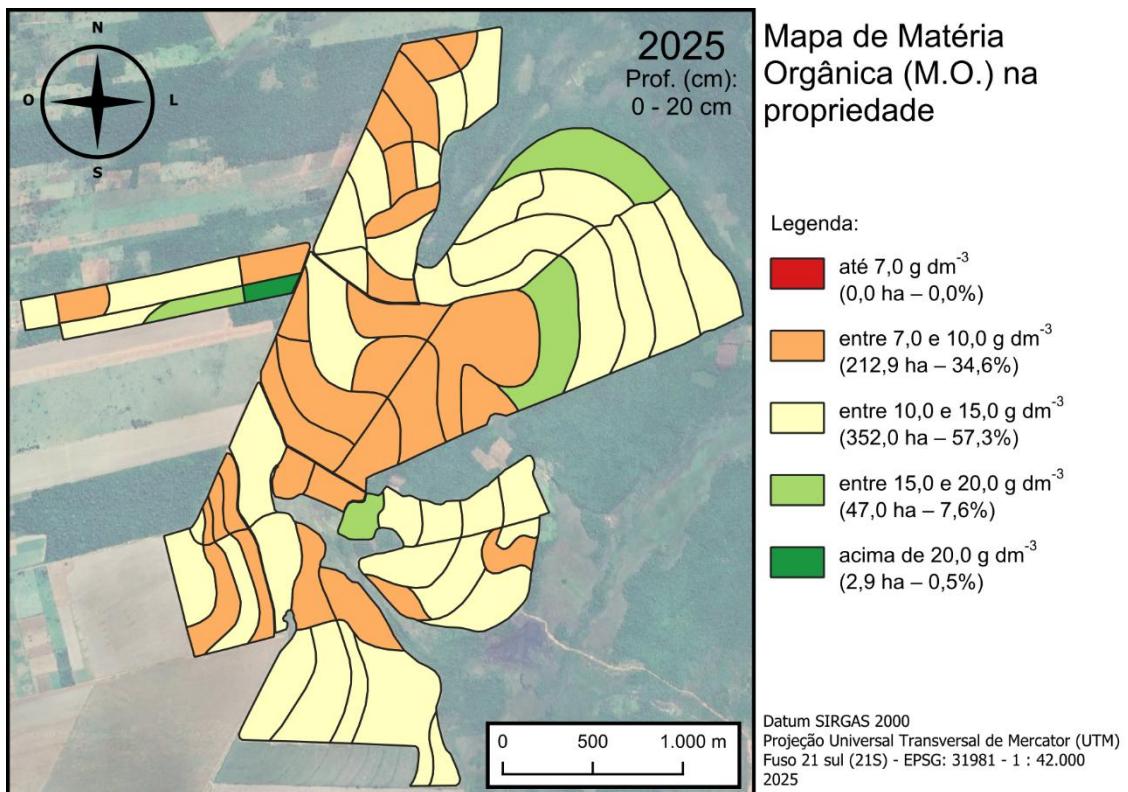
3.3 Mapas de análise por classe

Mapa 9 – Classe de matéria orgânica por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)



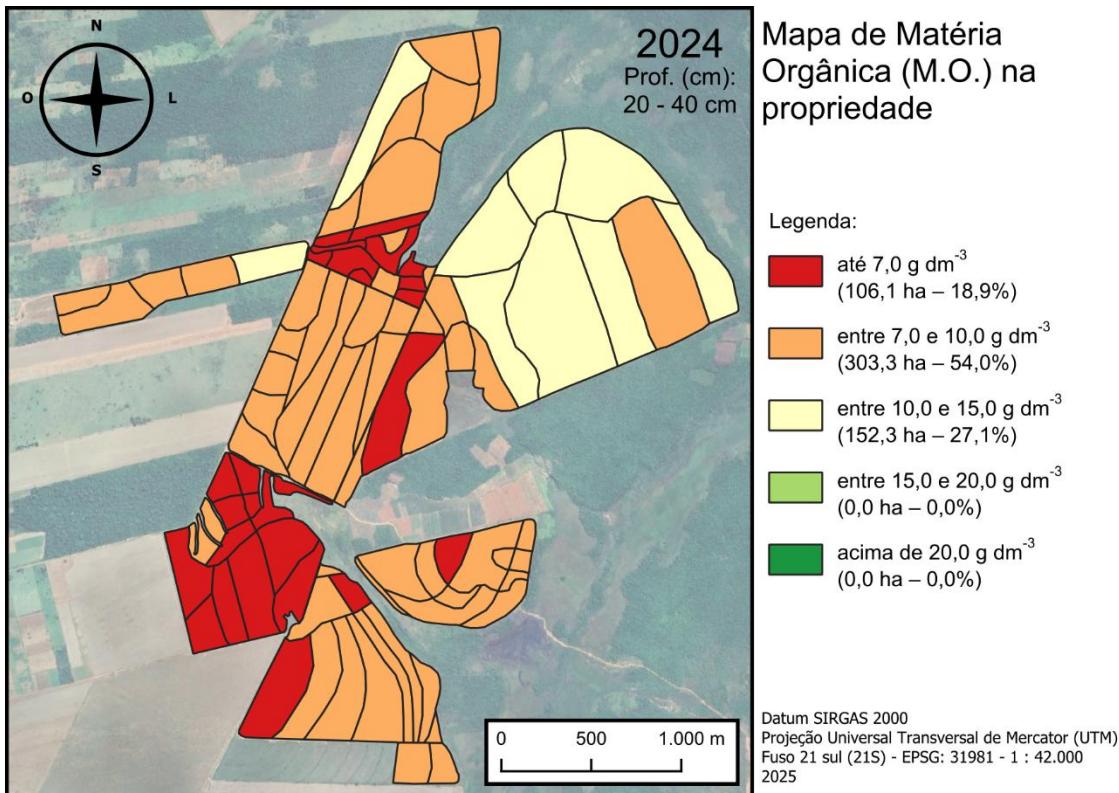
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 10 – Classe de matéria orgânica por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)



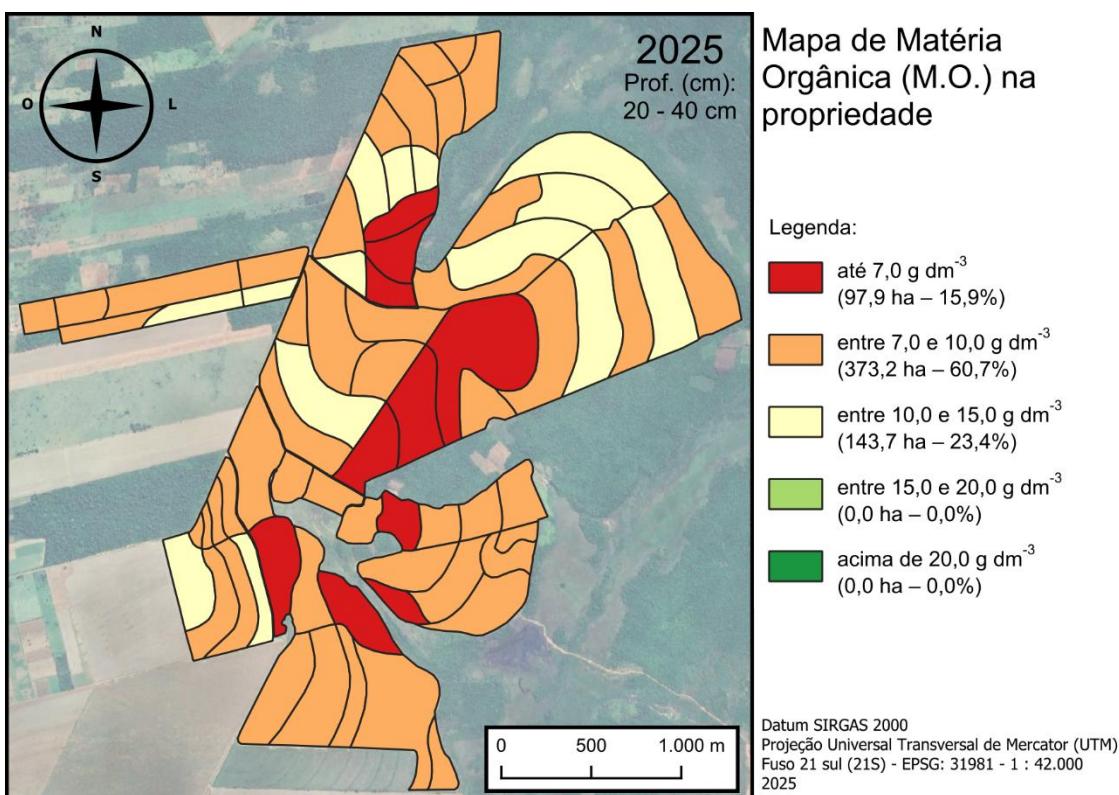
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 11 – Classe de matéria orgânica por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)



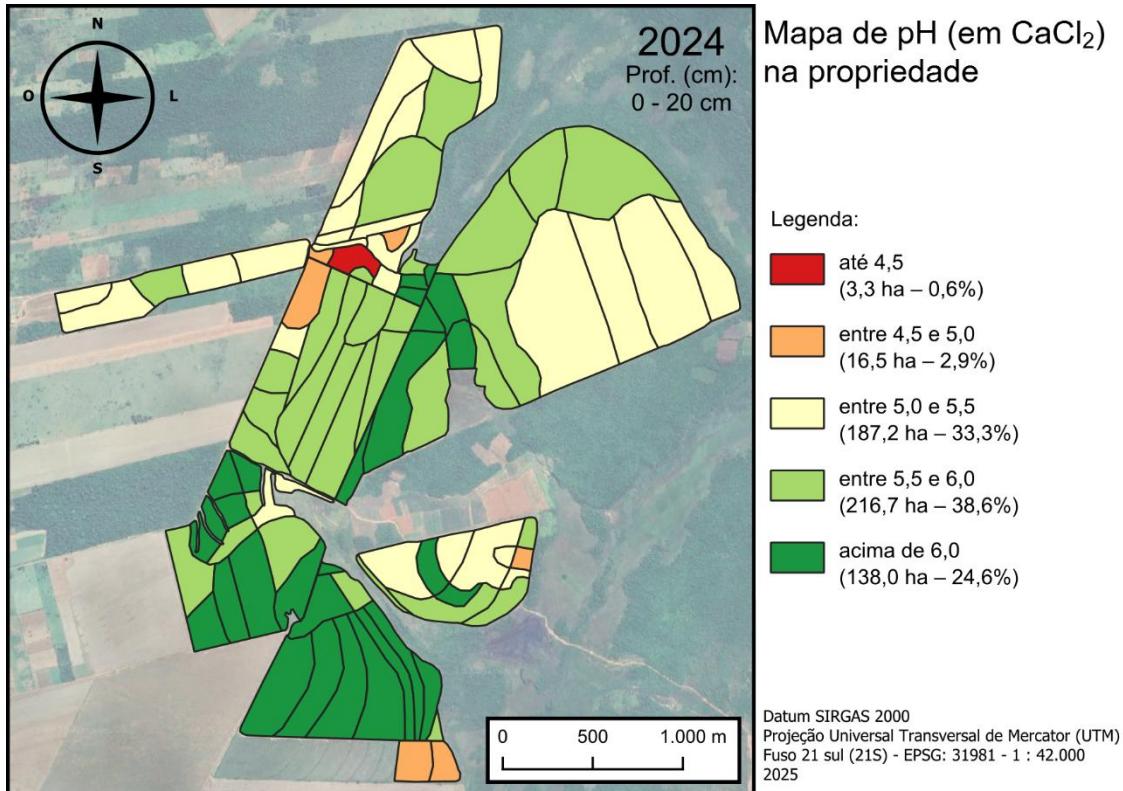
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 12 – Classe de matéria orgânica por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)



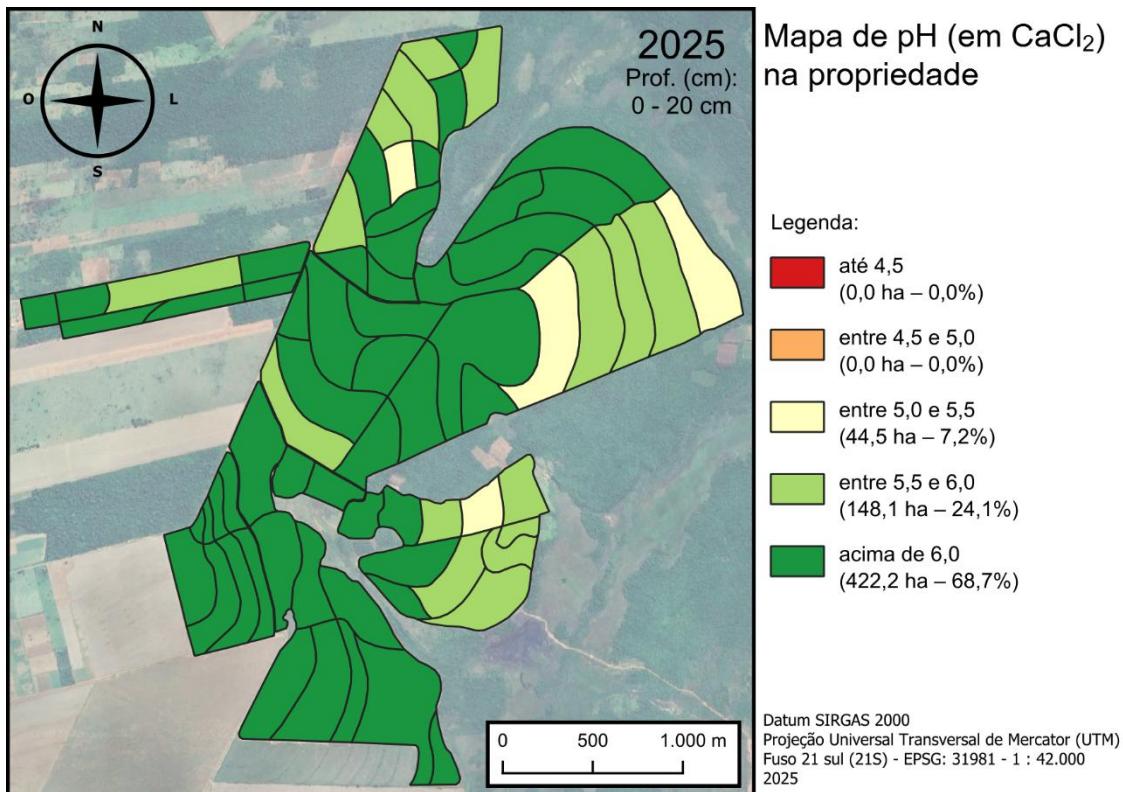
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 13 – Classe de pH em CaCl₂ por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)

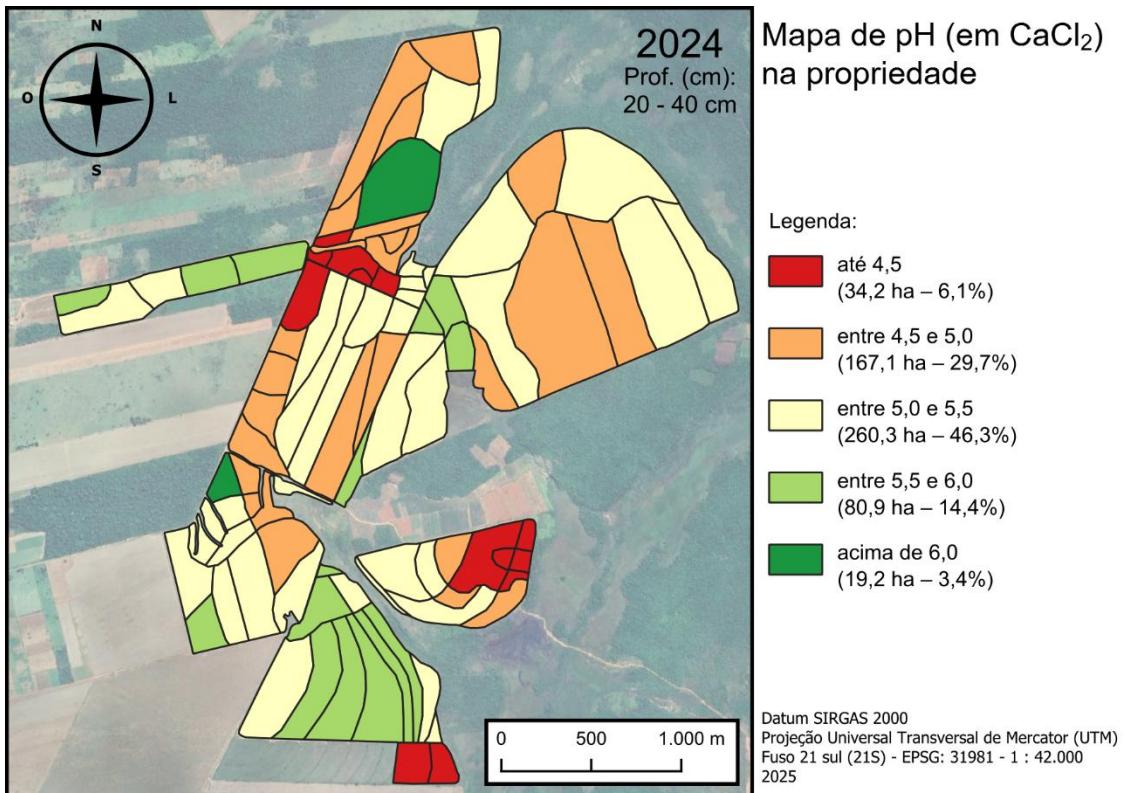


Fonte: elaboração própria (2025).

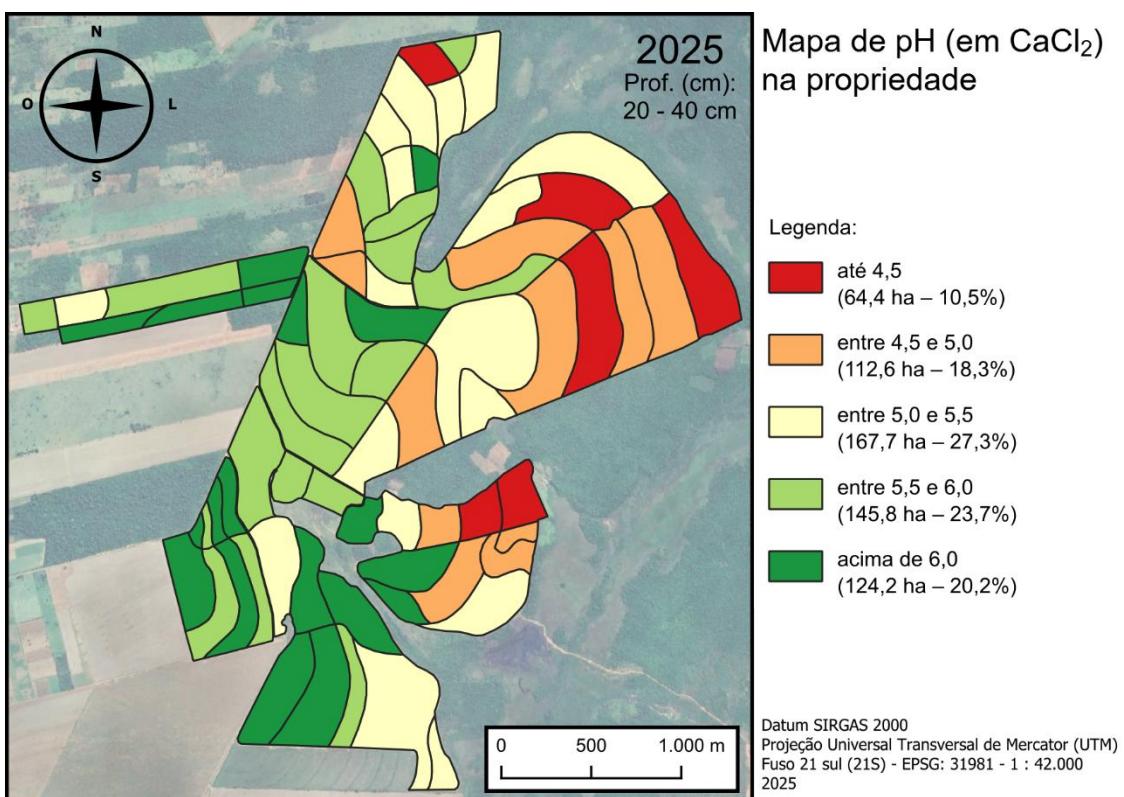
Mapa 14 – Classe de pH em CaCl₂ por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)



Fonte: elaboração própria (2025).

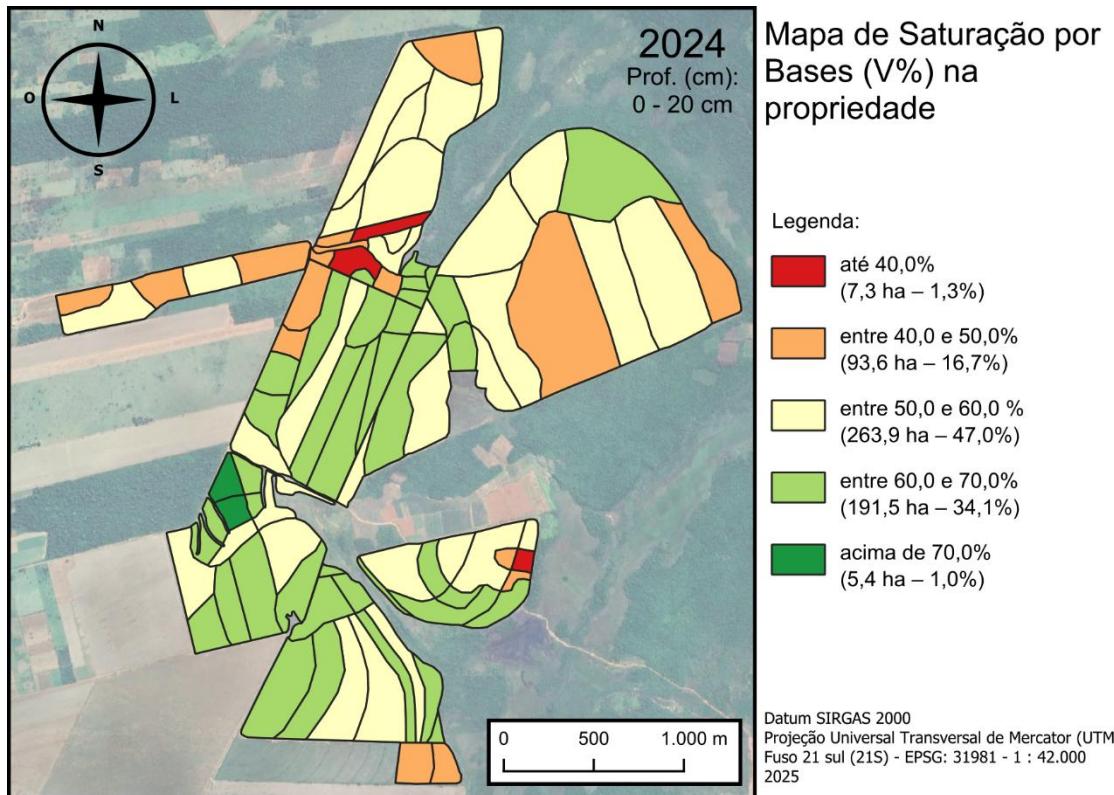
Mapa 15 – Classe de pH em CaCl₂ por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)

Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 16 – Classe de pH em CaCl₂ por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)

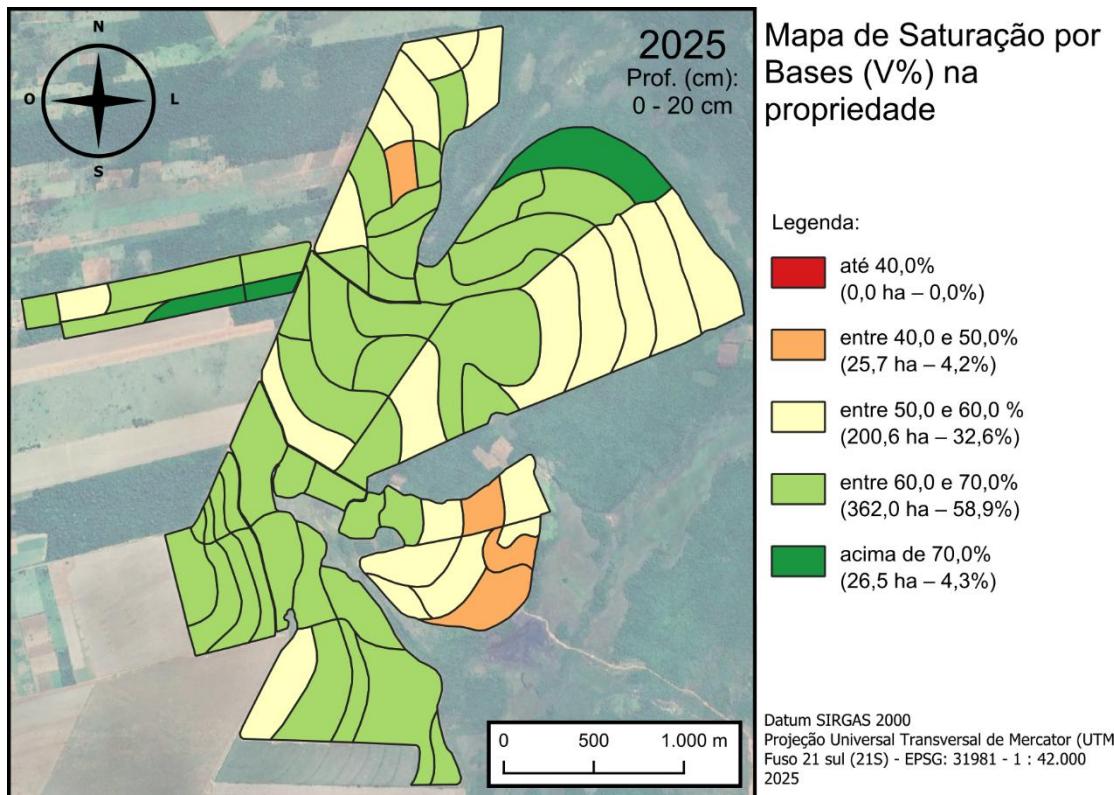
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 17 – Classe de saturação por bases por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)



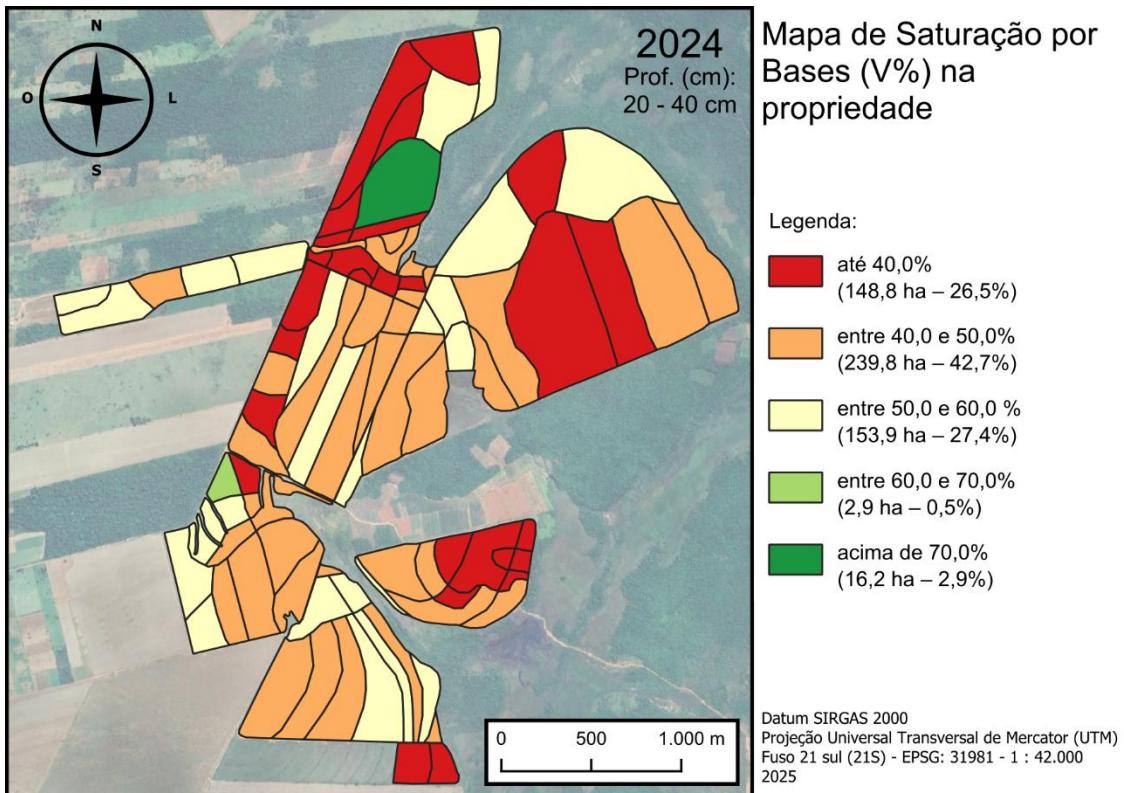
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 18 – Classe de saturação por bases por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)



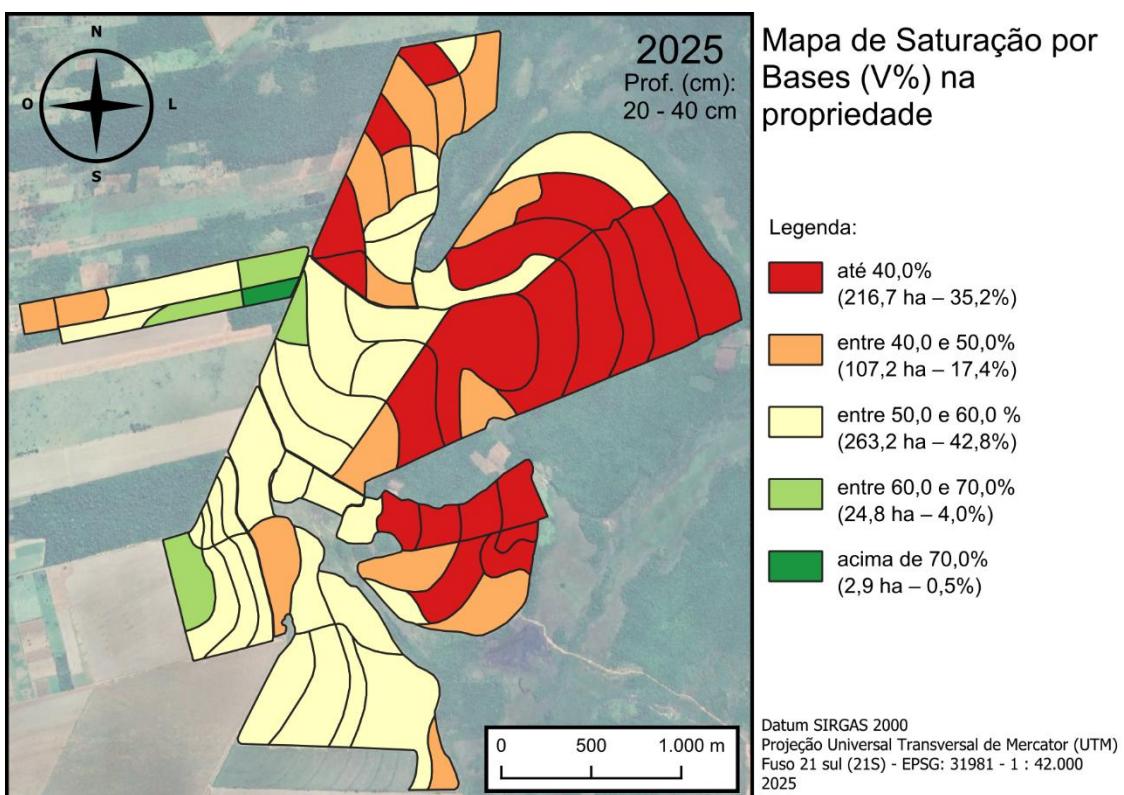
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 19 – Classe de saturação por bases por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)



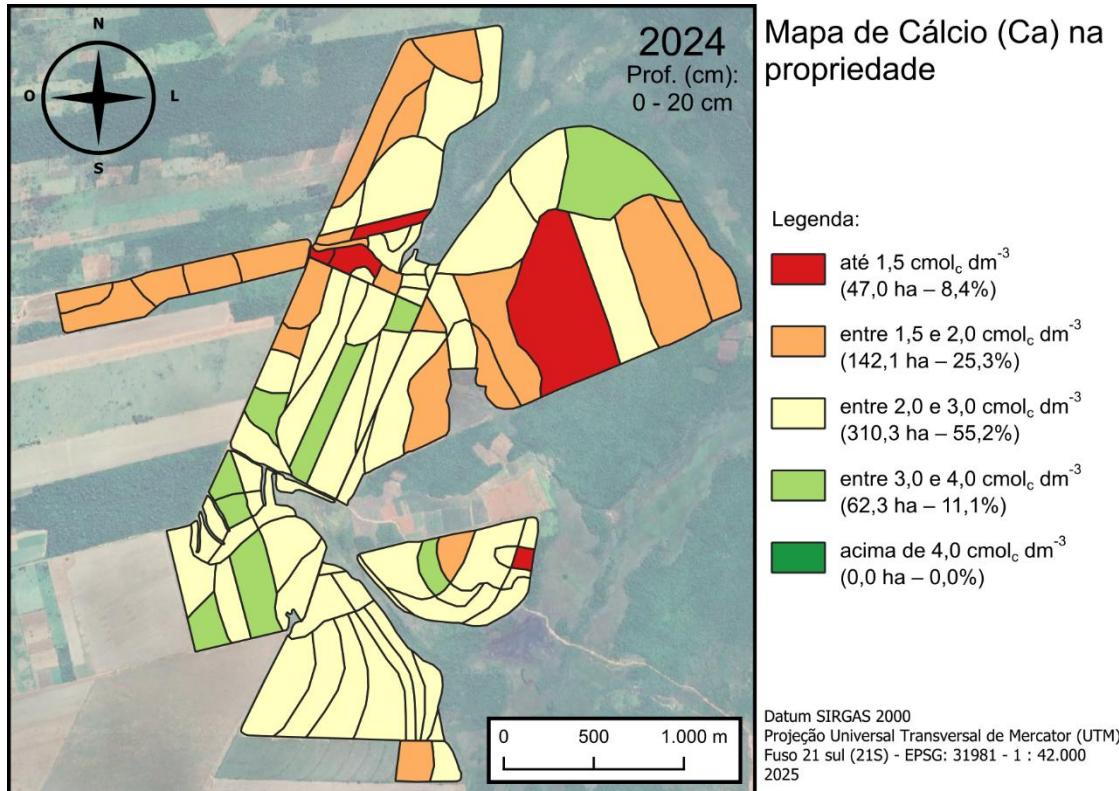
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 20 – Classe de saturação por bases por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)



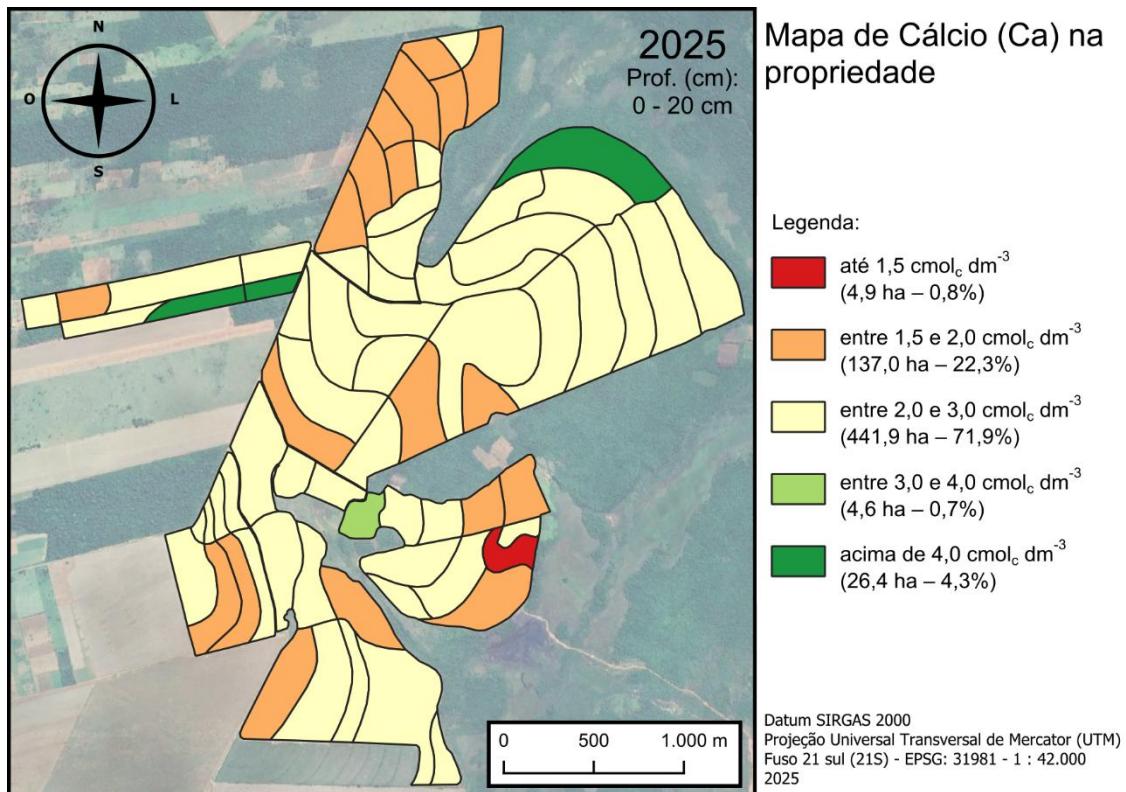
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 21 – Classe de cálcio por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)



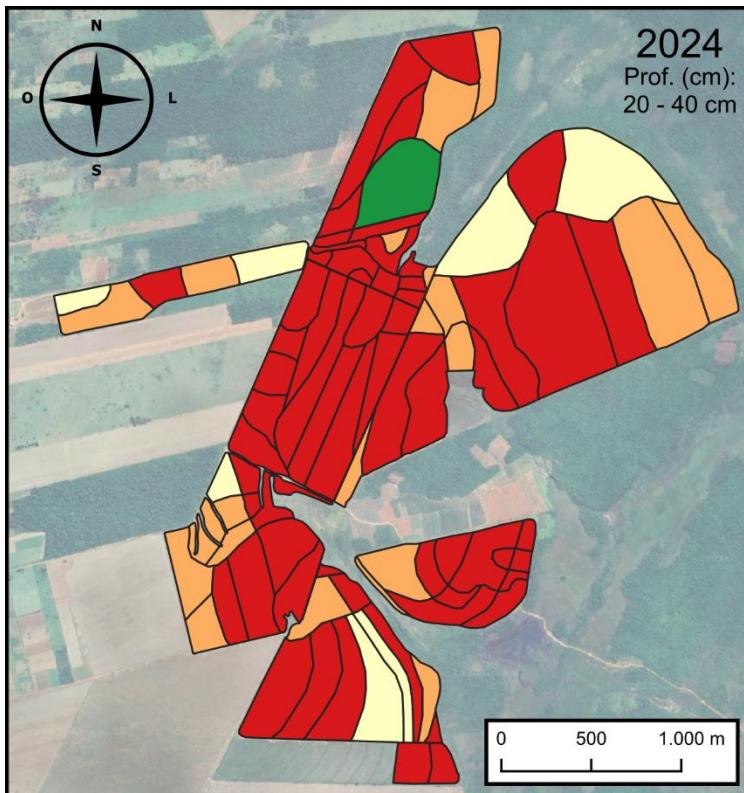
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 22 – Classe de cálcio por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)



Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 23 – Classe de cálcio por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)



Mapa de Cálcio (Ca) na propriedade

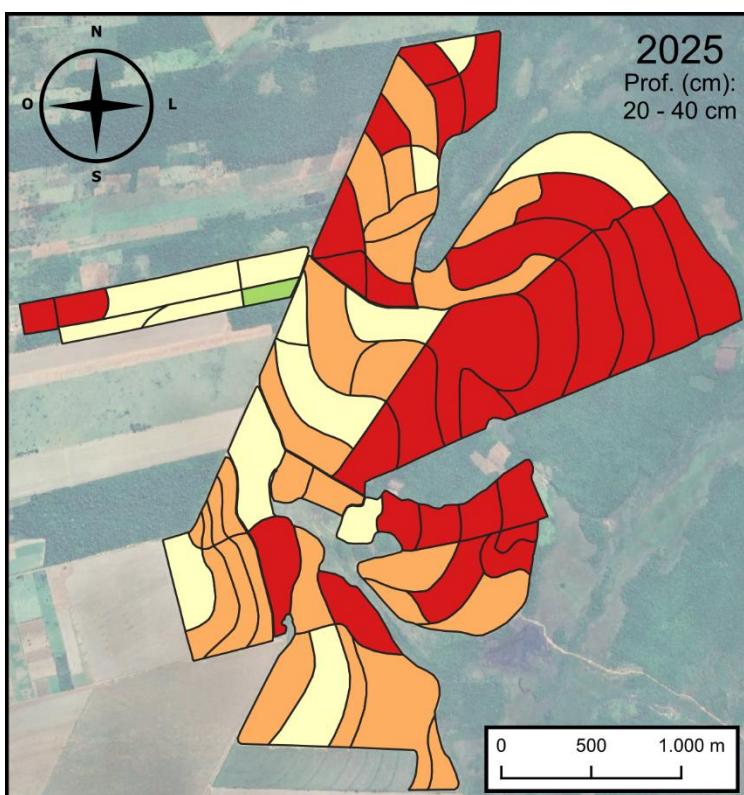
Legenda:

vermelho	até 1,5 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (360,5 ha – 64,2%)
laranja	entre 1,5 e 2,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (117,6 ha – 20,9%)
amarelo	entre 2,0 e 3,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (67,3 ha – 12,0%)
verde	entre 3,0 e 4,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (0,0 ha – 0,0%)
verde escuro	acima de 4,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (16,2 ha – 2,9%)

Datum SIRGAS 2000
Projeção Universal Transversal de Mercator (UTM)
Fuso 21 sul (21S) - EPSG: 31981 - 1 : 42.000
2025

Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 24 – Classe de cálcio por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)



Mapa de Cálcio (Ca) na propriedade

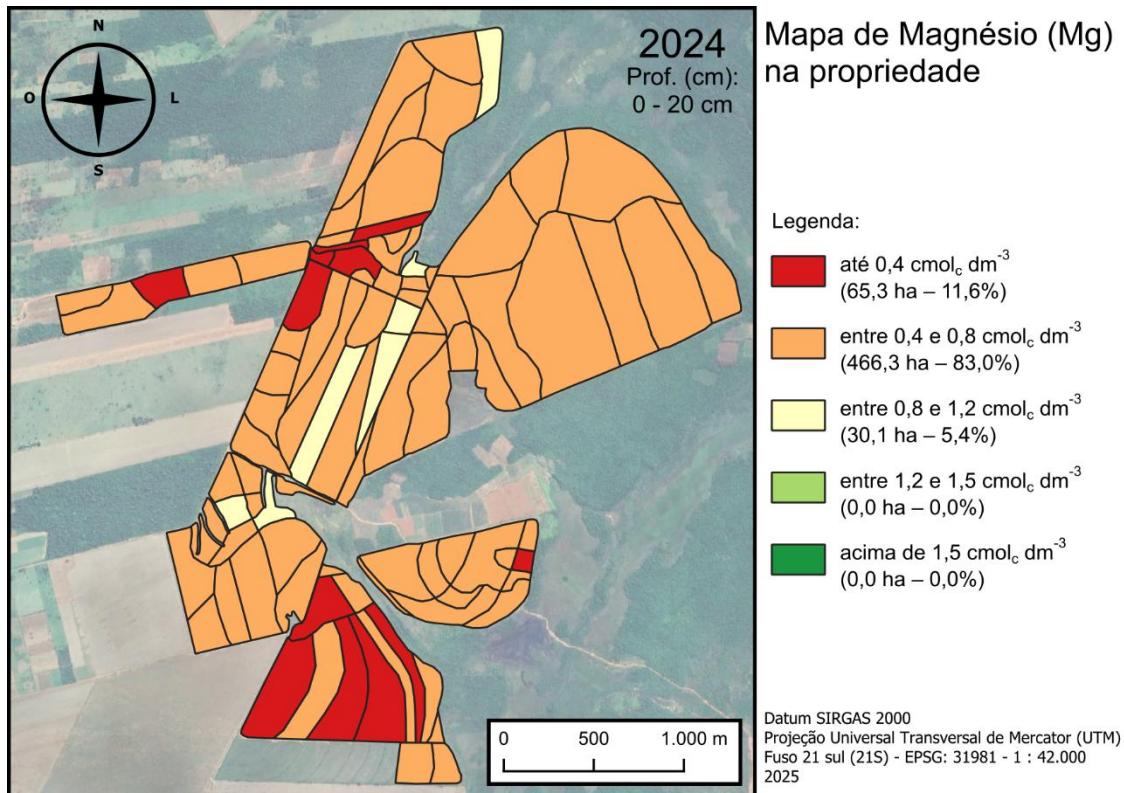
Legenda:

vermelho	até 1,5 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (279,6 ha – 45,5%)
laranja	entre 1,5 e 2,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (205,0 ha – 33,3%)
amarelo	entre 2,0 e 3,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (127,4 ha – 20,7%)
verde	entre 3,0 e 4,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (2,9 ha – 0,5%)
verde escuro	acima de 4,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{dm}^{-3}$ (0,0 ha – 0,0%)

Datum SIRGAS 2000
Projeção Universal Transversal de Mercator (UTM)
Fuso 21 sul (21S) - EPSG: 31981 - 1 : 42.000
2025

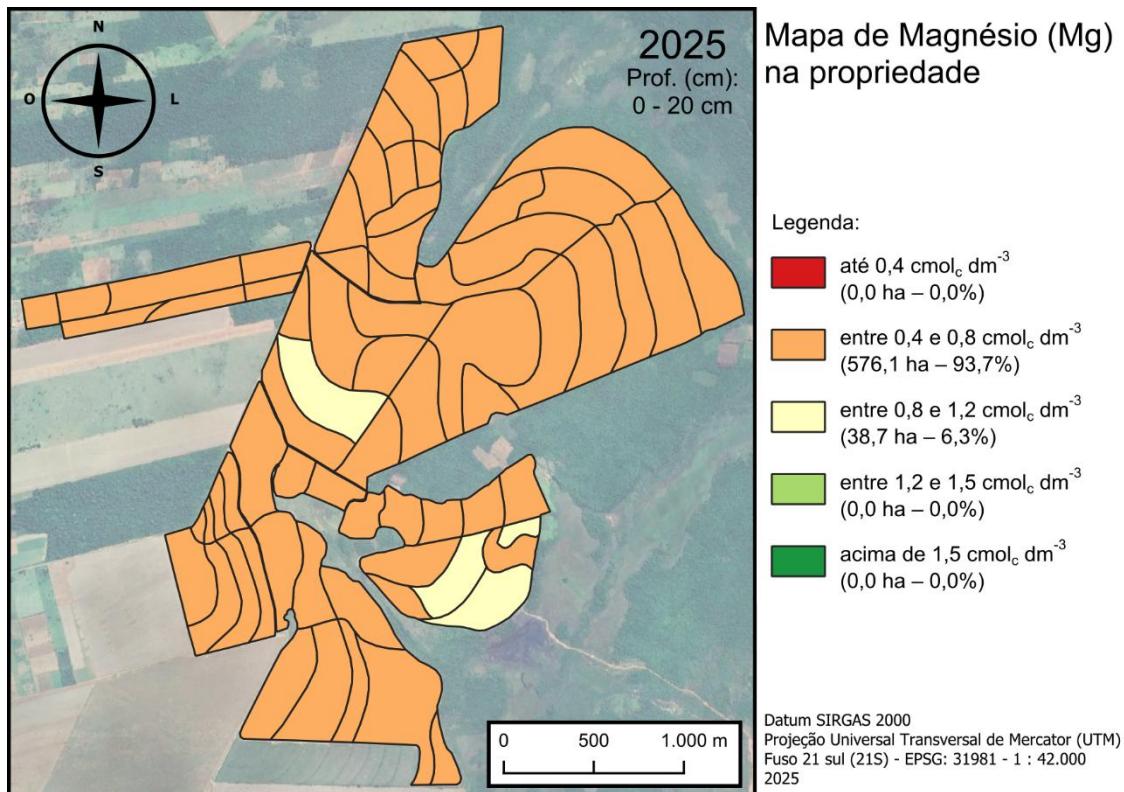
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 25 – Classe de magnésio por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)



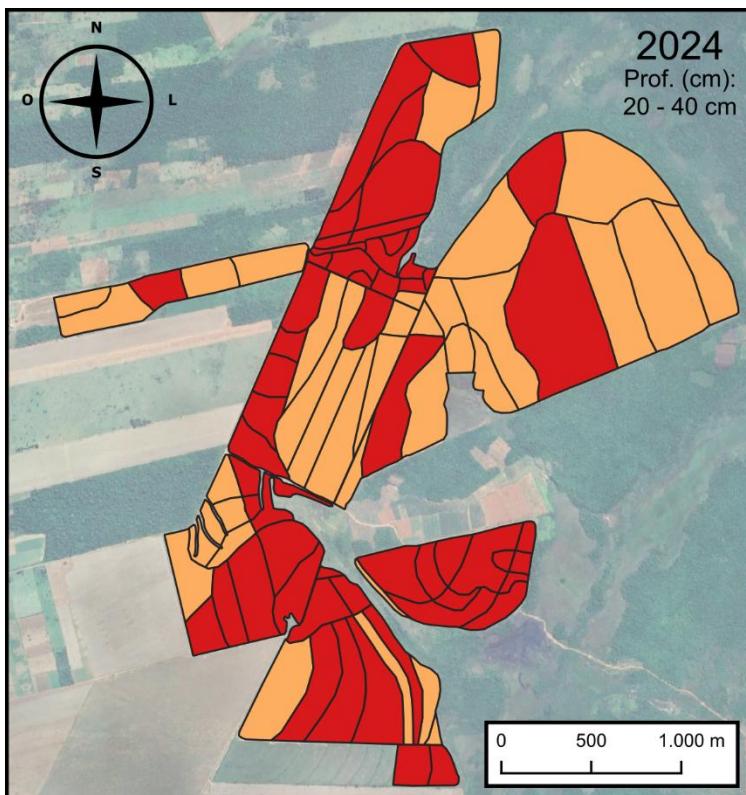
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 26 – Classe de magnésio por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)



Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 27 – Classe de magnésio por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)



Mapa de Magnésio (Mg) na propriedade

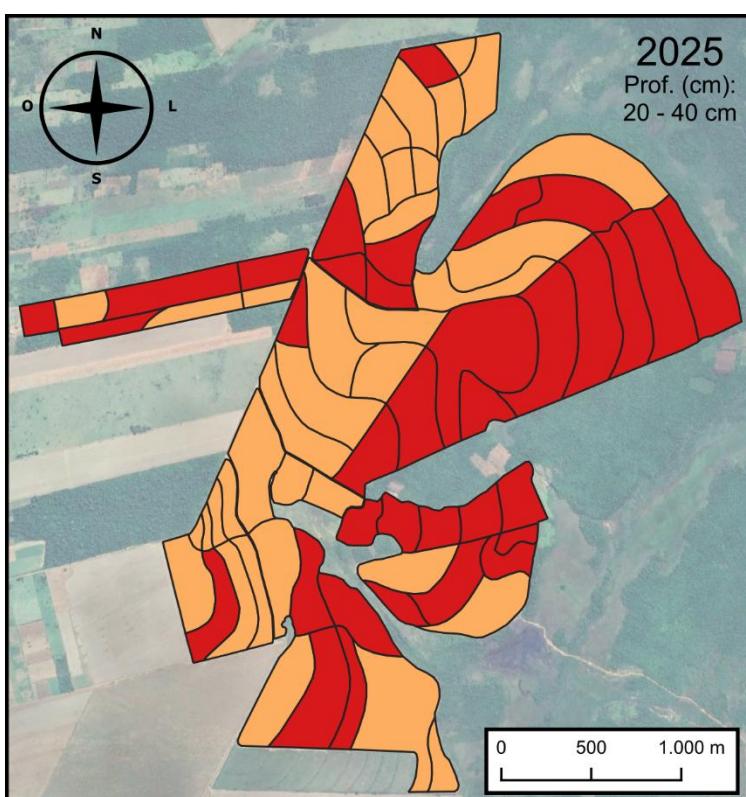
Legenda:

- até 0,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(293,3 ha – 52,2%)
- entre 0,4 e 0,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(268,4 ha – 47,8%)
- entre 0,8 e 1,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(0,0 ha – 0,0%)
- entre 1,2 e 1,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(0,0 ha – 0,0%)
- acima de 1,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(0,0 ha – 0,0%)

Datum SIRGAS 2000
Projeção Universal Transversal de Mercator (UTM)
Fuso 21 sul (21S) - EPSG: 31981 - 1 : 42.000
2025

Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 28 – Classe de magnésio por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)



Mapa de Magnésio (Mg) na propriedade

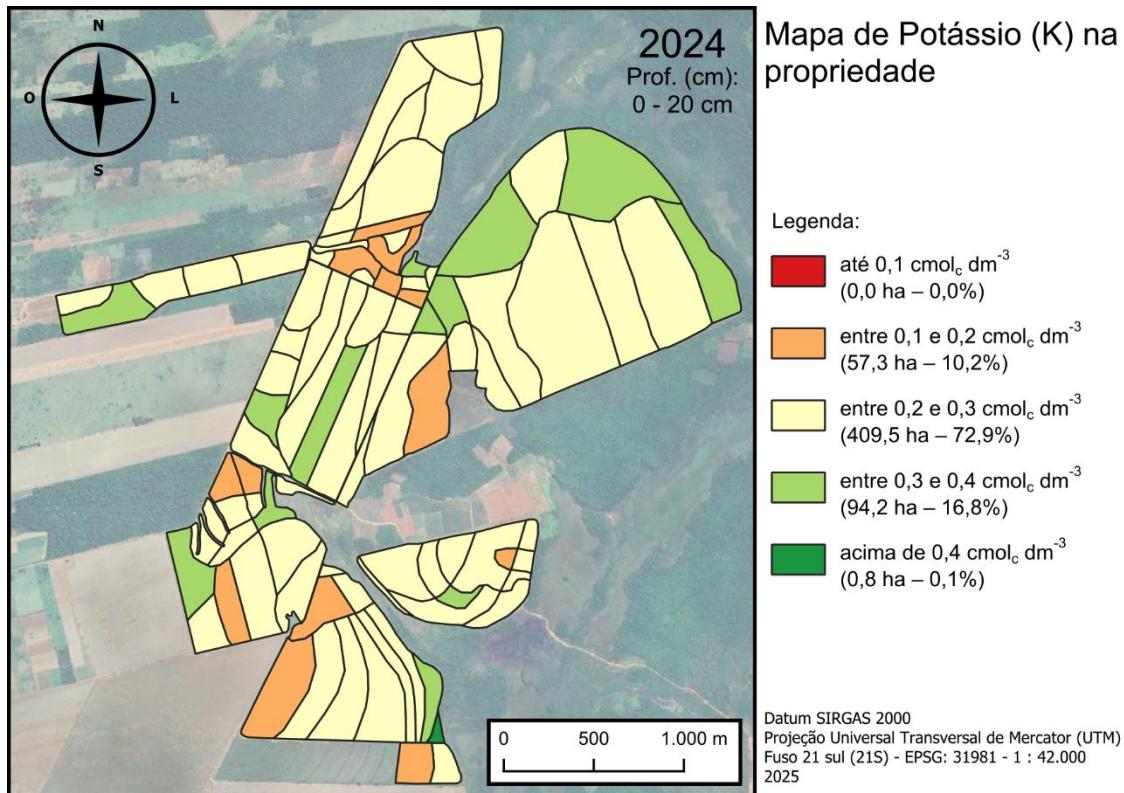
Legenda:

- até 0,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(317,4 ha – 51,6%)
- entre 0,4 e 0,8 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(297,5 ha – 48,4%)
- entre 0,8 e 1,2 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(0,0 ha – 0,0%)
- entre 1,2 e 1,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(0,0 ha – 0,0%)
- acima de 1,5 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$
(0,0 ha – 0,0%)

Datum SIRGAS 2000
Projeção Universal Transversal de Mercator (UTM)
Fuso 21 sul (21S) - EPSG: 31981 - 1 : 42.000
2025

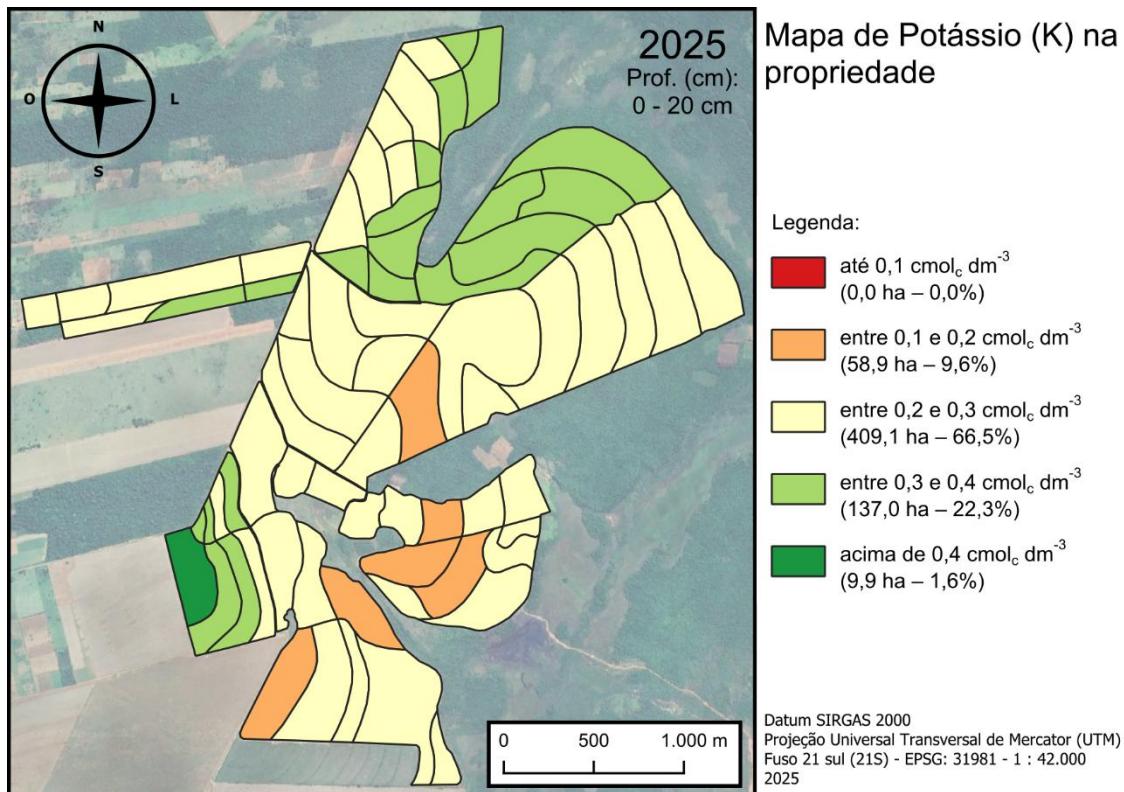
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 29 – Classe de potássio por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)



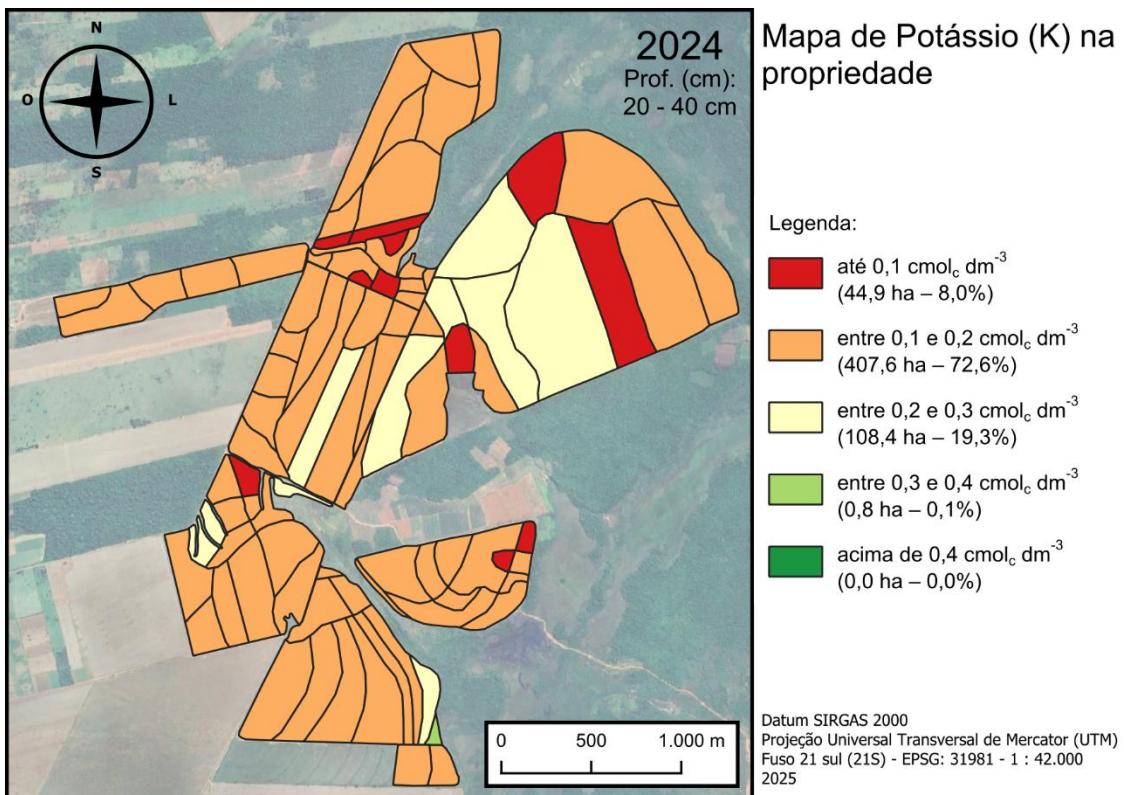
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 30 – Classe de potássio por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)



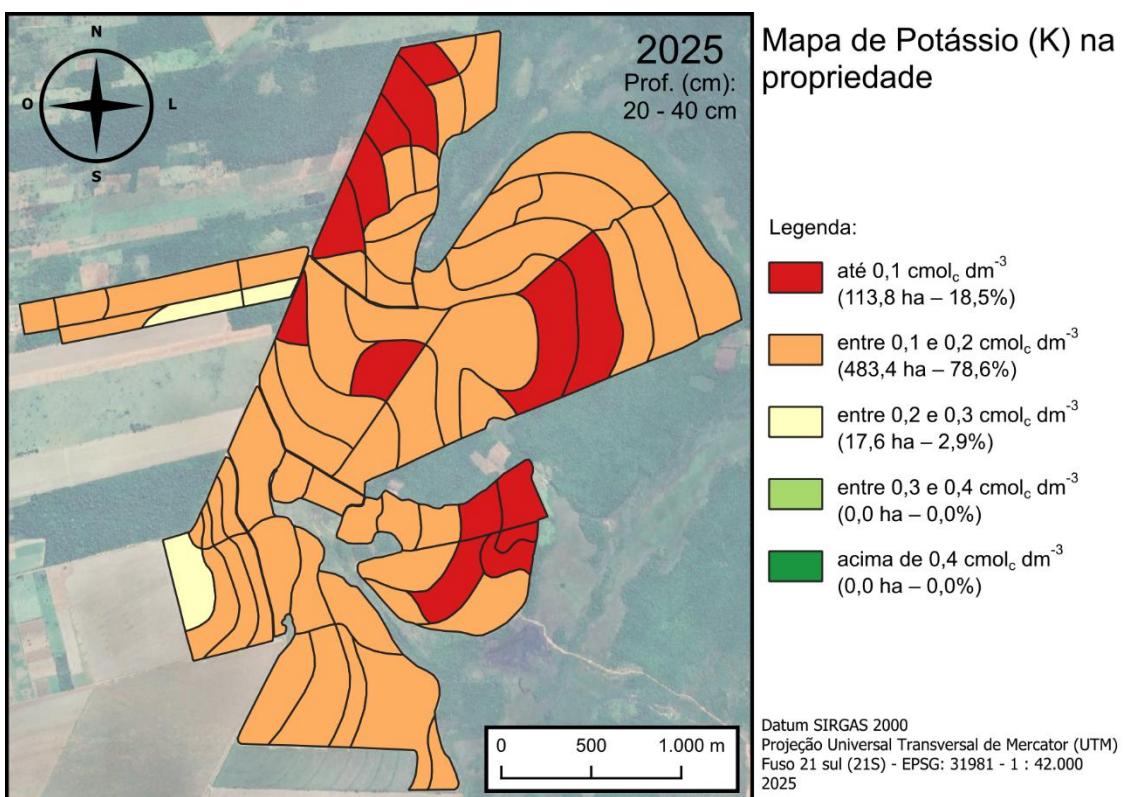
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 31 – Classe de potássio por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)



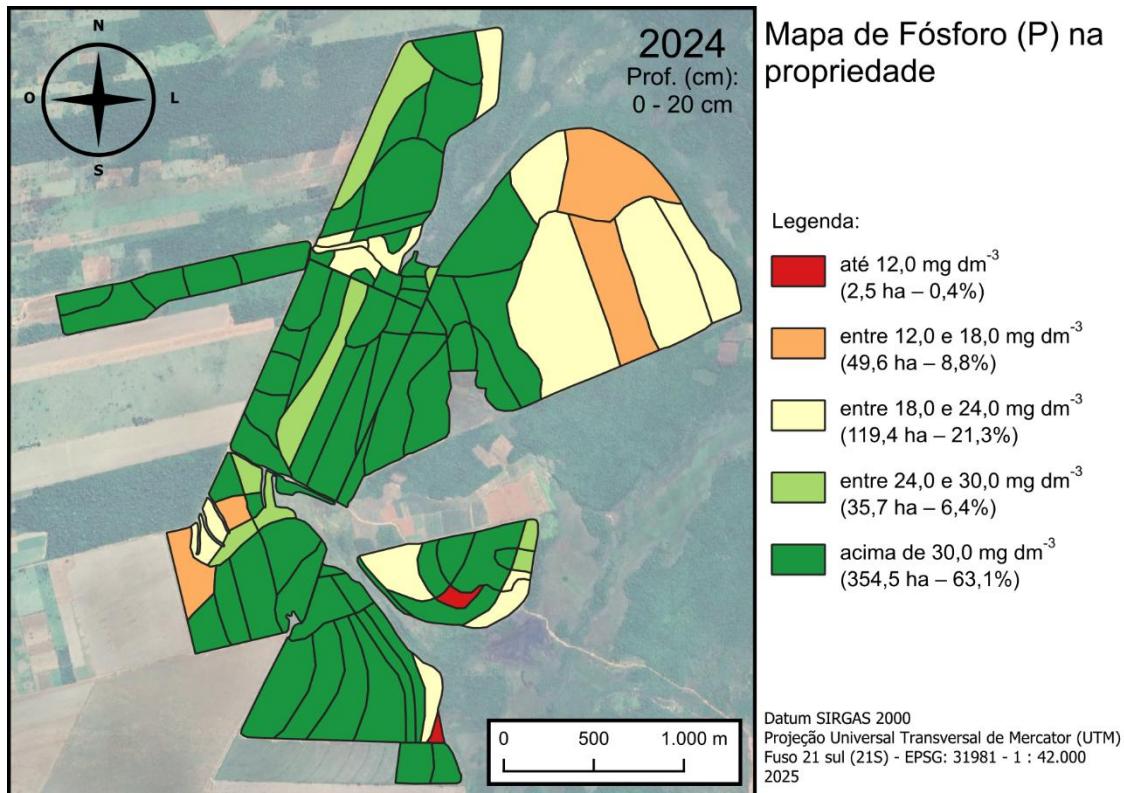
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 32 – Classe de potássio por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)



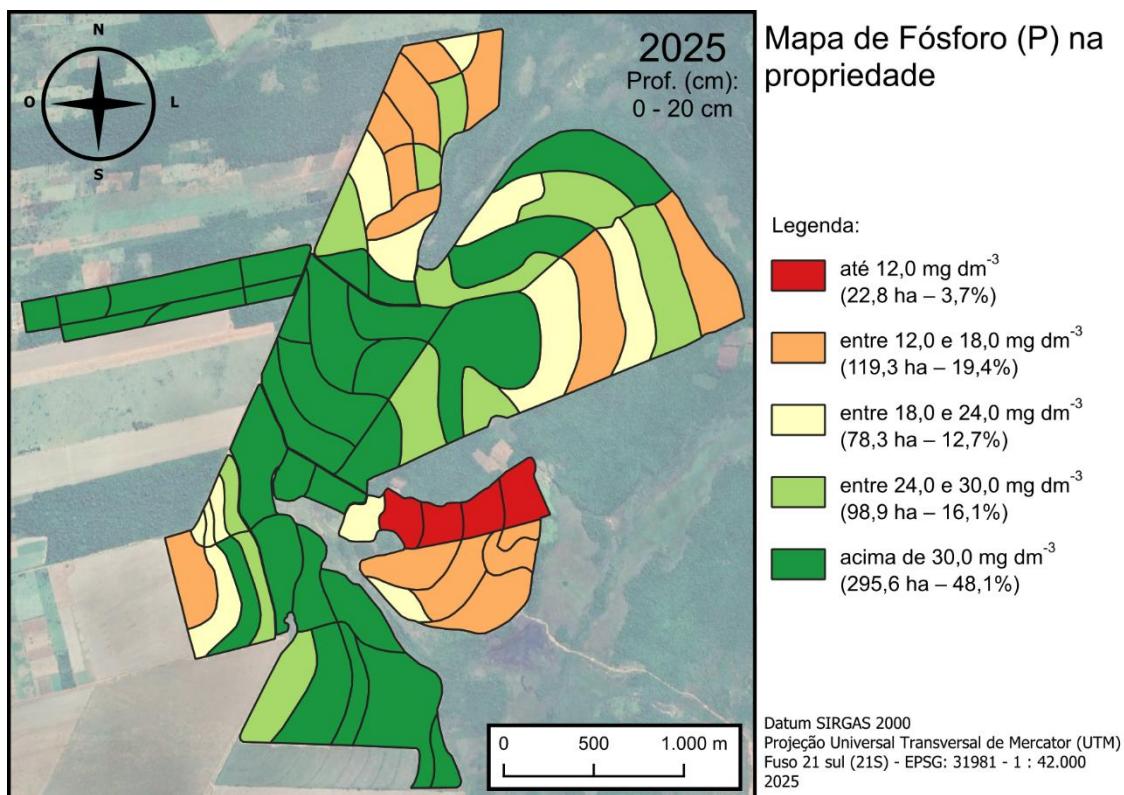
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 33 – Classe de fósforo por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)



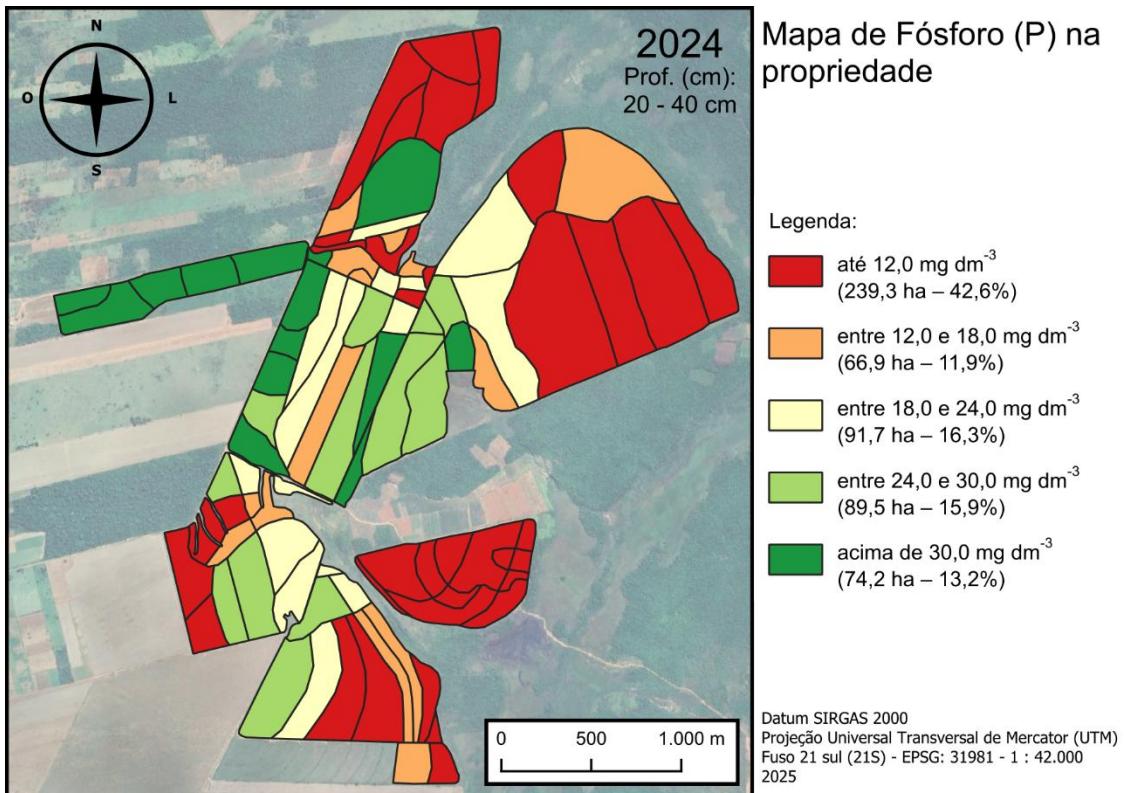
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 34 – Classe de fósforo por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)



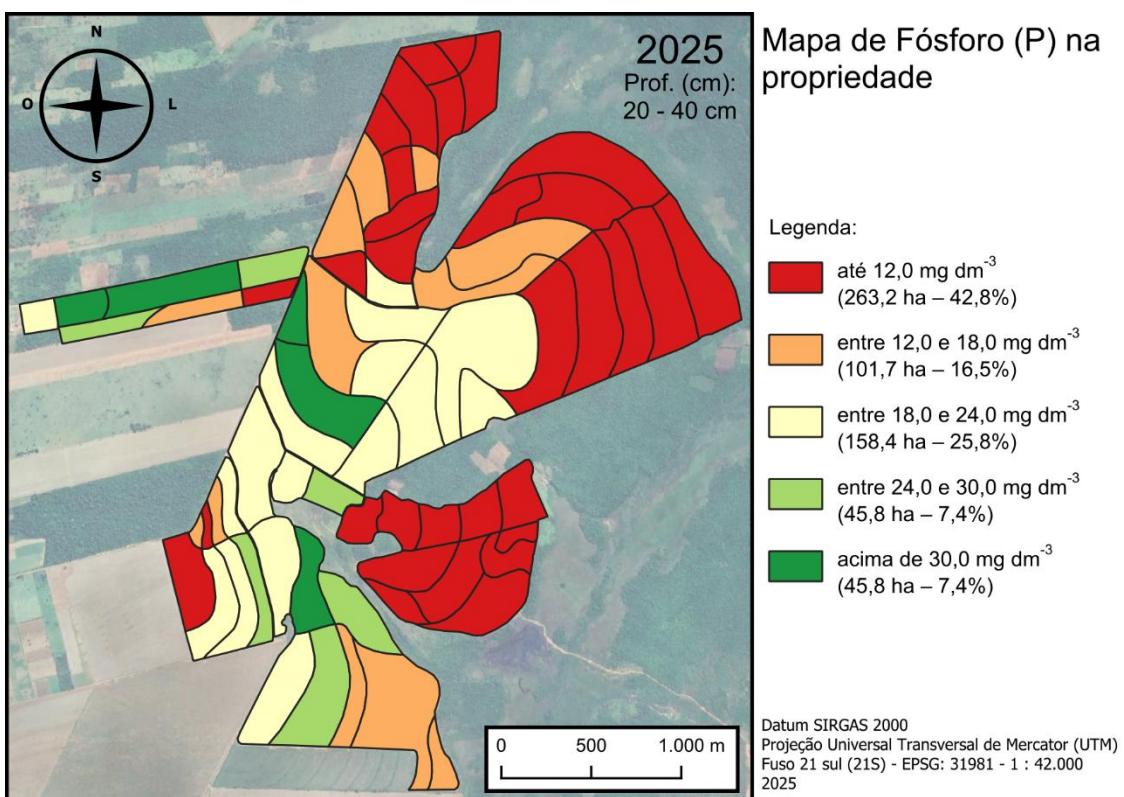
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 35 – Classe de fósforo por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)



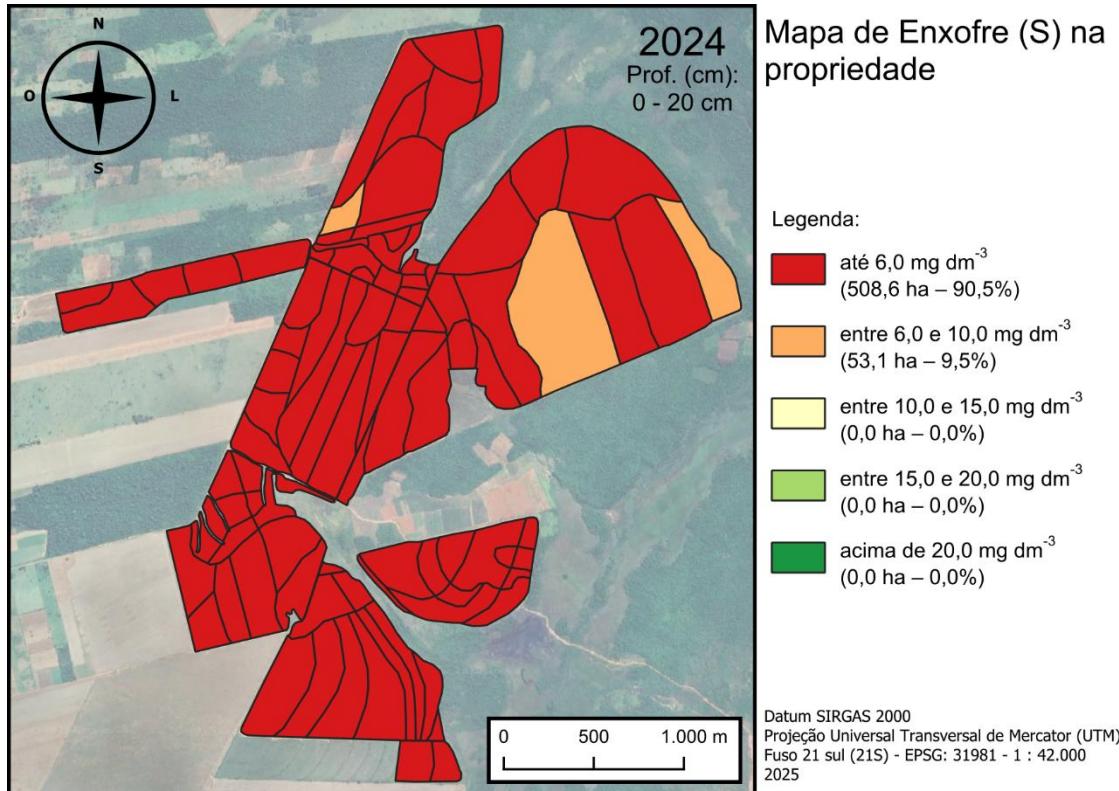
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 36 – Classe de fósforo por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)



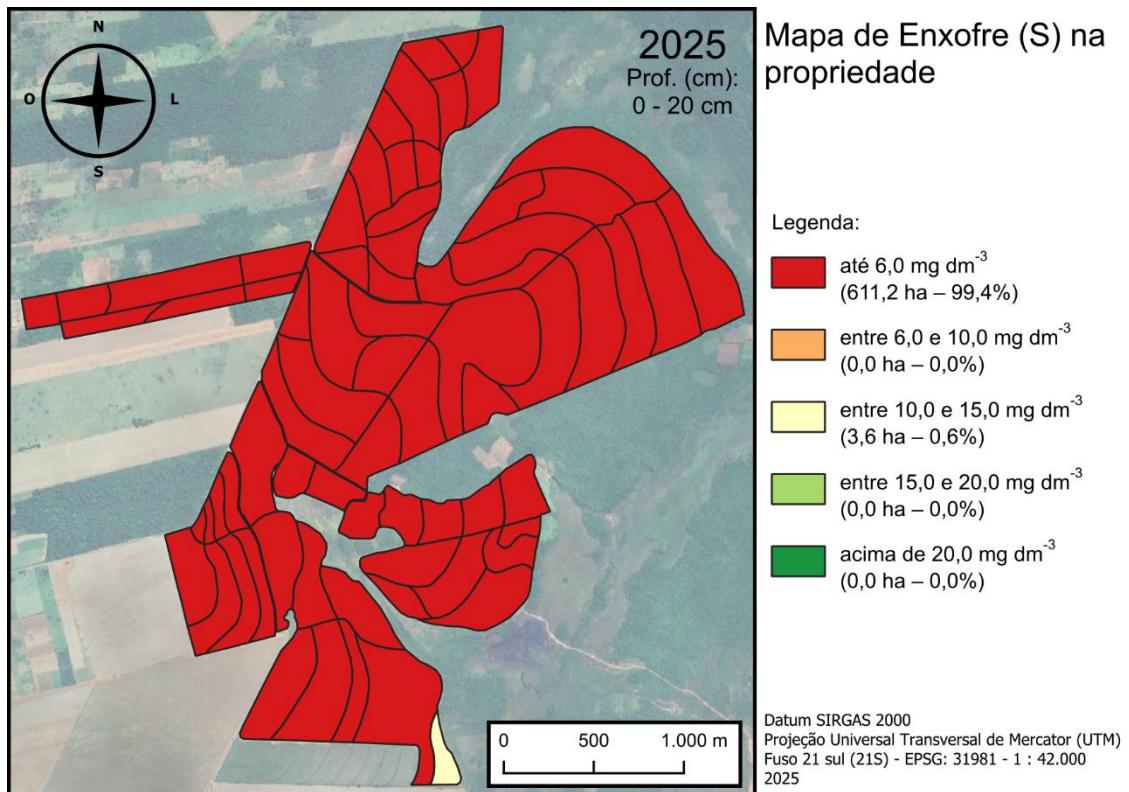
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 37 – Classe de enxofre por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)



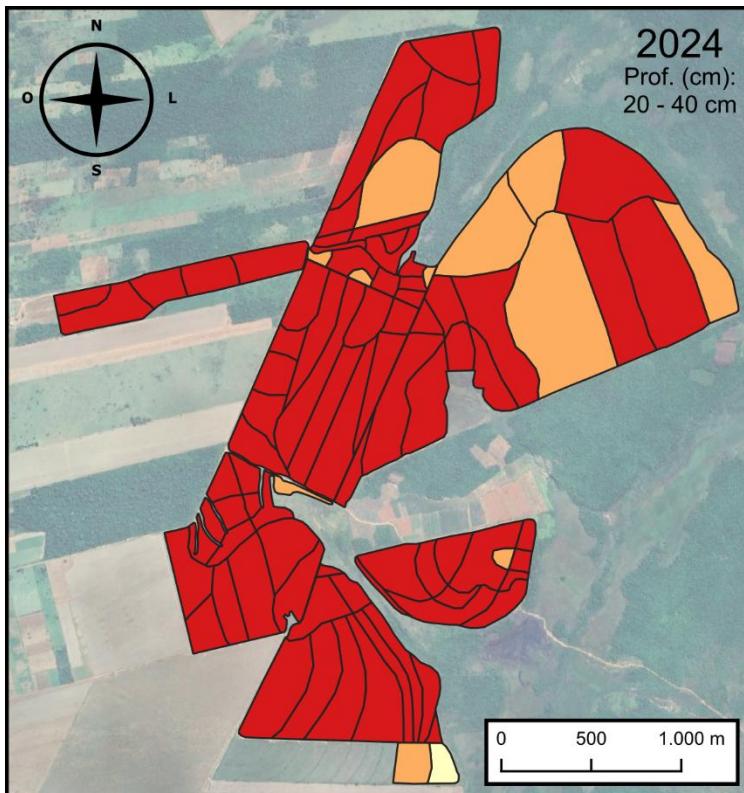
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 38 – Classe de enxofre por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)



Fonte: elaboração própria (2025).

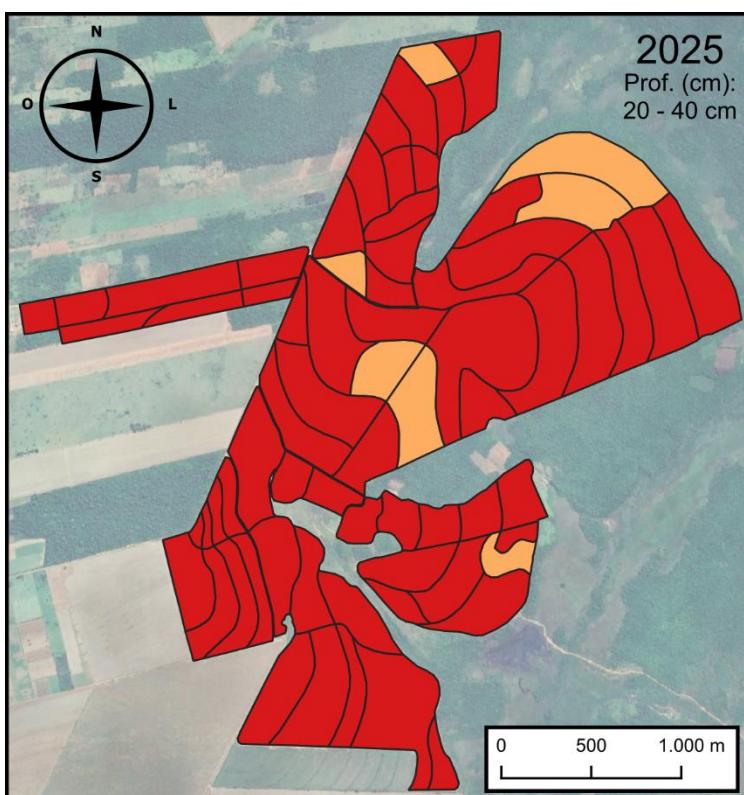
Mapa 39 – Classe de enxofre por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)



Mapa de Enxofre (S) na propriedade

Fonte: elaboração própria (2025).

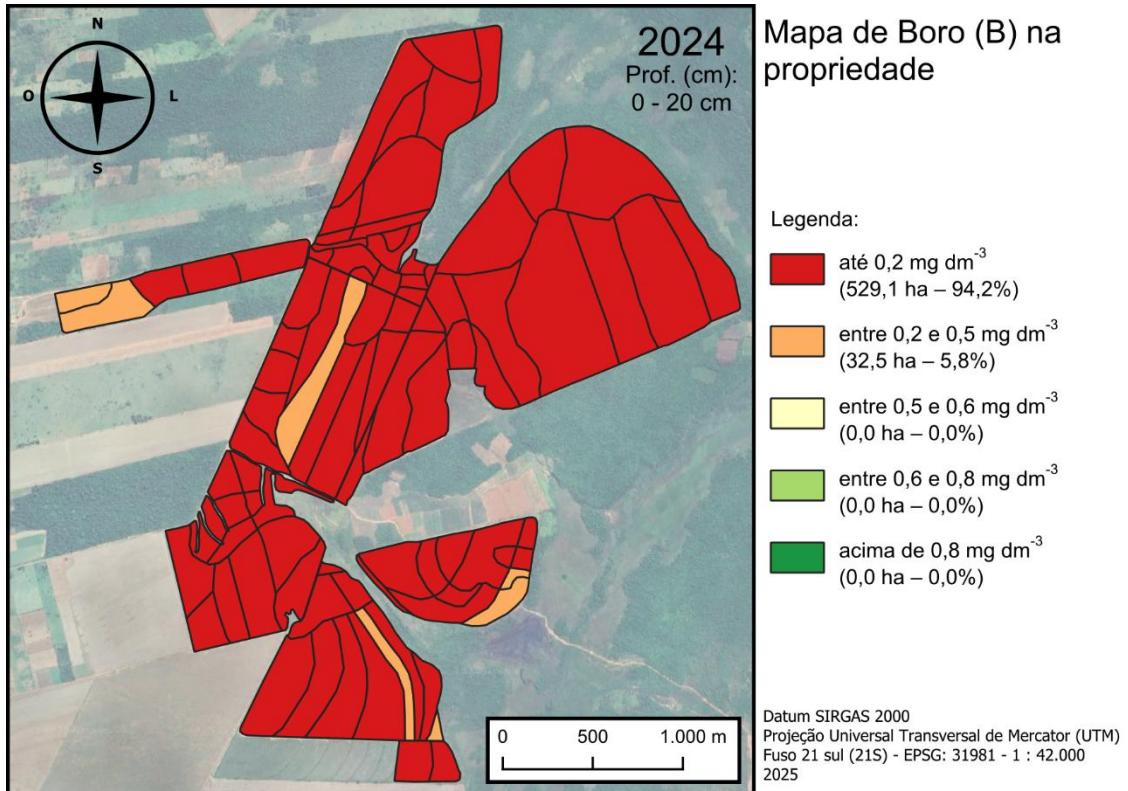
Mapa 40 – Classe de enxofre por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)



Mapa de Enxofre (S) na propriedade

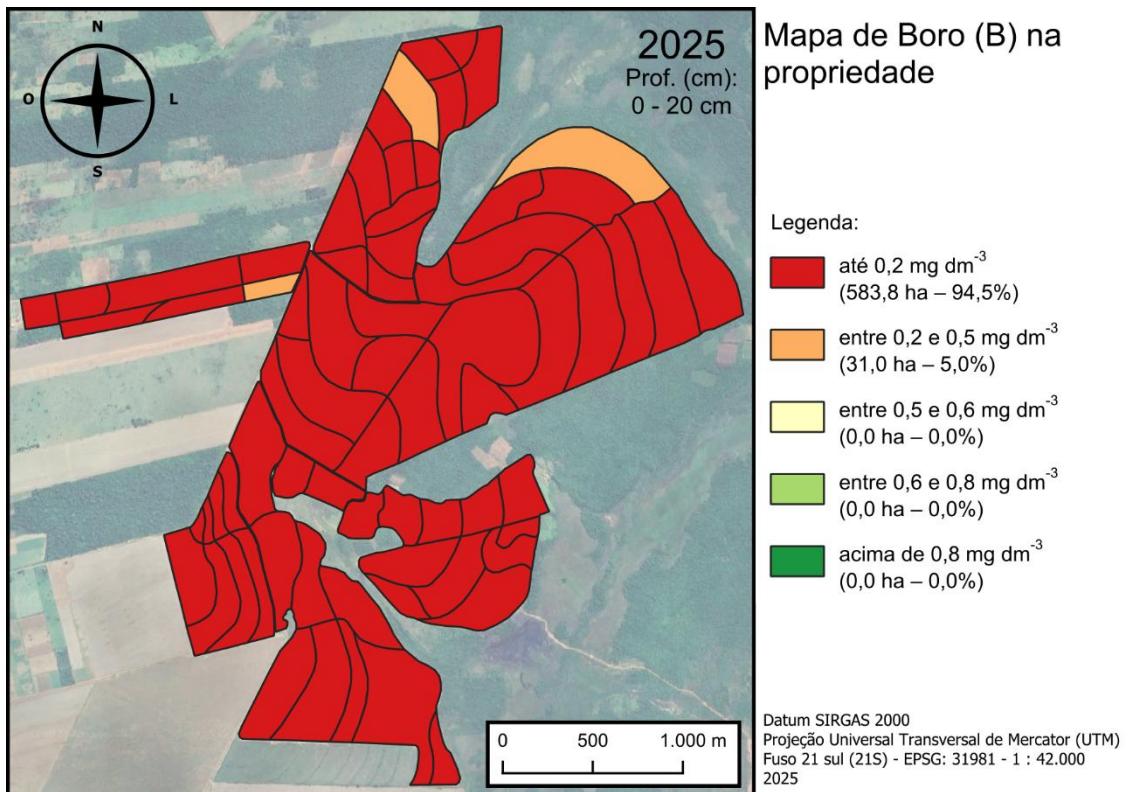
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 41 – Classe de boro por UGD em 2024 (Prof. de 0 a 20 cm)



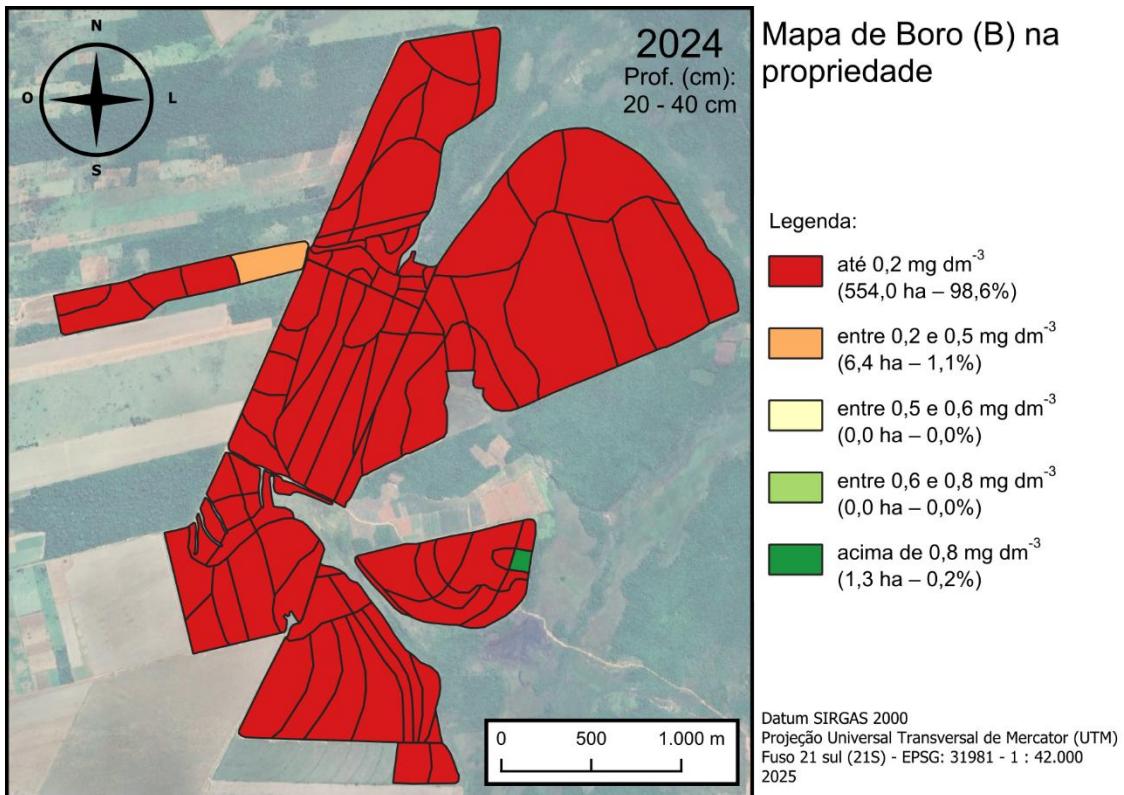
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 42 – Classe de boro por UGD em 2025 (Prof. de 0 a 20 cm)



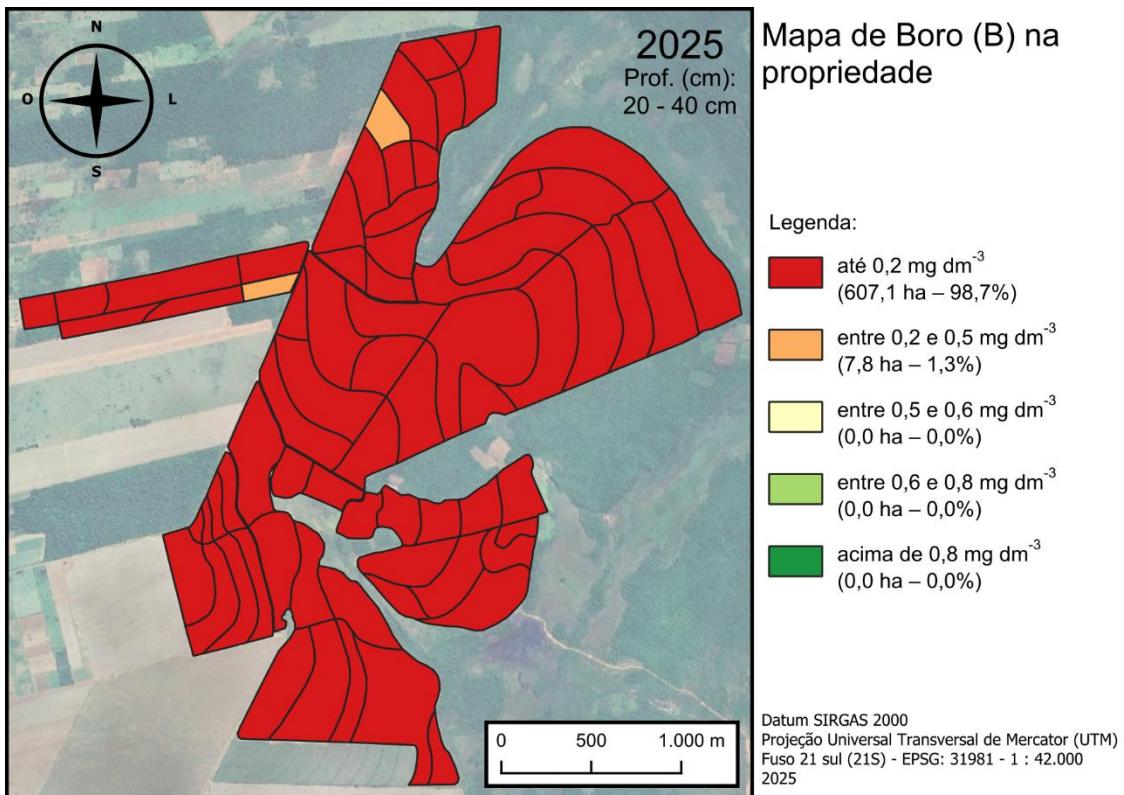
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 43 – Classe de boro por UGD em 2024 (Prof. de 20 a 40 cm)



Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 44 – Classe de boro por UGD em 2025 (Prof. de 20 a 40 cm)



Fonte: elaboração própria (2025).

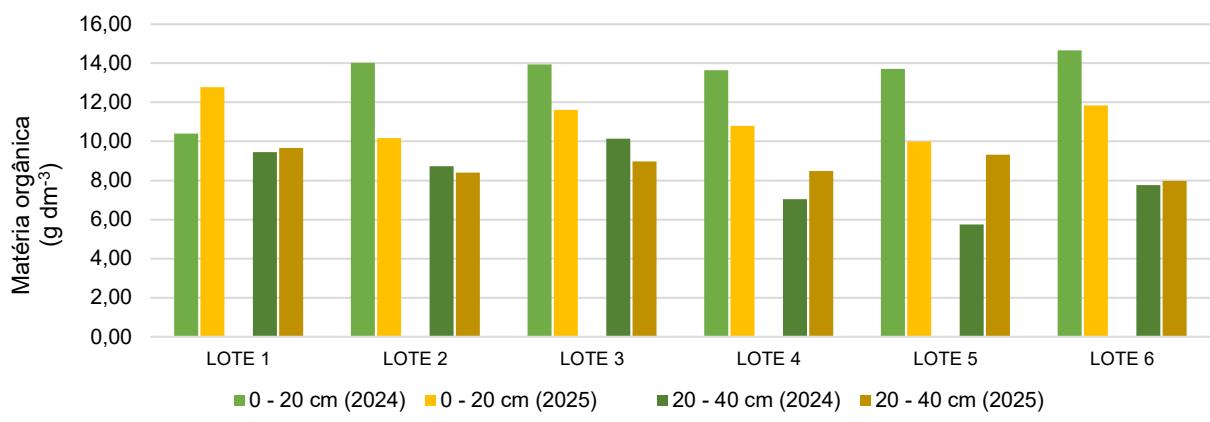
3.4 Análise por parâmetro

3.4.1 Matéria Orgânica (M.O.)

Com exceção do lote 1, com as áreas de mata adicionadas, todos os demais lotes tiveram sua matéria orgânica na primeira camada reduzida, com várias UGDs sendo rebaixadas de classe na avaliação.

Na segunda camada as variações de um ano para o outro foram menores, com redução no lote 3 e aumento acima de 1,0 g dm⁻³ nas médias dos lotes 4 e 5.

Gráfico 1 – Comparativo de matéria orgânica (M.O.) por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.2 pH em CaCl₂

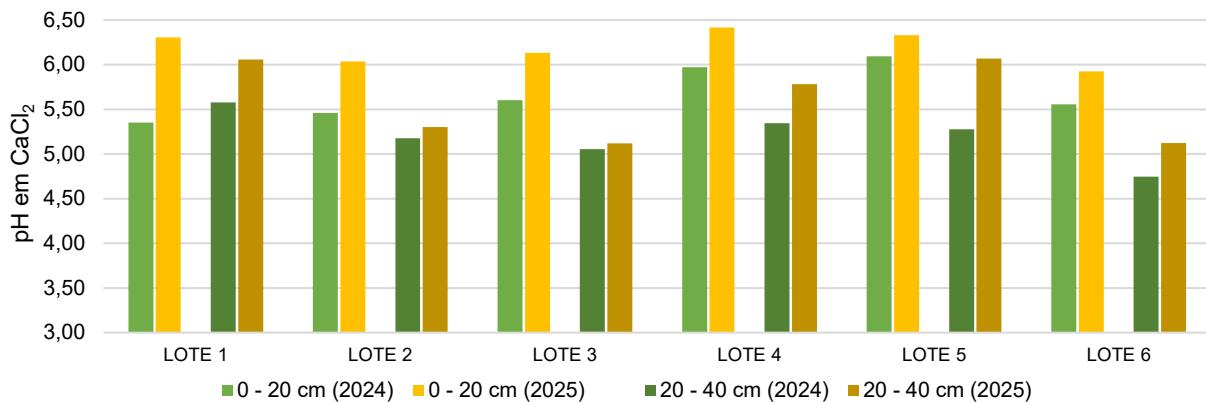
O pH médio aumentou em todos os lotes e profundidades de 2024 para 2025, com isso, a classe de avaliação de várias UGDs foi elevada, principalmente nos setores 1, 2 e 3.

A área com pH em CaCl₂ acima de 6,0 na camada de 20 a 40 cm de profundidade foi de 138,0 ha (24,6%) em 2024 e 422,2 ha (68,7%) em 2025. Em 2025 nenhuma das UGDs obteve valor inferior a 5,0 na camada superior de amostragem.

As áreas recém adicionadas do lote 1 apresentaram altos níveis de pH, sendo que as antigas áreas de mata obtiveram pH acima de 7,0. As áreas adicionadas ao lote 6 variaram bastante nos resultados conforme a UGD, mas a média do lote aumentou no segundo ano.

Na profundidade de 20 a 40 cm houve melhora na média de todos os lotes, com menores diferenças nos lotes 2 e 3.

Gráfico 2 – Comparativo de pH em CaCl₂ por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.3 Saturação por Bases (V%)

Sua média aumentou na profundidade de 0 a 20 cm nos lotes de 1 a 4 de 2024 para 2025. Em 2024, 196,9 ha (35,1%) da propriedade estavam com V% acima de 60%, enquanto esse valor aumentou para 388,5 ha (63,2%) em 2025.

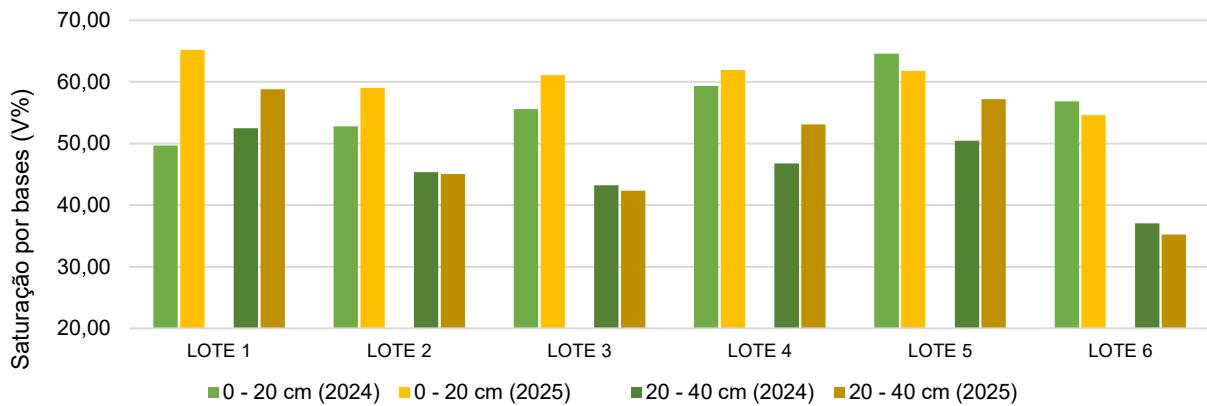
Enquanto as áreas de mata adicionadas lote 1 demonstraram valores de V% altos, acima de 75%, e contribuíram para elevar a média do lote, as áreas adicionadas ao lote 6 não demonstraram o mesmo efeito, mantendo a média do lote semelhante de um ano para outro.

A área do antigo setor 2B obteve um aumento expressivo de seus resultados, chegando a valores de V% acima de 60% em 2025 onde eles eram inferiores a 40% em 2024.

Nenhuma das UGDs amostradas em 2025 obteve um valor de V% inferior a 40% na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

Na profundidade de 20 a 40 cm, houve uma baixa redução nos lotes 2, 3 e 6, enquanto para os outros setores ocorreu aumento da saturação por bases nessa camada.

Gráfico 3 – Comparativo de saturação por bases (V%) por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

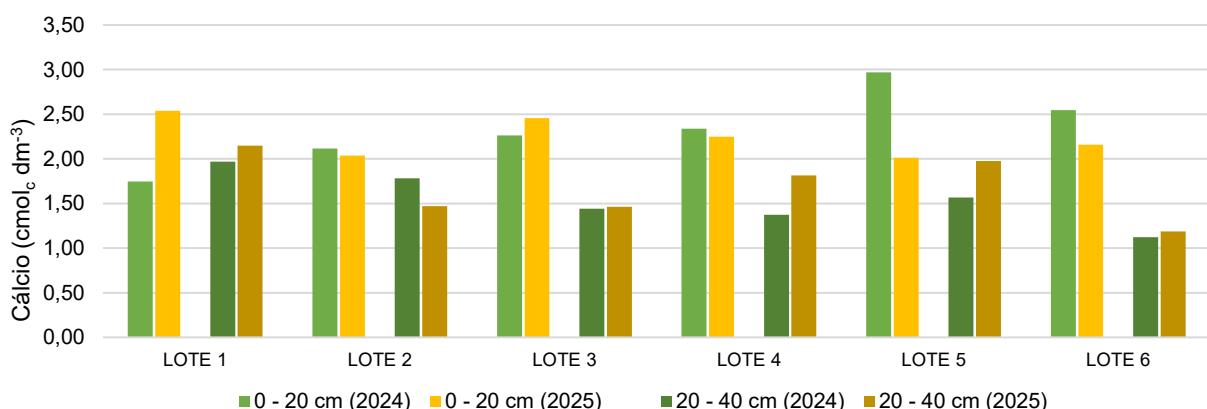
3.4.4 Cálcio (Ca)

O cálcio na primeira camada obteve uma grande variação na média dos lotes 1 e 5 principalmente. No lote 1, as áreas de mata adicionadas obtiveram resultados de 4,16 e 4,69 cmol_c dm⁻³ de cálcio, elevando a média do lote acima do esperado pelo aumento do nutriente nas outas UGDs. Enquanto no lote 5 ocorreu a redução do nutriente.

Outras variações também podem ser observadas nos mapas, como a redução nos lotes 2 e 6 e o aumento no antigo lote 3. Outra mudança visível é a ocorrida no antigo lote 2B, com o aumento do nutriente.

Na camada de 20 a 40 cm o nutriente aumentou principalmente nos lotes 4, 5 e na área do antigo lote 2C, apesar de na média deste último ter se reduzido.

Gráfico 4 – Comparativo de cálcio (Ca) por ano, lote e profundidade



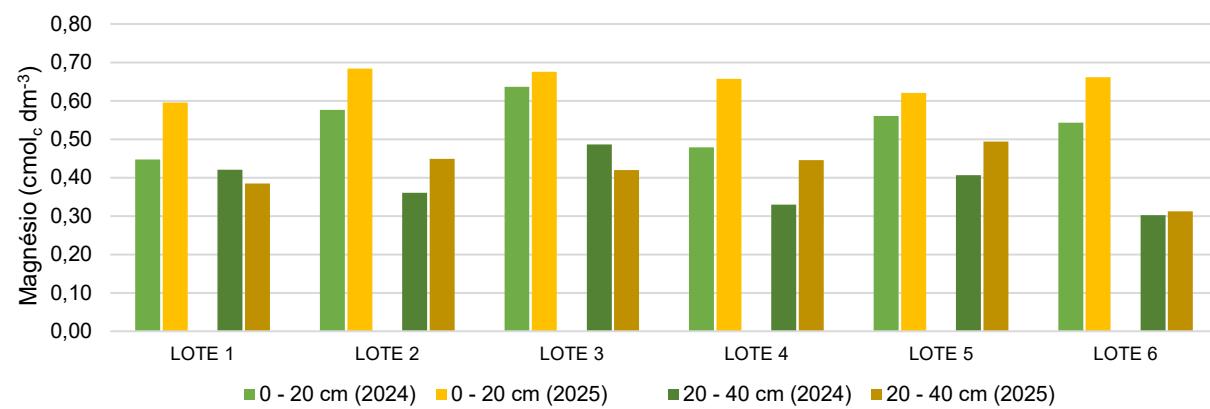
Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.5 Magnésio (Mg)

O magnésio teve um aumento na camada superior em todos os lotes, elevando todas as áreas acima de $0,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, mas com apenas 38,7 ha (6,3%) acima de $0,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Não houve para nenhum dos anos UGDs com magnésio acima de $1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Na camada inferior não houve áreas com magnésio acima de $0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em nenhum dos dois anos.

Gráfico 5 – Comparativo de magnésio (Mg) por ano, lote e profundidade



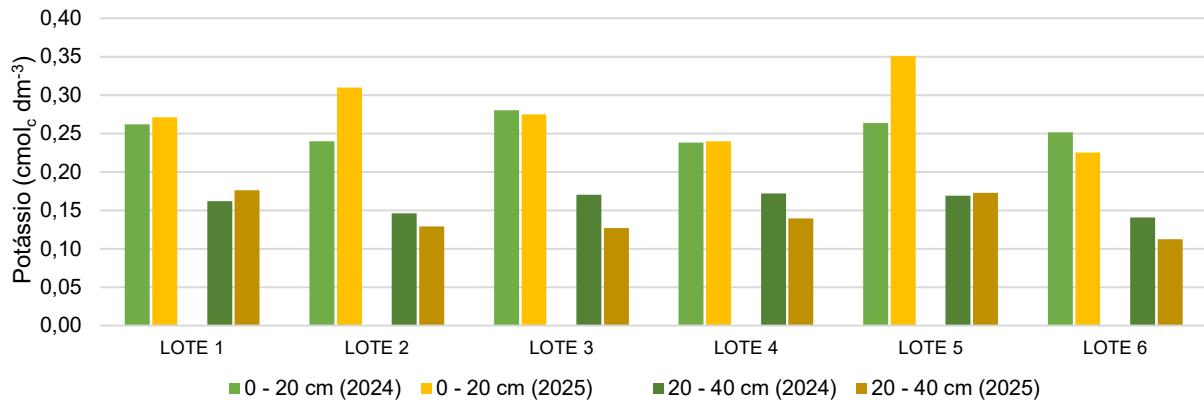
Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.6 Potássio (K)

As médias de potássio na primeira camada se mantiveram constantes dentro da faixa de $0,20$ a $0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, com exceção dos lotes 2 e 5 que superaram a faixa de $0,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e atingiram respectivamente $0,31$ e $0,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, demonstrando a melhora na região do antigo setor 2B e o atual lote 5.

Na segunda camada, em nenhum lote a média de potássio ficou fora do intervalo de $0,10$ a $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ durante os dois anos, mas a média da propriedade reduziu de $0,16$ para $0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Nos lotes 2 e 3 várias UGDs foram rebaixadas na classificação em 2025, indo para as faixas de $0,10$ a $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no lote 3 e abaixo de $0,10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ no lote 2.

Gráfico 6 – Comparativo de potássio (K) por ano, lote e profundidade



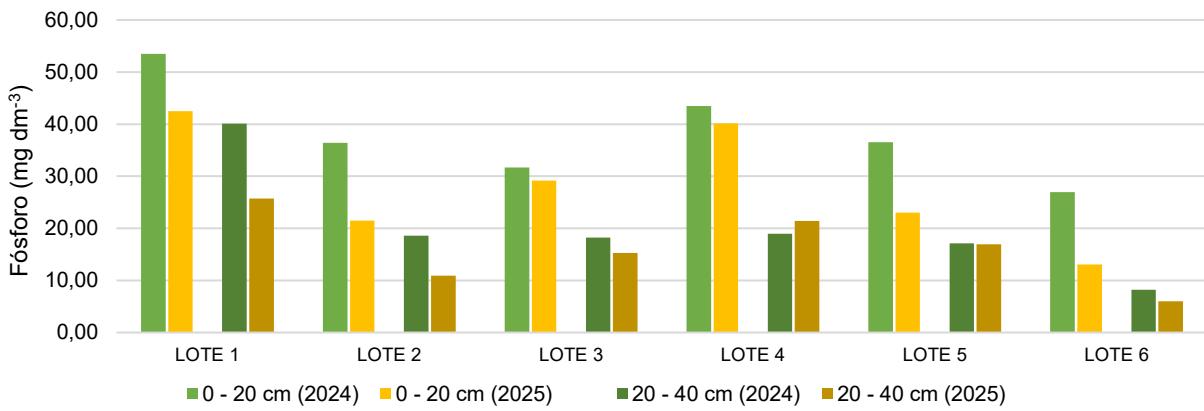
Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.7 Fósforo (P)

A média de fósforo (P) na primeira camada das zonas reduziu de 35,5 para 28,9 mg dm⁻³ de 2024 para 2025, principalmente devido ao acréscimo de áreas no setor 6 e a redução em todos os outros setores, mesmo que tenha ocorrido aumento na classificação em algumas áreas.

Na segunda camada, a tendência na média de todos os lotes também foi de redução, com exceção do lote 4, onde houve um pequeno aumento de 19,0 para 21,4 mg dm⁻³ e no lote 5 onde a redução do valor foi de apenas 0,1 mg dm⁻³.

Gráfico 7 – Comparativo de fósforo (P) por ano, lote e profundidade



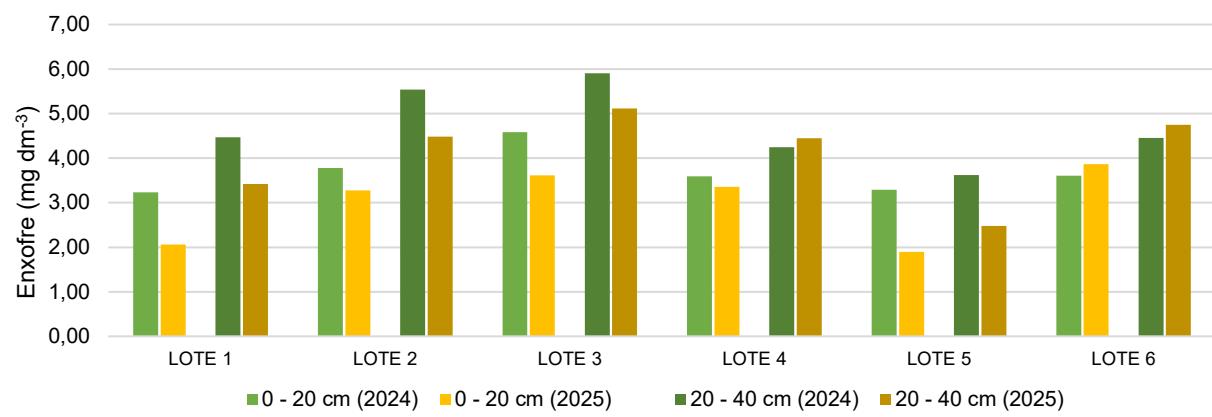
Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.8 Enxofre (S)

Foi um nutriente que se reduziu nos lotes 1, 3 e 5, e se manteve estável nos demais, do primeiro para o segundo ano. Sua média na propriedade era de 4,07 cmolc dm⁻³ em 2024 na camada de 0 a 20 cm e caiu para 3,34 cmolc dm⁻³ em 2025, enquanto

para a segunda camada seus números caíram de 5,22 para 4,59 cmolc dm^{-3} . É um nutriente com baixa disponibilidade na área, com 508,6 ha (90,5%), em 2024, e 611,2 ha (99,4%), em 2025, da área com resultados abaixo de 6 cmolc dm^{-3} na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

Gráfico 8 – Comparativo de enxofre (S) por ano, lote e profundidade

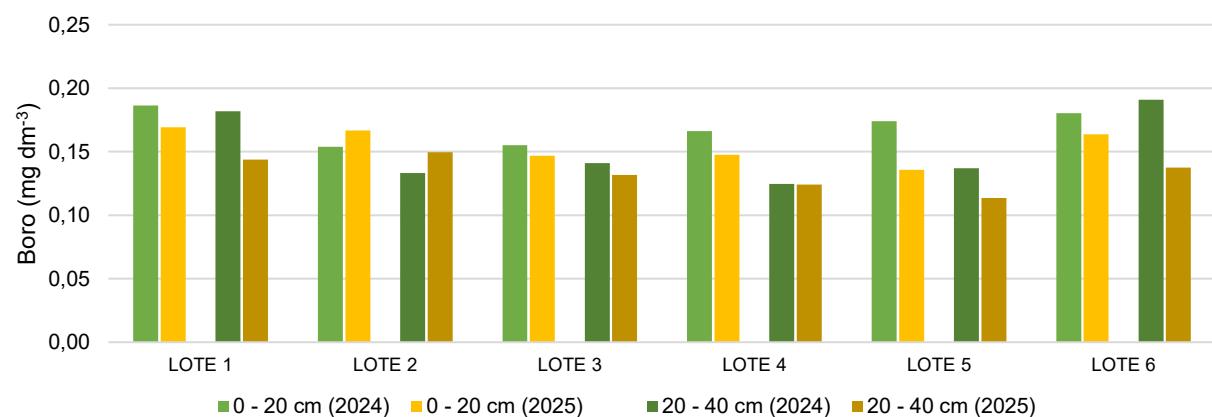


Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.9 Boro (B)

O boro ficou com sua média por lote abaixo do limite inferior avaliado em toda a propriedade durante os dois anos, juntando-se ao enxofre como um dos nutrientes em falta na área. No lote 6, durante o primeiro ano, na amostragem de 20 a 40 cm, uma única UGD obteve um resultado de 1,49 mg dm^{-3} que elevou a média do lote.

Gráfico 9 – Comparativo de boro (B) por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.10 Saturação por alumínio (m%), soma de bases (SB) e coeficiente de troca de cátions (CTC)

Os resultados não mostraram alumínio no lote 1 em nenhum dos anos e profundidades, resultando em uma saturação por alumínio de 0% e igualando os resultados entre a soma de bases e a CTC efetiva, onde se destacam o aumento das bases no ano de 2025 principalmente para a camada de 0 a 20 cm. O lote 5 se encontrou em situação semelhante, com os valores do m% nulos, porém houve uma redução das bases na camada de 0 a 20 cm, enquanto houve um aumento na camada de 20 a 40 cm.

O lote 6 obteve valores médios de m% altos na camada de 20 a 40 cm, de 13,9% e 13,1% nos anos de 2024 e 2025 respectivamente, com seus gráficos da soma de bases e da CTC apresentando as maiores diferenças dentre todos os lotes.

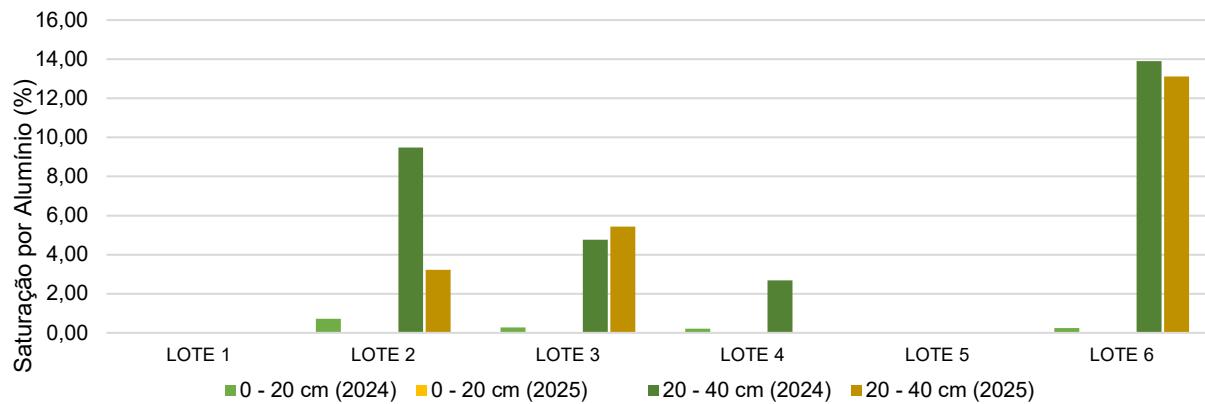
O lote 2 apresentou uma saturação por alumínio média de 9,49% em 2024 na camada de 20 a 40 cm, que se reduziu para 3,23% em 2025. O mesmo ocorreu para o lote 4, reduzindo de 2,68% para 0,03% de um ano para o outro.

No lote 3 houve um aumento do m% na segunda camada, saindo de 4,76% em 2024 para 5,43% em 2025, sendo o único caso de aumento da saturação por alumínio nas médias por lote da propriedade.

Todos os lotes obtiveram 0% de saturação por alumínio na camada superior amostrada em 2025. A soma de bases média na propriedade se elevou de 3,14 para 3,24 cmol_c dm⁻³ na primeira camada e de 2,07 para 2,12 cmol_c dm⁻³ segunda camada. A CTC por sua vez reduziu de 5,56 para 5,33 cmol_c dm⁻³ na primeira camada e se elevou de 4,58 para 5,62 cmol_c dm⁻³ segunda camada.

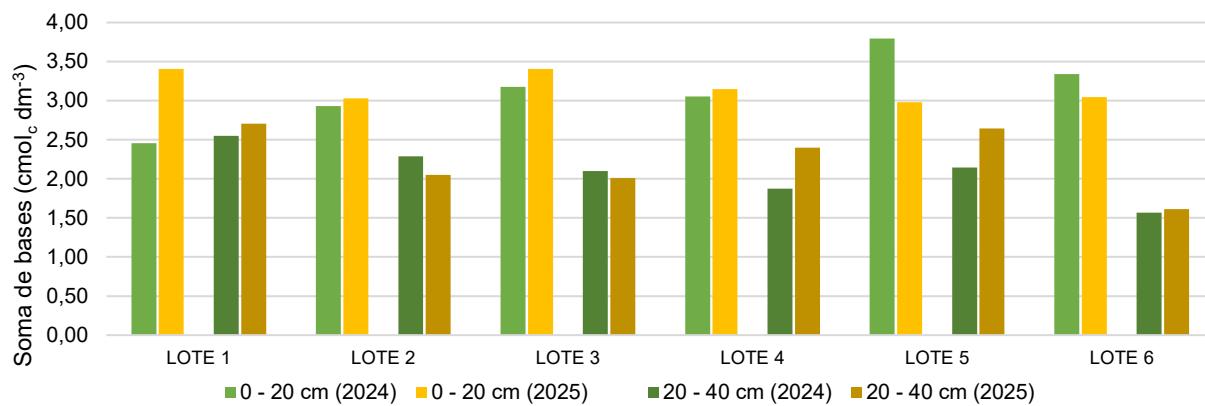
As maiores mudanças observadas na soma de bases foram os aumentos nos lotes 1, para a primeira camada, e nos lotes 4 e 5 na segunda camada de profundidade. No lote 5 também ocorreu a sua redução na camada superior de 3,79 para 2,98 cmol_c dm⁻³. Enquanto isso, a CTC apresenta uma baixa alteração em todas as camadas de um ano para o outro, sendo a maior a redução na camada de 0 a 20 cm de profundidade do lote 5 de 5,87 (2024) para 4,82 cmol_c dm⁻³ (2025).

Gráfico 10 – Comparativo de saturação por alumínio (m%) por ano, lote e profundidade



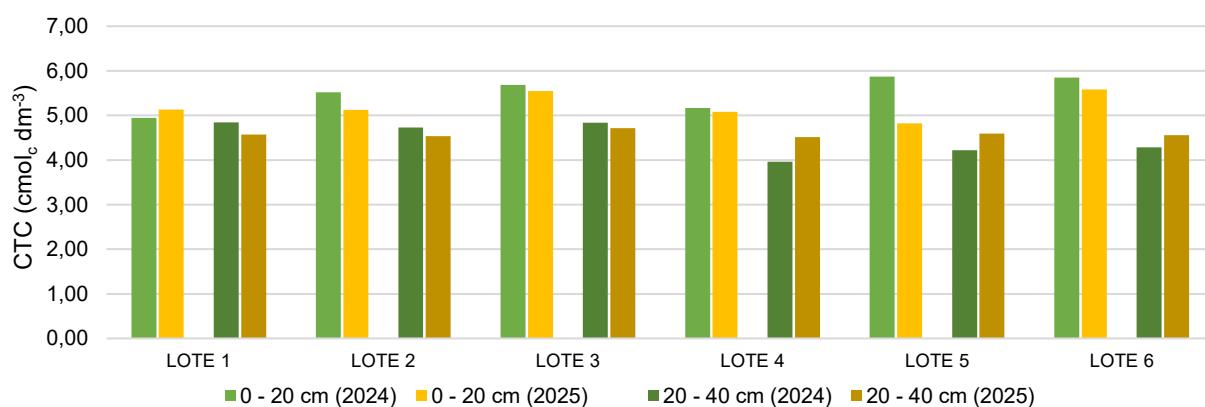
Fonte: elaboração própria (2025).

Gráfico 11 – Comparativo de soma de bases (SB) por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

Gráfico 12 – Comparativo do coeficiente de troca de cátions (CTC) por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.11 Porcentagem das Bases na CTC

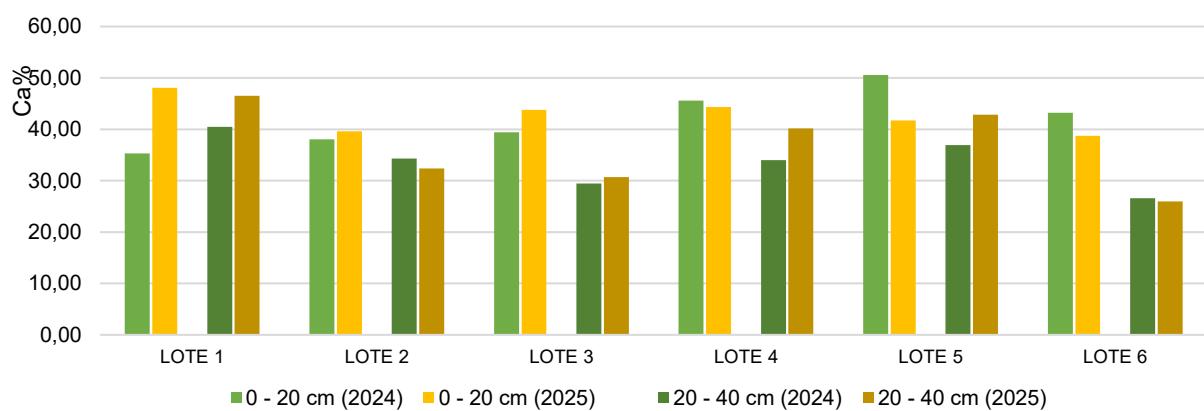
Os gráficos de porcentagem dos elementos cálcio, magnésio e potássio na CTC demonstram o comportamento desses elementos com base na CTC, ignorando as variações desta.

O crescimento na participação do cálcio no lote 1 se destaca em decorrência dos resultados obtidos nas áreas de mata adicionada em 2025, onde já se comentou que houve aumento do cálcio. Os valores obtidos nessas unidades em 2025 foram de 62,75 e 64,78% na primeira camada e de 50,66 e 57,25% na segunda camada, elevando as médias obtidas para 48,1 e 46,5%. Ocorreu sua redução na primeira camada do lote 5, com isso, todos os lotes ficaram com suas médias entre 35,0 e 45,0% com a exceção do lote 1.

É possível notar o crescimento da participação do magnésio em todos os lotes na camada de 0 a 20 cm de profundidade, superando a faixa de 10,0%, enquanto seu crescimento foi mais limitado na segunda camada, com redução em alguns casos.

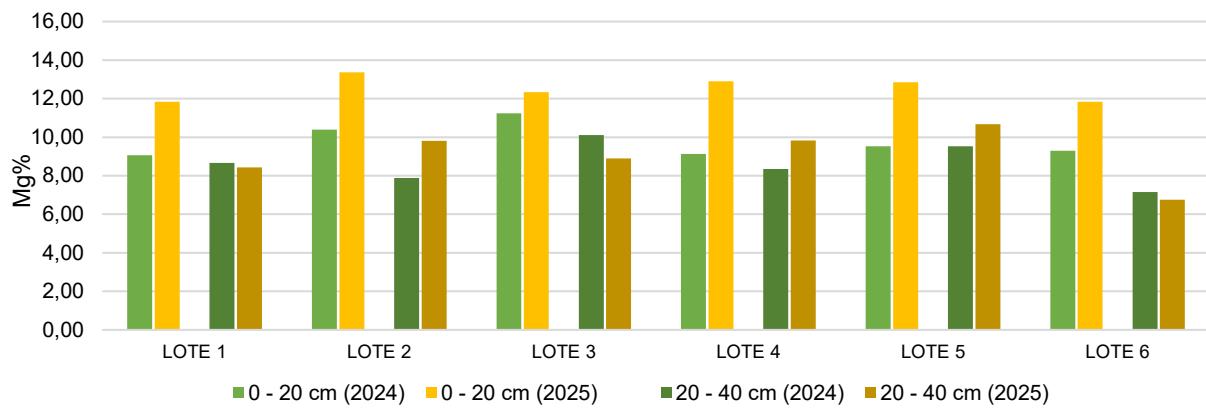
O aumento do potássio na primeira camada se destacou no lote 5, onde também ocorreu a redução da CTC. Ele também aumentou sua participação no lote 2, na mesma camada, enquanto para o restante dos casos predominou-se cerca estabilidade ou redução.

Gráfico 13 – Comparativo da participação do cálcio na CTC (Ca%) por ano, lote e profundidade



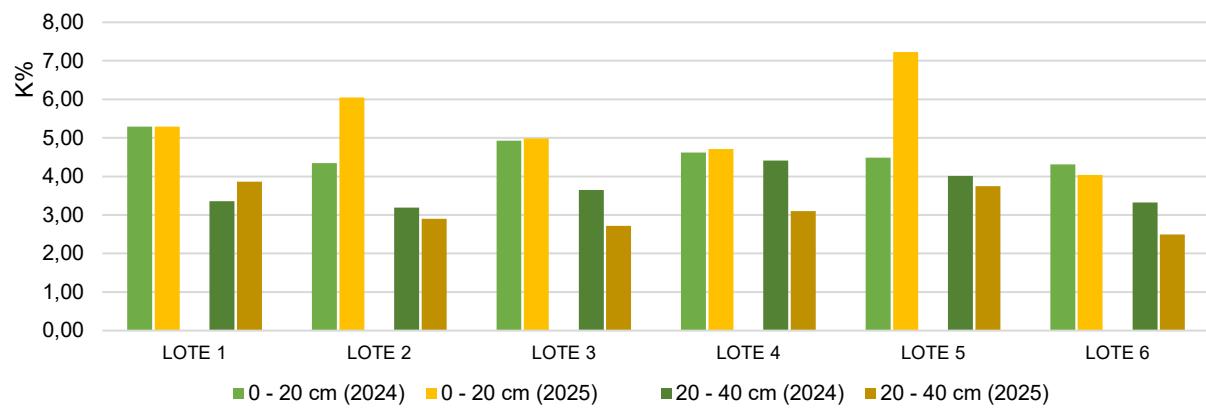
Fonte: elaboração própria (2025).

Gráfico 14 – Comparativo da participação do magnésio na CTC (Mg%) por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

Gráfico 15 – Comparativo da participação do potássio na CTC (K%) por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

3.4.12 Proporção entre nutrientes

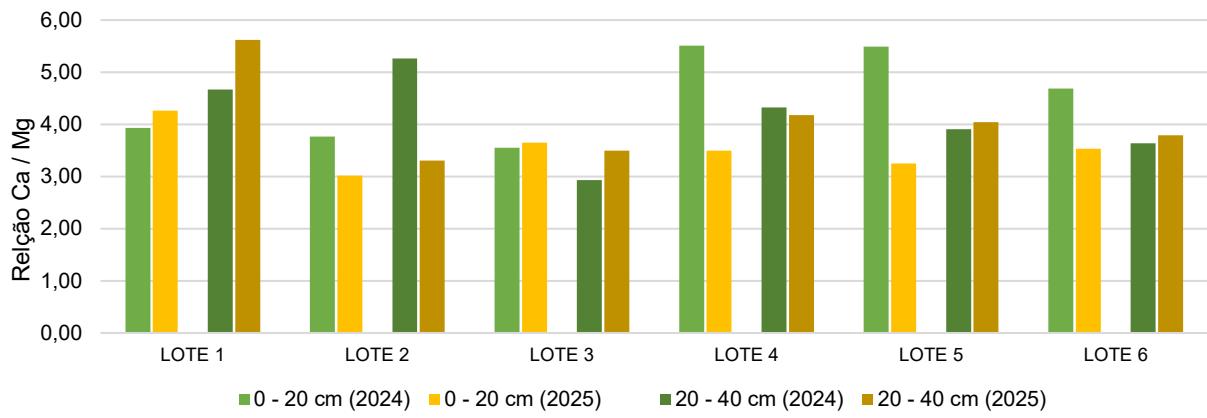
Os gráficos de relação entre os nutrientes cálcio, magnésio e potássio refletem os padrões encontrados nas avaliações individuais desses elementos.

No Gráfico 16 a redução da proporção Ca/Mg na camada de 0 a 20 cm dos lotes 4 e 5, do primeiro para o segundo ano, se destacam por estarem acima de 5,0 no primeiro ano e abaixo de 4,0 no segundo, o mesmo pode ser observado na camada 20 a 40 cm do lote 2 e, em menor escala, na primeira camada do lote 6.

A proporção Ca/K sofreu principalmente redução lotes 2 e 5 na camada de 0 a 20 cm e aumento na segunda camada dos lotes de 3 a 6.

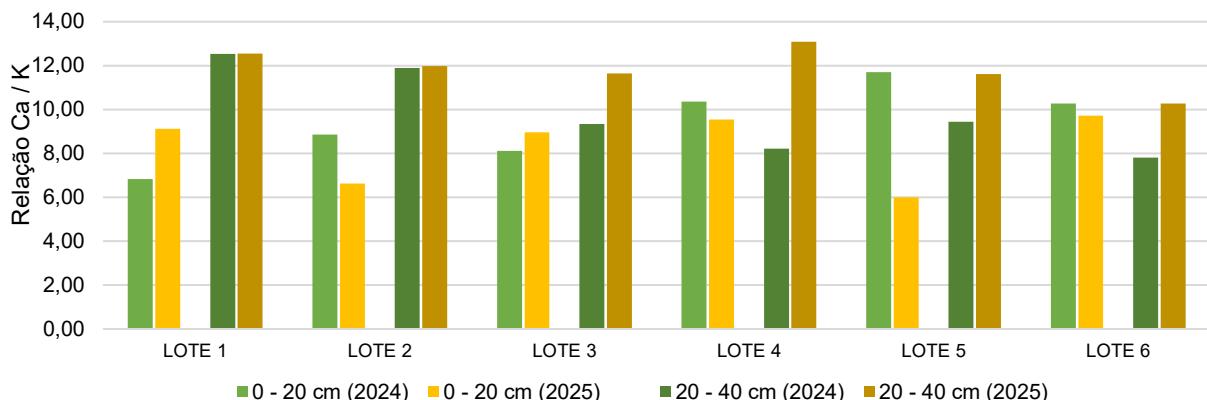
O crescimento da proporção Mg/K ocorreu na maior parte dos lotes para as duas camadas de profundidade. Enquanto isso, as eventuais reduções foram pequenas.

Gráfico 16 – Comparativo da proporção cálcio por magnésio (Ca/Mg) por ano, lote e profundidade



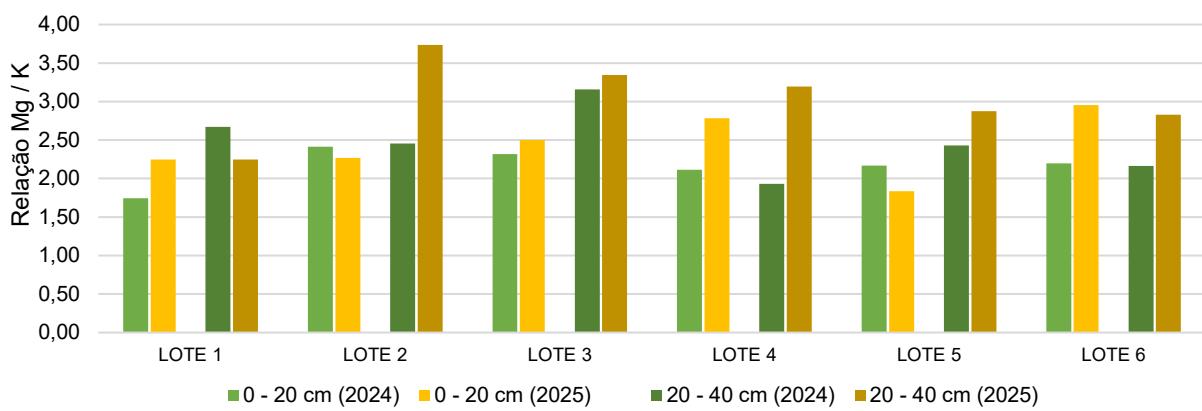
Fonte: elaboração própria (2025).

Gráfico 17 – Comparativo da proporção cálcio por potássio (Ca/K) por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

Gráfico 18 – Comparativo da proporção magnésio por potássio (Ca/K) por ano, lote e profundidade



Fonte: elaboração própria (2025).

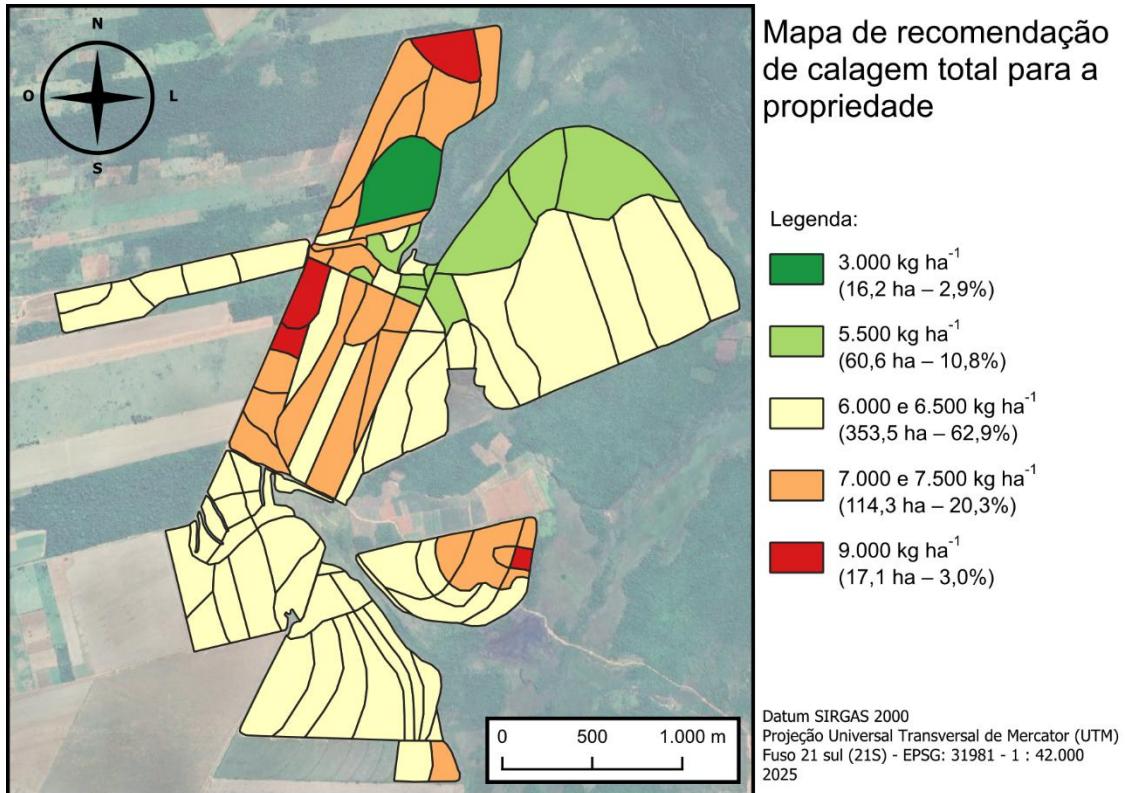
3.5 Análise de recomendações

Para o ano de 2024 foi recomendado que a calagem fosse realizada com calcário dolomítico em duas operações. Para a primeira aplicação de correção, as UGDs foram organizadas em três classes de recomendações: 4,0; 2,5 e 2,0 toneladas de calcário dolomítico por hectare. Para uma segunda aplicação, o número de classes aumentou: 5,0; 4,5; 4,0; 3,5; 3,0 e 1,0 toneladas de calcário dolomítico por hectare. O Mapa 45 indica o resultado da soma das duas aplicações para cada UGD.

A adubação recomendada de base para o plantio do amendoim, com os resultados das amostragens de 2024 e o objetivo de rendimento de 4.000 kg/ha, variaram de 140 e 320 kg/ha do fertilizante Magnophos Equilibrium 05-34-15 (5,0% de N, 34,0% de P₂O₅, 15,0% de K₂O, 2,2% de S e 0,22% de B), onde para 57,9% da área foram recomendados 140 kg/ha (cobrindo a maior parte dos lotes 2, 3, 4 e 5) e 210 kg/ha para 19,3% da área, que corresponde principalmente à seções ao leste do lote 3. O restante das áreas receberam principalmente doses entre essas duas, com menos de 1,0% da área com recomendação superior a 210 kg/ha.

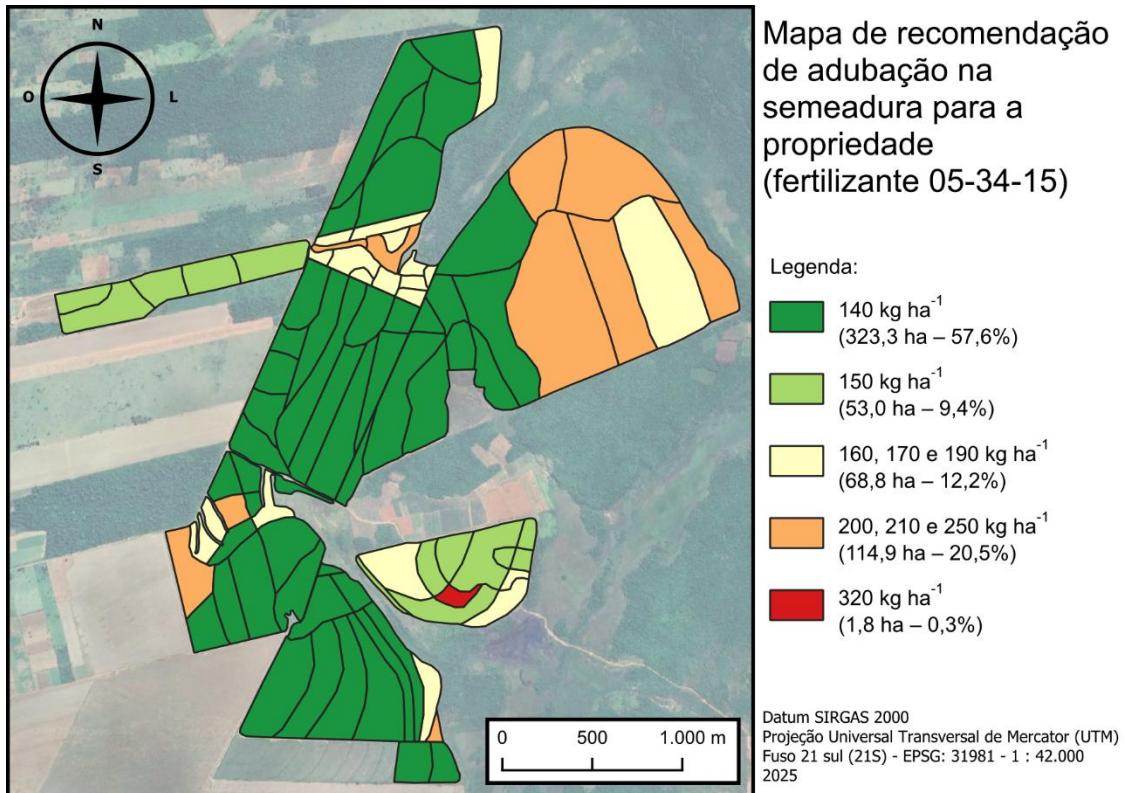
Para a complementação de potássio, o fertilizante 00-00-60 foi recomendado para adubação a lanço em taxas de 80 e 100 kg por hectare para respectivamente 67,5 e 32,5% da área. Das UGDs com recomendação de 100 kg/ha, apenas 4 se encontravam nos lotes 4, 5 e 6, enquanto o restante estava na área dos antigos lotes 2B e 3.

Mapa 45 – Recomendação de calagem por UGD em 2024



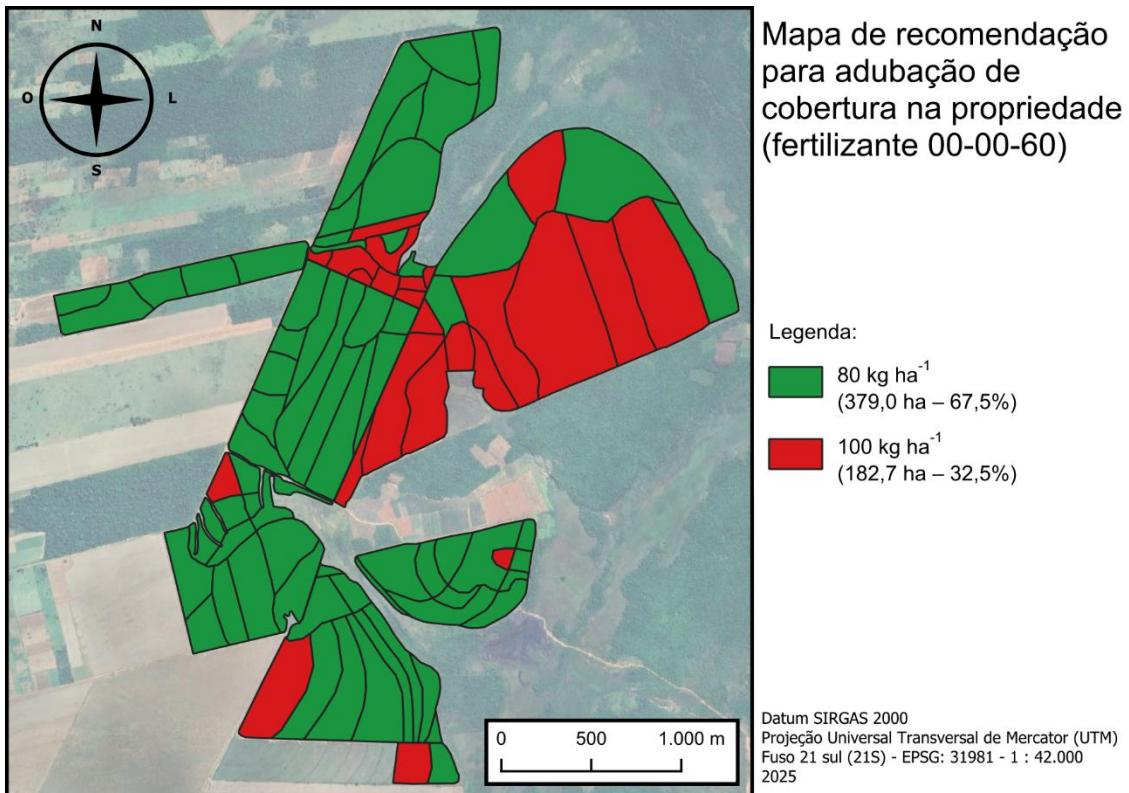
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 46 – Recomendação da adubação na semeadura por UGD em 2024



Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 47 – Recomendação de adubação de cobertura por UGD em 2024



Fonte: elaboração própria (2025).

3.6 Análise de aplicações

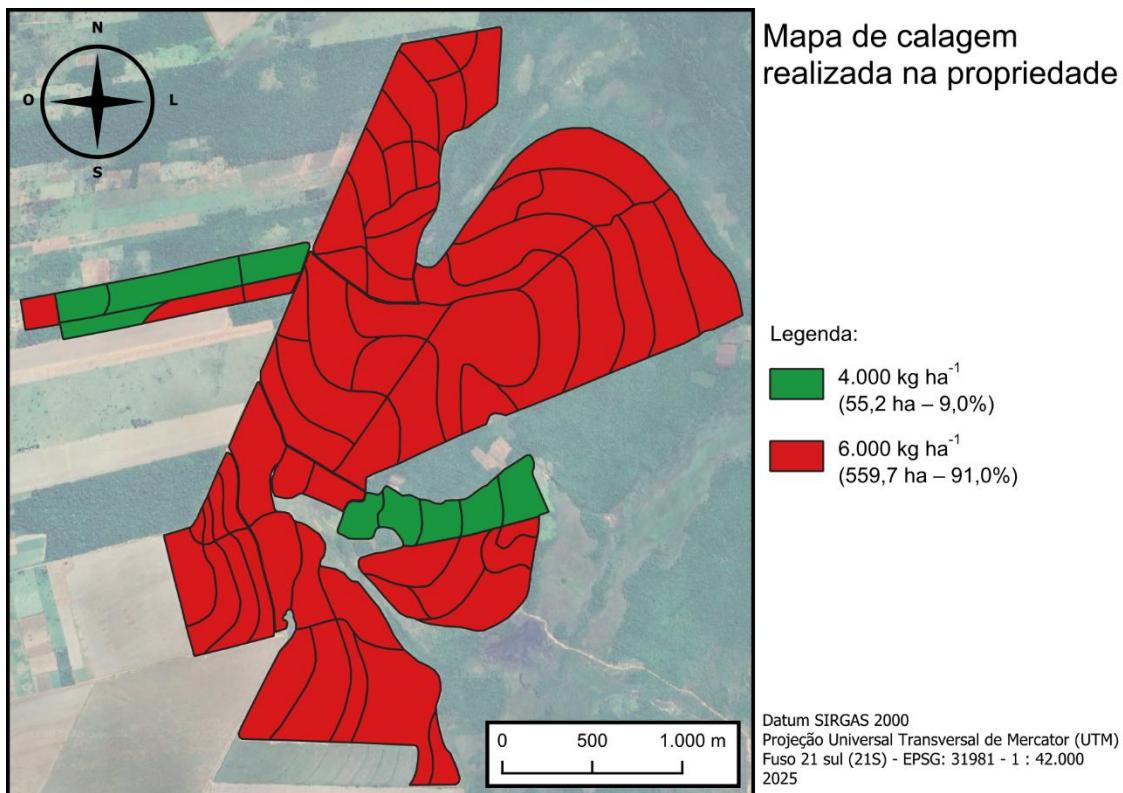
A ampliação das áreas dos lotes 1 e 6 foi realizada após as primeiras amostragens, portanto, elas não entraram nas recomendações de 2024, mas foram cultivadas com amendoim, recebendo calcário dolomítico e fertilizante.

A calagem com calcário dolomítico, foi realizada na maior parte da propriedade com uma taxa de aplicação de 6 toneladas por hectare ao somar duas aplicações de 4 e 2 t ha⁻¹, apenas as áreas antigas do lote 1 e as recém adicionadas ao lote 6 receberam apenas 4 t ha⁻¹. Todas as aplicações foram realizadas em taxa fixa.

O fertilizante de base aplicado em toda a área foi o fertilizante recomendado pelo Programa Nutrisolum, o 05-34-15 (5,0% de N, 34,0% de P₂O₅, 15,0% de K₂O, 2,2% de S e 0,22% de B) a uma taxa homogênea de 180 kg ha⁻¹ em toda a área durante a semeadura do amendoim. Esse valor fixo foi utilizado pelo produtor por ele não ter maquinário para aplicação em taxa variável e pela dose média recomendada ser aproximadamente 160 kg ha⁻¹, logo, 180 kg ha⁻¹ facilitaria as operações no campo e atingiria a meta na maior parte da propriedade.

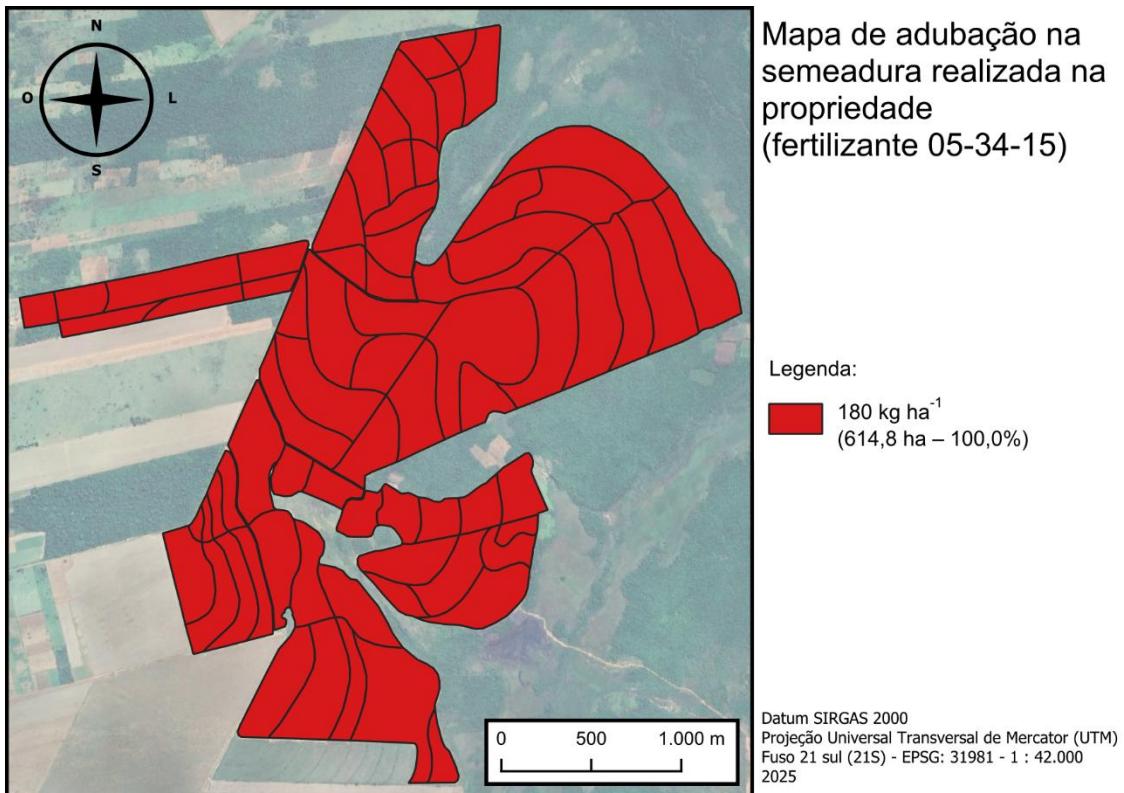
Algo semelhante ocorreu para a aplicação de cobertura com o fertilizante 00-00-60. Ela só foi realizada nos lotes 2 e 3 com uma taxa homogênea de 100 kg ha^{-1} , essa aplicação não foi realizada em outros lotes. A taxa homogênea mais uma vez se deve a falta de implementos para aplicação variável, enquanto sua realização em taxa fixa em 100 kg ha^{-1} apenas nos lotes 2 e 3 serviu para suprir as áreas com maior demanda do nutriente.

Mapa 48 – Calagem realizada por UGD em 2024



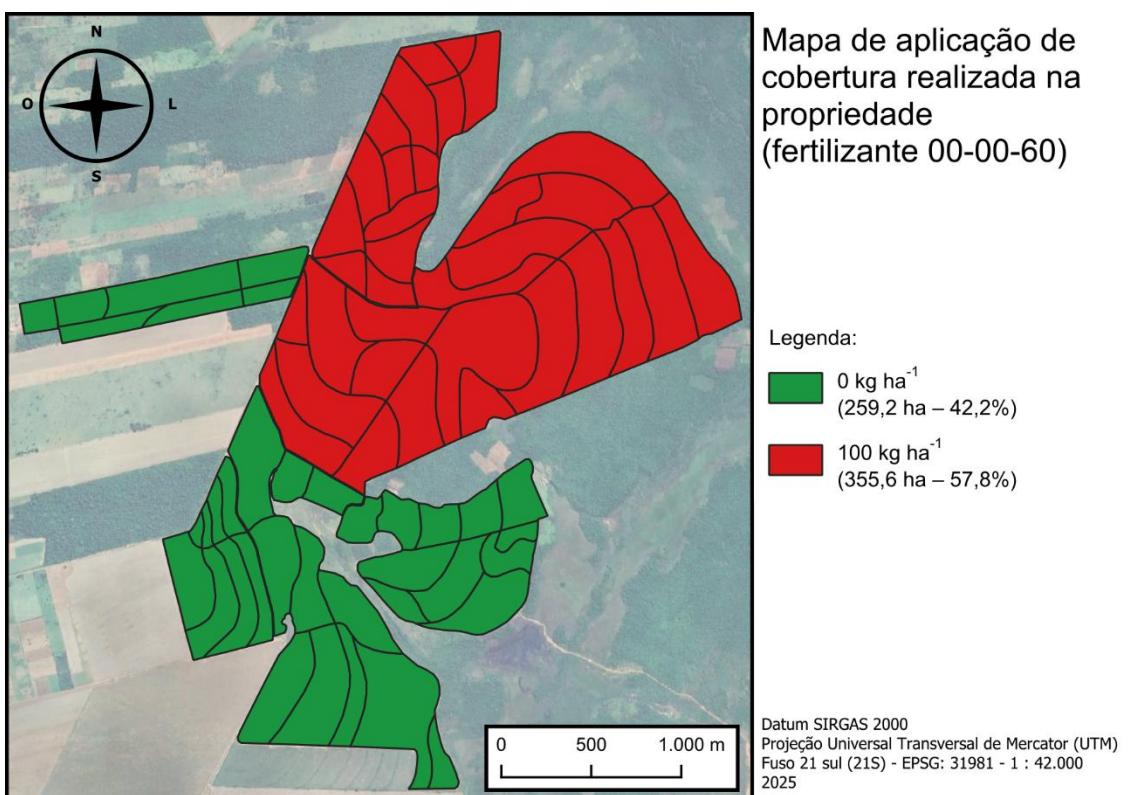
Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 49 – Adubação de semeadura realizada por UGD em 2024



Fonte: elaboração própria (2025).

Mapa 50 – Adubação de cobertura realizada em 2024



Fonte: elaboração própria (2025).

3.7 Precipitação e temperatura

De acordo com os mapas disponibilizados pela Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH) do Governo do Paraguai (DMH, 2025), nos trimestres de setembro de 2024 até maio de 2025, a precipitação trimestral na área da fazenda foi inferior às respectivas médias trimestrais (1991 a 2020), conforme indica a tabela 6.

Tabela 8 – Dados de precipitação (total e variação em relação a média) e temperatura média (média no período e variação em relação a média) por trimestre de setembro de 2024 a maio de 2025

Período - Trimestre (2024 e 2025)	Precipitação (mm)		Temperatura Média (oC)	
	Total	Variação	Média	Variação
Set-Out-Nov ²⁰²⁴	200 a 250	-250 a -300	25 a 26	+2,0 a +3,0
Dez-Jan-Fev ²⁰²⁴⁻²⁰²⁵	300 a 400	-200 a -300	26 a 27	+0,5 a +1,0
Mar-Abr-Mai ²⁰²⁵	325 a 355	-65 a -130	22 a 23	+0,6 a +0,7
Total	825 a 1005	-515 a -730	-	-

Fonte: elaborado com os dados de DMH (2024 e 2025).

Apesar de não ter uma estação meteorológica próxima da propriedade, impedindo a obtenção de dados exatos de precipitação e temperatura, os mapas marcam a área próxima da propriedade com precipitação inferior à média e temperatura média superior à média nos três semestres de setembro de 2024 a maio de 2025.

Devido a ser uma safra atípica em relação à uma menor precipitação e temperaturas maiores, ocorreram períodos de calor e estiagem durante o cultivo do amendoim que afetaram negativamente a produtividade das plantas. A distribuição da chuva também pode ter sido um fator relevante para a produção.

3.8 Comparativo de produtividade

Levando em conta a produtividade de 4.000 kg ha⁻¹, o desempenho em todos os lotes fora inferior ao esperado. Neste estudo, apesar da semeadura do lote 1 ter sido apenas um dia antes do lote 5 e de ter ficado apenas 2 dias a menos no campo, sua produtividade foi a menor de todas, com 1.124 kg ha⁻¹ de vagens (1.282 kg ha⁻¹ somando grãos soltos), enquanto o melhor resultado foi observado no lote 5, com 3.058 kg ha⁻¹ de vagens (3.105 kg ha⁻¹ somando grãos soltos) e 150 dias entre a

semeadura e retirada das plantas do solo para o desenvolvimento do amendoim no campo. Possivelmente esse resultado foi devido ao lote 5 receber mais água por chuvas localizadas, favorecendo o desenvolvimento das plantas.

Considerando que neste estudo todos os lotes que foram semeados até outubro superaram a marca de 2.000 kg ha^{-1} , os resultados indicam que as plantas de amendoim foram mais produtivas quanto mais cedo foram semeadas, desconsiderando os resultados no lote 5 que se destacam.

Tabela 9 – Dados por lote de: cultivar, datas de semeadura e colheita, dias no campo, produtividade apenas com as vagens e incluindo grãos soltos (entre parênteses)

Lote	Cultivar	Data de semeadura	Data de colheita	Dias no campo	Produtividade (kg ha^{-1})
1	Yankee	04/11/2024	01/04/2025	148	1.124 (1.282)
2	Yankee	17/10/2024	21/03/2025	155	2.391 (2.562)
3 A	IAC 503	15/10/2024	11/03/2025	147	2.026 (2.180)
3 B	IAC 503	19/09/2024	04/02/2025	138	2.758 (2.904)
4	Yankee	08/11/2024	03/05/2025	176	1.673 (1.730)
5	Yankee	05/11/2024	04/04/2025	150	3.058 (3.105)
6	IAC 503	21/11/2024	13/06/2025	204	1.605 (1.777)

Fonte: elaborado com os dados de SERVIMAQ (2025).

A tabela 10 indica quais nutrientes foram mais extraídos do solo, enquanto a tabela 11 indica os nutrientes mais exportados por lote na propriedade. Avaliando a diferença entre as tabelas 10 e 11, obtemos os valores da tabela 12 de nutrientes deixados em restos culturais após a colheita. Os valores nessas tabelas foram obtidos segundo os dados da tabela de Cordeiro *et al.* (2023) para cultívar rasteiros.

Tabela 10 – Extração de nutrientes por lote na propriedade de acordo com os dados da tabela de Cordeiro *et al.* (2023)

Lote	Macronutrientes (ton)						Micronutrientes (kg)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	2,70	0,25	1,75	0,80	0,26	0,20	3,60	0,80	21,18	5,75	3,30
2	10,51	0,97	6,81	3,11	1,03	0,78	14,01	3,11	82,49	22,37	12,84
3A	13,27	1,23	8,60	3,93	1,30	0,98	17,69	3,93	104,20	28,26	16,22
3B	22,63	2,10	14,67	6,71	2,22	1,68	30,17	6,71	177,69	48,19	27,66
4	10,05	0,93	6,51	2,98	0,99	0,74	13,40	2,98	78,89	21,40	12,28
5	5,95	0,55	3,85	1,76	0,58	0,44	7,93	1,76	46,68	12,66	7,27
6	6,10	0,57	3,96	1,81	0,60	0,45	8,14	1,81	47,93	13,00	7,46
Total	71,20	6,59	46,15	21,10	6,99	5,27	94,94	21,10	559,07	151,63	87,03

Fonte: elaboração própria (2025).

Tabela 11 – Exportação de nutrientes por lote na propriedade de acordo com os dados da tabela de Cordeiro *et al.* (2023)

Lote	Macronutrientes (ton)						Micronutrientes (kg)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	1,95	0,17	0,41	0,12	0,06	0,10	1,15	0,50	8,19	1,30	2,00
2	7,59	0,66	1,60	0,49	0,23	0,41	4,47	1,95	31,91	5,06	7,78
3A	9,58	0,84	2,02	0,61	0,29	0,52	5,65	2,46	40,30	6,39	9,83
3B	16,34	1,42	3,44	1,05	0,50	0,88	9,64	4,19	68,73	10,90	16,76
4	7,26	0,63	1,53	0,47	0,22	0,39	4,28	1,86	30,51	4,84	7,44
5	4,29	0,37	0,90	0,28	0,13	0,23	2,53	1,10	18,06	2,86	4,40
6	4,41	0,38	0,93	0,28	0,14	0,24	2,60	1,13	18,54	2,94	4,52
Total	51,42	4,48	10,81	3,30	1,58	2,77	30,33	13,19	216,24	34,28	52,74

Fonte: elaboração própria (2025).

Tabela 12 – Nutrientes deixados em restos culturais por lote na propriedade de acordo com os dados da tabela de Cordeiro *et al.* (2023)

Lote	Macronutrientes (ton)						Micronutrientes (kg)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1	0,75	0,08	1,35	0,70	0,20	0,09	2,45	0,30	12,99	4,45	1,30
2	2,92	0,31	5,25	2,72	0,80	0,37	9,53	1,17	50,59	17,32	5,06
3A	3,69	0,39	6,64	3,44	1,01	0,47	12,04	1,47	63,90	21,87	6,39
3B	6,29	0,67	11,32	5,87	1,72	0,80	20,53	2,51	108,96	37,30	10,90
4	2,79	0,30	5,02	2,60	0,76	0,35	9,12	1,12	48,38	16,56	4,84
5	1,65	0,18	2,97	1,54	0,45	0,21	5,40	0,66	28,63	9,80	2,86
6	1,70	0,18	3,05	1,58	0,46	0,21	5,54	0,68	29,39	10,06	2,94
Total	19,78	2,11	35,60	18,46	5,41	2,51	64,61	7,91	342,83	117,35	34,28

Fonte: elaboração própria (2025).

3.9 Análise financeira

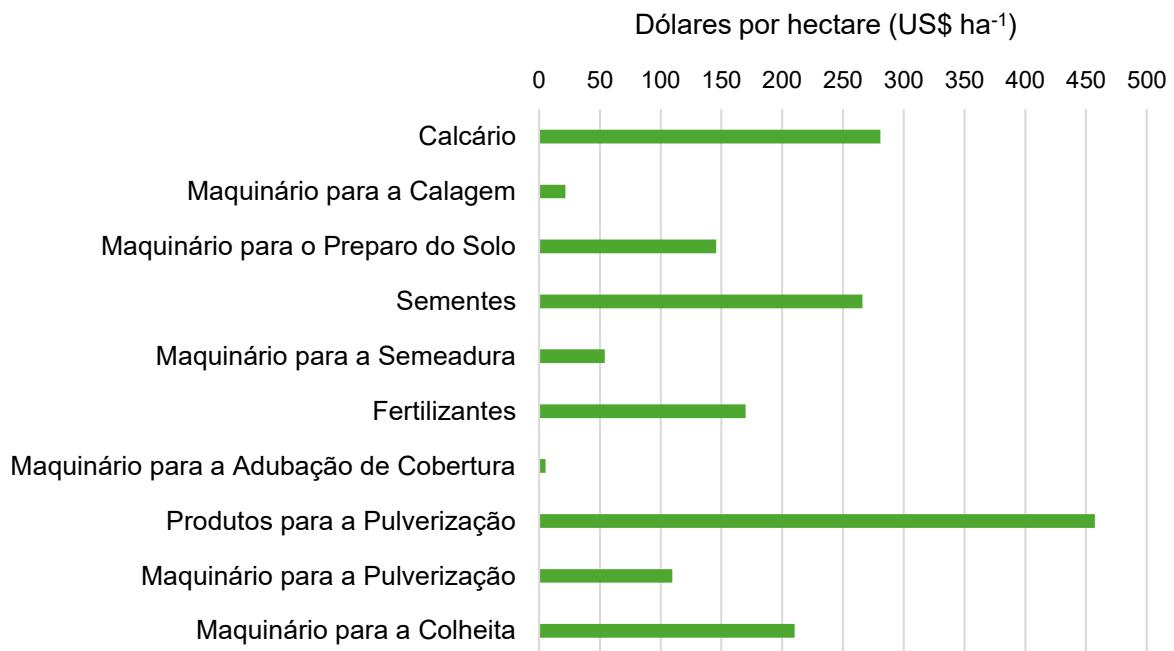
A tabela 13 e o gráfico 19 apresentam o custo médio em dólares por hectare para cada atividade realizada e insumo aplicado na propriedade durante os ciclos das plantas para a cobertura de inverno e dos amendoins rasteiros.

Tabela 13 – Custo médio em dólares por hectare (US\$ ha⁻¹) das atividades realizadas e insumos aplicados na propriedade e suas porcentagens (%) em relação ao total

Atividades e insumos	Dólares por hectare (US\$ ha ⁻¹)	Porcentagem (%)
Calcário	280,88	16,3
Maquinário para a Calagem	21,62	1,3
Maquinário para o Preparo do Solo	145,58	8,5
Sementes	266,08	15,5
Maquinário para a Semeadura	54,07	3,1
Fertilizantes	170,01	9,9
Maquinário para a Adubação de Cobertura	5,41	0,3
Produtos para a Pulverização	457,28	26,6
Maquinário para a Pulverização	109,65	6,4
Maquinário para a Colheita	210,13	12,2
Total	1.720,72	100,0

Fonte: elaborado com os dados de SERVIMAQ (2025).

Gráfico 19 – Custo médio em dólares por hectare (US\$ ha⁻¹) das atividades realizadas e insumos aplicados na propriedade



Fonte: elaborado com os dados de SERVIMAQ (2025).

O custo do calcário dolomítico foi de 280,88 US\$ ha^{-1} e do maquinário para a calagem foi de 21,62 US\$ ha^{-1} . Quando somados a operação da calagem representa 17,6% dos custos totais da lavoura.

A categoria do maquinário para o preparo do solo inclui o uso do arado (35,74 US\$ ha^{-1}), grades (65,21 US\$ ha^{-1}), niveladores de solo (19,40 US\$ ha^{-1}), passagem de rolo-faca (12,41 US\$ ha^{-1}) e abertura de novas áreas (12,81 US\$ ha^{-1}).

O custo das sementes de amendoim representa 77,0% do custo total das sementes, superando com facilidade os custos com as sementes da aveia e do mix de plantas utilizadas para a cobertura do solo durante o inverno. 69,7% do custo do maquinário para a semeadura foi destinado para o amendoim, enquanto o restante foi para os cultivos de inverno.

77,6% dos 170,01 US\$ ha^{-1} gastos com fertilizantes representam o gasto com o Magnophos Equilibrium (05-34-15) durante a semeadura. O restante representa o custo com o cloreto de potássio (KCl) de 28,15 US\$ ha^{-1} e o custo do Programa Nutrisolum de 10 US\$ ha^{-1} . Como a aplicação de cobertura do cloreto de potássio foi realizada apenas nos lotes 2 e 3, seus custos envolvidos para o fertilizante e para o maquinário de aplicação (5,41 US\$ ha^{-1}) foram reduzidos com a área dos lotes restantes.

O maior custo para a produção foram os produtos utilizados para a pulverização, com 26,6% do custo total por hectare, enquanto é obtida a porcentagem de 31,8% somando-se todos os gastos com maquinário, uma porcentagem alta, mas que é distribuída entre as várias atividades ao longo do cultivo.

A produção média de amendoins na propriedade foi de 2,02 ton ha^{-1} . Sendo o custo médio de 1.720,72 US\$ ha^{-1} , o resultado apresentado por hectare é um prejuízo de 508,84 US\$, considerando o valor de venda da tonelada de amendoim de 600 US\$ do período e apenas selecionando as vagens inteiras. A produção necessária para atingir o ponto de equilíbrio financeiro nesse caso é de 2,87 ton ha^{-1} , enquanto com 3,37 ton ha^{-1} seria obtido um lucro de 300 US\$ ha^{-1} .

Considerando uma produtividade de 4,0 ton ha^{-1} , seria necessário um valor de 430,18 US\$ ton^{-1} para atingir o equilíbrio financeiro e 505,18 US\$ ton^{-1} para um lucro de 300 US\$ ha^{-1} , enquanto com o valor de 600 US\$ ton^{-1} de amendoim atingido no período retornaria um lucro de 679,28 US\$ ha^{-1} .

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O acompanhamento da área irá continuar conforme demanda do cliente, e os dados se tornarão mais confiáveis ao longo dos anos de informações acumuladas. Porém, conforme notado durante a preparação deste trabalho, a capacidade de organização das áreas para comparação dos resultados ano a ano é um fator importante para a visualização e interpretação dos resultados.

A metodologia utilizada foi capaz de permitir uma melhor compreensão dos dados obtidos, com as comparações entre as amostragens de 2024 e 2025, demonstrando a melhora de fatores como a saturação por bases e o pH, enquanto outros ainda necessitam de maior atenção e investimento, como o boro, enxofre e magnésio.

A adição de mais anos ao banco de dados para comparação pode trazer a necessidade de desenvolver um novo método para avaliar e comparar os resultados de maneira mais precisa considerando as alterações feitas nas divisões da área de um ano para o outro e utilizando menos tempo até sua conclusão para haver possibilidade de uso comercial, substituindo a metodologia utilizada para os gráficos.

As UGDs demonstraram ser uma das opções para a amostragem da área com viabilidade tanto para o produtor quanto para a empresa responsável pelas amostragens, enquanto continua permitindo um bom nível de detalhamento das características do solo nos mapas. Apesar disso, a falta de um mapa de produtividade detalhado gerado durante a colheita dificulta a avaliação dos resultados individuais em cada UGD. Os gráficos conseguiram informar, nas médias de cada lote, as principais alterações dos parâmetros avaliados entre os anos de 2024 e 2025.

A análise financeira mostra um prejuízo de 508,84 US\$ ha^{-1} para a produtividade obtida de 2,02 ton ha^{-1} , com a necessidade de 2,87 ton ha^{-1} para atingir o ponto de equilíbrio financeiro e de 3,37 ton ha^{-1} para se obter um lucro de 300 US\$ ha^{-1} , quando o valor da tonelada de amendoim estava em 600 US\$ ha^{-1} . Considerando a produtividade de 4,0 ton ha^{-1} de amendoim, a cultura passa a ser atraente ao produtor quando o valor de sua tonelada se aproxima da faixa de 500,00 US\$ ton^{-1} , resultando em um lucro próximo de 300 US\$ ha^{-1} .

Os resultados obtidos demonstram o comportamento dos cultivares de amendoins em solo arenoso e situação climática adversa, impactando a produtividade da safra na região do Departamento de San Pedro, podendo servir como base informativa e comparativa na instalação de novos cultivares no país.

REFERÊNCIAS

ALBRECHT, W. A. **The Albrecht Papers: foundation concepts**. Volume I. Greeley: Acres U.S.A., 1996. 515 p. Edited by Charles Walters.

ALMEIDA, R. P. de. **Recomendações técnicas para o manejo de insetos-praga do amendoimzeiro**. Circular Técnica (CNPA). Campina Grande: Embrapa Algodão, 2015, n. 137, 15 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1041571>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ASF DAAC. **ALOS PALSAR High Resolution Radiometric Terrain Corrected Product**. NASA Alaska Satellite Facility Distributed Active Archive Center. 2014. © NASA 2014, Includes Material © JAXA, METI 2011. Disponível em: <https://ASF.alaska.edu/>. DOI: 10.5067/Z97HFCNKR6VA. Acesso em: 9 out. 2025.

BERALDO, J. M. G. *et al.* Definição de zonas de manejo baseado na análise espacial de nutrientes, condutividade elétrica do solo e produtividade de milho. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - ConBAP*, 2014, São Pedro. **Anais** [...]: SBEA, 2014. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1009888>. Acesso em: 7 out. 2025.

BERTINO, A. M. P. *et al.* Peanut crop yield under full and deficit irrigation in the reproductive phase. Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.27, n.11, p.900-909, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/s6VJvLbzQRXKvqqWTCytRNf/?format=html&lang=en>. Acesso em: 7 nov. 2025.

BRASIL. **Extracto de contrato de cooperação técnica e financeira SAIC nº 20100.25/0043-8**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 6 nov. 2025. Seção 3, p. 9. Disponível em: https://diaoficial.com/linkdo/2074176/2025_11_06_ASSINADO_do3?page=9&pageid=2074176&docid=25712. Acesso em: 15 nov. 2025.

BULL, R. de C.; CAUSARANO, H. J.; SORIA, J. E. Del diagnóstico de suelos a los resultados en producción. Experiencias en fincas de productores. *In: CONGRESO PARAGUAYO DE CIENCIA DEL SUELO. SIMPOSIO PARAGUAYO DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS*, ed. 2, 2017, Encarnación, Paraguay. **Anais** [...]. San Lorenzo, Paraguay: Sociedad Paraguaya de Ciencia del Suelo - SOPACIS, 2017. 252 p. ISBN: 978-99967-0-452-9. Disponible em: <https://sopacis.org.py/publicaciones/>. Acesso em: 7 out. 2025.

CALEGARI, A. Pensando en el manejo y conservación del suelo. *In: CONGRESO PARAGUAYO DE CIENCIA DEL SUELO. SIMPOSIO PARAGUAYO DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS*, ed. 1, 2015, San Lorenzo, Paraguay. **Anais** [...]. San Lorenzo, Paraguay: Sociedad Paraguaya de Ciencia del Suelo - SOPACIS, 2015. 244 p. ISBN: 978-99967-691-8-4. Disponible em: <https://sopacis.org.py/publicaciones/>. Acesso em: 7 out. 2025.

CANTARELLA, H. *et al.* **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agronômico, 2022. 489 p. ISBN: 978-65-88414-09-5. (Boletim Técnico 100).

CARVALHO, P. S. M. de. *et al.* Cacao crop management zones determination based on soil properties and crop yield. **Rev Bras Cienc Solo**, 2016; 40:e0150520. DOI: 10.1590/18069657rbcs20150520. Disponible em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8GRv5NCFcxNzLTH3mBnyqVB/?lang=en&format=html>. Acesso em: 7 out. 2025.

COLAÇO, A. F.; MOLIN, J. P. **Amostragem georreferenciada**. Piracicaba, SP: Laboratório de Agricultura de Precisão – LAP/ESALQ, 2014. Disponible em: <https://www.agriculturadeprecisao.org.br/boletim-tecnico-02-amostragem-georreferenciada/>. Acesso em: 7 out. 2025.

COOPER, M. Manejo deve controlar totalidade do processo erosivo. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 9., p. 136-139, jul./dez. 2009. Disponible em: <https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Ambiente02.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

CORDEIRO, C. F. dos S. *et al.* Extração e exportação de nutrientes por cultivares modernas de amendoim. In: **Boletim de Pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Agronomia**. Presidente Prudente: Unoeste, 2023. v. 4. p. 88-93. Disponível em: <https://sites.unoeste.br/boletimppga/index.php/2023/10/19/volume-04-2023/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

DAWSON, A.; KNOWLES, O. To grid or not to grid – a review of soil sampling strategies. In: **Farm environmental planning – Science, policy and practice**, 2018. (Eds L. D. Currie and C. L. Christensen). <http://flrc.massey.ac.nz/publications.html>. Occasional Report No. 31. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand. 10 pages https://www.researchgate.net/publication/323745718_TO_GRID_OR_NOT_TO_GRID-A REVIEW_OF_SOIL_SAMPLING_STRATEGIES. Acesso em: 7 out. 2025.

DENG, C. *et al.* Advantages and disadvantages of terracing: A comprehensive review. **International Soil and Water Conservation Research** v. 9, ed. 3, set. 2021, p. 344-359. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633921000228>. Acesso em: 15 nov. 2025.

DMH. Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH): Centro Meteorológico Nacional. Página inicial. Disponível em: <https://www.meteorologia.gov.py/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

EMBRAPA SOJA. Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil 2011. Londrina: Embrapa Soja, 2010. **Sistemas de Produção**, 14. 255 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/864927>. Acesso em: 7 nov. 2025.

FARMAHA, B. S.; CAUGHMAN, W.; PARK, D. **Precision Agriculture-Based Soil Sampling Strategies**. Clemson University, 2020. Report number: LGP 1083. DOI: 10.13140/RG.2.2.29242.41921. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/344843968_Precision_Agriculture-Based_Soil_Sampling_Strategies. Acesso em: 7 out. 2025.

FILHO, A. L. de B. **Colheita mecanizada de amendoim: desafios e oportunidades no desenvolvimento de tecnologias para avaliação de perdas.** 2024. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2024. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/46738398-1147-4071-a8d2-b065ec2019e1>. Acesso em: 15 nov. 2025.

FRANCHINI, J. C. *et al.* Estudo de caso 2 - definição de zonas de manejo, calagem e gessagem em área de produção de soja na Fazenda Indaiá, Campo Mourão, PR. In: PIRES, J. L. F.; BRANDAO, Z. N. (ed.). **Experimentação on-farm na agricultura de precisão.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2022. p. 34-43. (Embrapa Trigo. Documentos, 201). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1151349>. Acesso em: 7 out. 2025.

FREITAS, F. de O.; PEÑALOZA, A. del P.; VALLS, J. F. M. **O amendoim contador de história.** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. Documentos, 107. 12 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/185440>. Acesso em: 7 nov. 2025.

GARCÍA, F. O. Suelos sanos para enfrentar los desafíos de la agricultura en el Cono Sur. In: CONGRESO PARAGUAYO DE CIENCIA DEL SUELO. SIMPOSIO PARAGUAYO DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS, ed. 4, 2023, San Lorenzo, Paraguay. **Anais [...].** San Lorenzo, Paraguay: Sociedad Paraguaya de Ciencia del Suelo - SOPACIS, 2023. 543 p. ISBN: 978-99925-3-935-4. Disponível em: <https://sopacis.org.py/publicaciones/>. Acesso em: 7 out. 2025.

GEORGIA PEANUTS. Georgia Peanuts: Georgia Peanut Comission. **2024 Georgia Peanut Farm Show.** Disponível em: https://gapeanuts.com/2024_gapnutfarmshowreview/. Acesso em: 19 nov. 2025.

GODOY, I. J. *et al.* Cultivares de amendoim alto oleicos: uma inovação para o mercado produtor e consumidor brasileiros. **O Agronômico, Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agronômico.** Campinas, São Paulo, v. 70, 2018. Disponível em: <https://oagronomico.iac.sp.gov.br/?p=1148>. Acesso em 7 nov. 2025.

GOROSTIAGA, O. L. *et al.* **Mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental.** Asunción, Paraguay. 1995. Disponível em: <https://imagoteca.com.py/republica-del-paraguay-mapa-de-reconocimiento-de-suelos-de-la-region-oriental/>. Acesso em: 7 nov. 2025.

GREGO, C. R. *et al.* Tecnologias desenvolvidas em Agricultura de Precisão. *In:* MASSRUHÁ, S. M. F. S. *et al.* **Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas.** ed. 1. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 7, p. 166-191. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126213>. Acesso em: 27 mai. 2025.

HILAGRO. Grupo Hilagro: Amamos lo que hacemos. Página inicial. Disponível em: <https://www.hilagro.com.py/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. de C. Agricultura de Precisão. *In:* BERNARDI, A. *et al.* **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF: Embrapa, 2014. cap. 1, p. 21-33. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-depublicacoes/-/publicacao/1003476/agricultura-de-precisao>. Acesso em: 7 out. 2025.

JOHN DEERE. John Deere, Gator utility vehicles, full size crossover gators, XUV865M utility vehicle. Disponível em: <https://www.deere.com/en/gator-utility-vehicles/full-size-crossover-gators/xuv865m-utility-vehicle/>. Acesso em: 7 nov. 2025.

JUNIOR, F. A. R. et al. **Geração de zonas de manejo para cafeicultura empregando-se sensor SPAD e análise foliar.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.15, n.8, p.778–787, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000800003>.

Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/rMBRLZFrshzR6kNPXWqfZzf/?lang=pt>. Acesso em: 7 out. 2025.

LABORTEST. Labortest: Análisis Agronómicos. Página inicial. Disponível em:
<https://labortest.com.py/>. Acesso em: 7 nov. 2025.

MARIANO, C. et al. Delimitación de zonas de manejo sitio-específicas. In: III Congreso Argentino de Agroinformática – CAI; 2014, Córdoba, 29 de agosto al 2 de septiembre de 2011. **Anaís** [...]: XL JAIIO, 2011. Disponível em:
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/125999>. Acesso em: 7 out. 2025.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG). **Compendio sobre Zonificación Agroecológica del Paraguay.** Documento Técnico. Asunción, Paraguay, 2018. Disponível em:
<https://informacionpublica.paraguay.gov.py/public/4465497-DocumentoZAEFinalPDFpdf-DocumentoZAEFinalPDF.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2025.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLACO, A. F. **Agricultura de precisão.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 238p.

MUITIA, A. **Manejo da cultura do amendoim.** Ministério de Agricultura e Segurança Alimentar, Instituto de Investigação Agrária de Moçambique. Maputo, 2015. Disponível em:
<https://www.agricultura.gov.mz/wp-content/uploads/2024/07/Manual-de-Amendoim.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2025.

NETO, J. F.; COSTA, C. H. M. da; CASTRO, G. S.A. **Ecofisiologia do Amendoim.** **Scientia Agraria Paranaensis.** Vol 11, n 4, p.1-13, 2012. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/275351736_Ecofisiologia_do_Amendoim. Acesso em: 7 nov. 2025.

QGIS. QGIS: Spatial without compromise. Página inicial. Disponível em: <https://qgis.org/en/site/>. Acesso: 7 out. 2025.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24., 2002, São Pedro, SP. **Resumos**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. Documentos, 185. 246 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/450291>. Acesso em: 7 nov. 2025.

REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., 1979, Rio de Janeiro. **SÚMULA DA X REUNIAO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS (SNLCS)**. SÉRIE MISCELÂNIA, 1. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979. 83 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/327212>. Acesso em: 9 out. 2025.

REYES, O. R. B. Situación del manejo de suelos en la agricultura empresarial del Paraguay, fortalezas y desafíos. In: CONGRESO PARAGUAYO DE CIENCIA DEL SUELO. SIMPOSIO PARAGUAYO DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS, ed. 4, 2023, San Lorenzo, Paraguay. **Anais** [...]. San Lorenzo, Paraguay: Sociedad Paraguaya de Ciencia del Suelo - SOPACIS, 2023. 543 p. ISBN: 978-99925-3-935-4. Disponível em: <https://sopacis.org.py/publicaciones/>. Acesso em: 7 out. 2025.

SANTOS, H. G. dos. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 6. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2025. 393 p. ISBN 978-65-5467-104-0. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1176834/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 7 out. 2025.

SANTOS, R. C. dos; FREIRE, R. M. M.; SUASSUNA, T. de M. F. Brasília, DF: **Amendoim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa Informação Tecnológica: Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 240 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/578407>. Acesso em: 7 nov. 2025.

SANTOS, R. C. dos; GODOY, I. J. de; FAVERO, A. P. Melhoramento do amendoim e cultivares comerciais. In: SANTOS, R. C. dos; FREIRE, R. M. M.; LIMA, L. M. de. **O agronegócio do amendoim no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 115-175. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/959263>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SARAIVA, D. G. *et al.* Uso de sistemas de informação geográfica (SIG) na agricultura. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, ISSN-e 1696-8352, Vol. 23, Nº. 4, 2025. DOI: 10.55905/oelv23n4-134. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10155994>. Acesso em: 7 out. 2025.

SCHULZE, G. S. **Amostragem de solo**. Curitiba, SENAR AR/PR, 2025. 28 p. ISBN 978-85-7565-235-0. Disponível em: <https://www.sistemafaep.org.br/>. Acesso em: 7 out. 2025.

SCHUMANN, A. W. Precise Placement and Variable Rate Fertilizer Application Technologies for Horticultural Crops. **HortTechnology**, v. 20, p. 34–40, 2010. Issue 1. DOI: 10.21273/HORTTECH.20.1.34. Disponível em: <https://journals.ashs.org/view/journals/horttech/20/1/article-p34.xml?rskey=X6GIG1&result=1>. Acesso em: 7 out. 2025.

SERVIMAQ S.A. Servimaq. Página inicial. Disponível em: <https://www.servimaq.com.py/>. Acesso em: 7 out. 2025.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**. USDA-Natural Resources Conservation Service, 2022. 13 ed. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/keys-to-soil-taxonomy>. Acesso em: 7 nov. 2025.

SONG, Q. *et al.* Supplementary Calcium Restores Peanut (*Arachis hypogaea*) Growth and Photosynthetic Capacity Under Low Nocturnal Temperature. **Front. Plant Sci.** 10:1637. 2020. doi: 10.3389/fpls.2019.01637. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2019.01637/full>. Acesso em: 7 nov. 2025.

TATU MARCHESAN. Tatu Marchesan, AAR2 – Arado de Aivecas Reversível. Disponível em: <https://www.marchesan.com.br/produto/detalhe/AAR2%80%93Arado-de-Aivecas-Reversivel/pt-BR>. Acesso em: 7 nov. 2025.

TRANSAGRO. Transagro: Soluciones Agricolas Para Tu Cultivo. Página inicial. Disponível em: <https://www.transagro.com.py/>. Acesso em: 7 out. 2025.

WADT, P. G. S. Construção de terraços para controle da erosão pluvial no Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2004. 44 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/501671>. Acesso em: 7 nov. 2025.

WINTEXAGRO. WintexAgro, Wintex 3000 – Product information. Disponível em: <https://wintexagro.com/products/wintex-3000/>. Acesso em 7 nov. 2025.