

## Circular Técnica

SOLOS SILTOSOS:  
MITOS E VERDADES

Ed. 09 | JANEIRO/2024

Tiragem: 250 exemplares

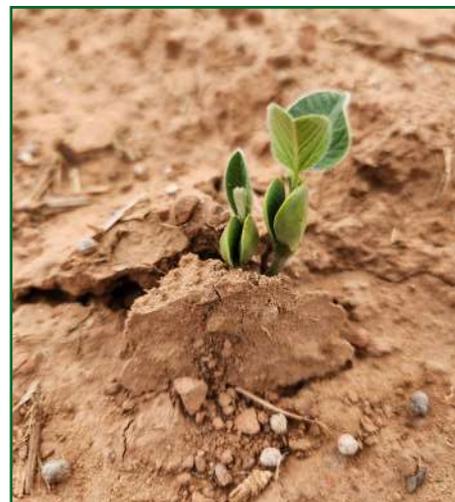
## AUTORES

**André Somavilla (IAGRO)***Eng. Agr. Dr. Pesquisador em solos e coordenador de pesquisa do IAGRO - andre.somavilla@iagromt.com.br***Daniela Basso Facco (IAGRO)***Eng. Agr. Ma. Pesquisadora em solos do IAGRO***Rodrigo K. Hammerschmitt (IAGRO)***Eng. Agr. Me. Pesquisador em solos e coordenador de pesquisa do IAGRO***Paulo I. Gubiani (UFSM)***Professor Associado do departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)***Fabio J. A. Schneider (UFSM)***Pós-doutorando da Rede Manejo e Conservação de Solo e Água no Paraná pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR)***Tales Tiecher (UFRGS)***Professor Adjunto do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) – tales.tiecher@ufrgs.br***Alberto V. Inda Junior (UFRGS)***Professor do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)***André Vitti (APTA)***Eng. Agr. Dr. Pesquisador na Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio (APTA)***Rodrigo Ferraz***Eng. Agr. Me. Coordenador de Pesquisa na SLC Agrícola***Taimon Semler***Eng. Agr. Consultor e Pesquisador na TerraFarm Consultoria Agrônômica***Franklin W. V. de Oliveira (Aprosoja)***Eng. Agr. Especialista em Proteção de Plantas. Coordenador de Projetos de Defesa Agrícola da Aprosoja-MT***Gabriel Augusto da Silva (Aprosoja)***Eng. Agr. Analista de Projetos Defesa Agrícola da Aprosoja-MT.***Jerusa Rech (Aprosoja)***Eng. Agr. Dra. Gerente de Defesa Agrícola da Aprosoja-MT.*

## INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira e, em especial, a agricultura Mato-grossense evoluiu nas últimas décadas predominantemente em áreas de solos com boa aptidão agrícola. Solos em sua maioria profundos, bem drenados, com alto teor de argila, de relevo plano a suave ondulado e localizados em regiões com condições climáticas favoráveis à agricultura (precipitação e temperatura). Todos estes fatores foram fundamentais para colocar a agricultura do estado como uma das mais eficientes e produtivas do mundo. Na safra 2022/2023, o estado de Mato Grosso atingiu a produtividade histórica de 45,6 milhões de toneladas de soja (29% da nacional), 51 milhões de toneladas de milho (39% da nacional) e 2,2 milhões de toneladas de algodão em pluma (71% da nacional) (CONAB, 2023).

Entretanto, passado este primeiro momento de ocupação e expansão de áreas com maior aptidão agrícola, a ocupação avançou para áreas com menor potencial e maiores desafios (Figura 1). Áreas ocupadas por pecuária foram ou estão sendo convertidas em áreas agrícolas ou em integração lavoura-pecuária. Nestas áreas, as dificuldades para a agricultura aumentam, uma vez que estão localizadas em regiões com precipitações mais irregulares, possuem solos com menores teores de argila e maiores de areia ou silte, com relevo menos favorável à mecanização ou com drenagem deficiente.



**Figura 1.** Selamento superficial em solo de textura franco siltoso e o desafio no estabelecimento e uniformidade de plantas na lavoura. CTECNO/ Araguaia-MT, safra 2023/24.

Neste contexto, é imprescindível que os agricultores se munam de informações e conhecimento técnico capaz de reduzir riscos e melhorar o potencial produtivo dos sistemas agrícolas praticados. Para isso, desde o ano de 2016, a Aprosoja MT e o Instituto Mato-Grossense do Agronegócio (IAGRO MT) vêm dedicando esforços para desenvolver pesquisas aplicadas em solos de textura arenosa (a partir de 2016) e posteriormente em solos de textura franco - siltosa (a partir de 2021).

Dentre estes dois solos (arenosos e siltosos), sem dúvida o siltoso é aquele que possui menos informações técnicas e/ou científicas disponíveis para os agricultores basearem suas decisões. No dia a dia do agricultor, o que há é a experiência prática e a vivência de campo, fato primordial para o manejo do solo siltoso, mas que precisa de uma validação experimental para a quantificação e extrapolação dos resultados. Da mesma forma, no meio acadêmico há poucos estudos desenvolvidos até o momento sobre solos siltosos. E desses, poucos são diretamente aplicáveis à realidade do campo.

Nesse cenário, esta circular visa destacar, para agricultores e profissionais da área técnica, características específicas e típicas dos solos siltosos reconhecidas no meio acadêmico, abrangendo as três principais áreas da ciência do solo (física, química e biologia do solo), com foco nos solos do estado de Mato Grosso. Além disso, busca desmistificar concepções relacionadas a esse tipo de solo e identificar desafios ainda pouco explorados experimentalmente.

## Solo: Granulometria e Textura

O solo é um meio trifásico composto por uma matriz sólida, água e ar. As porções de água e ar ocupam os poros (vazios) do solo, e representam, em média, 45% do volume total do solo. Esse valor pode variar em função da densidade do solo e textura. Por sua vez, a porção sólida é composta por partículas minerais e orgânicas. As partículas orgânicas são provenientes da ação biológica de estabilização de compostos orgânicos de origem animal e/ou vegetal ocorridos durante a evolução dos diferentes tipos de solo e cuja intensidade varia de acordo com características ambientais de cada região. Já as partículas minerais podem ter origem litogênica (minerais primários), ou seja, provenientes diretamente do material de origem ou rocha matriz, ou podem ter origem pedogênica (minerais secundários), fruto do intemperismo ou alteração dos minerais primários. Por isso os minerais presentes em determinado solo variam muito de acordo com o local.

Para melhorar nossa capacidade de análise e entendimento, as partículas minerais do solo são subdivididas e classificadas de acordo com seu diâmetro ( $\emptyset$ ). A areia, o silte e a argila são as três principais classes e, sem dúvida, as mais conhecidas e utilizadas no dia a dia. Entretanto, cabe destacar que esta é uma classificação, em primeira ordem, teórica. É preciso estar ciente que não há uma separação abrupta entre as diferentes classes de partículas definidas. O que há é uma mudança gradual e proporcional das características intrínsecas de cada classe em função do diâmetro.

Na **Tabela 1**, são demonstradas diferentes frações de partículas presentes no solo e seus respectivos diâme-

tros. Neste caso, é possível ver um refinamento maior na faixa da classe areia. Este maior refinamento tem especial importância uma vez que esta classe é bastante ampla ( $\emptyset = 0,05 - 2,0$  mm) e um solo com grande concentração de areia fina ou muito fina possui características completamente diferentes de um solo com maior concentração de partículas na classe areia grossa ou muito grossa.

**Tabela 1.** Classificação das partículas do solo e seus respectivos diâmetros.

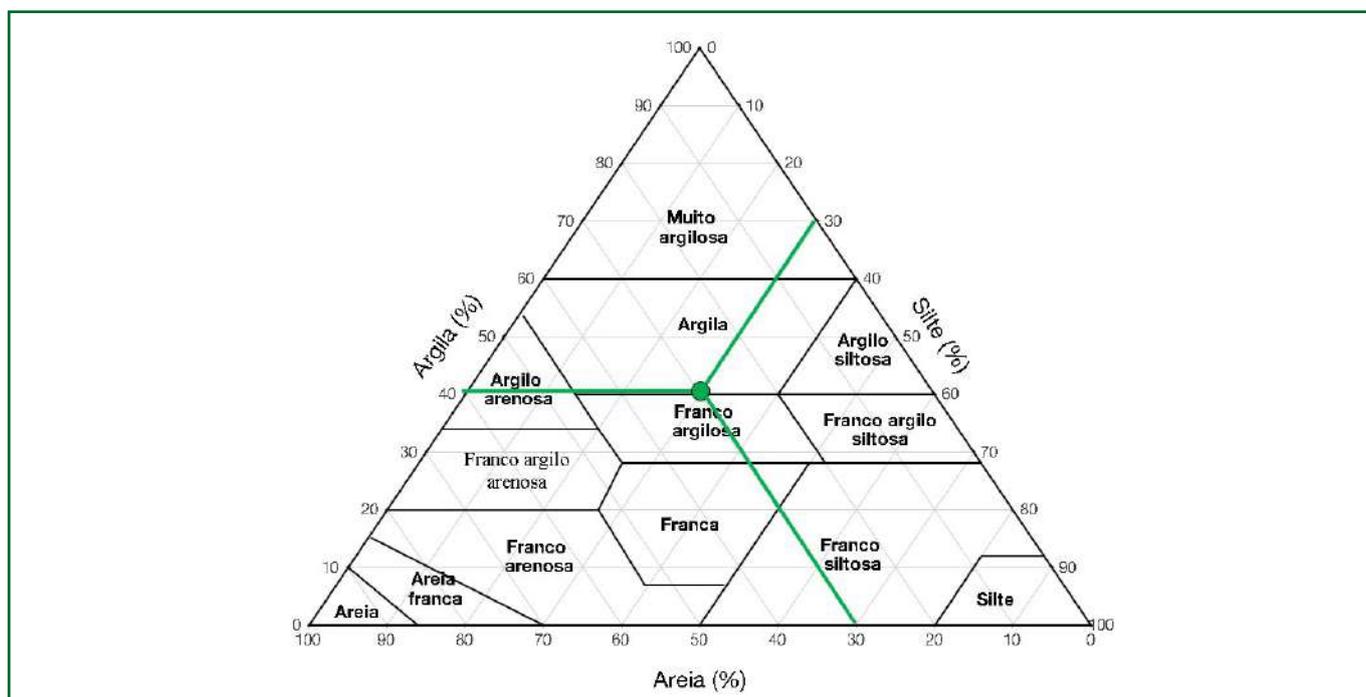
| Classe de partícula | Diâmetro (mm) |
|---------------------|---------------|
| Cascalho            | > 2,0         |
| Areia muito grossa  | 1,0 – 2,0     |
| Areia grossa        | 0,5 – 1,0     |
| Areia média         | 0,25 – 0,5    |
| Areia fina          | 0,10 – 0,25   |
| Areia muito fina    | 0,05 – 0,10   |
| Silte               | 0,002 – 0,05  |
| Argila              | < 0,002       |

A proporção das diferentes classes de partículas (distribuição granulométrica) define a textura de cada solo. **A textura é uma característica de ordem física, imutável a curto e médio prazo e de grande importância para o comportamento químico, físico e biológico do solo.**

- Imutável pois foi formada ao longo de milhões de anos pelos processos de intemperismo de cada solo e, não será em alguns anos de manejo, que o homem irá conseguir alterá-la.
- Desempenha papel fundamental em processos quí-

micos, físicos e biológicos do solo porque o diâmetro das partículas possui relação direta com propriedades como massa específica, área superficial específica (quantidade de superfície por unidade de massa ou volume das partículas do solo -  $m^2/g$  ou  $cm^2/g$ ) e quantidade de grupos funcionais capazes de reter nutrientes (e.g. capacidade de troca de cátions - CTC). Propriedades estas decisivas para processos de infiltração e disponibilização de água, aeração e adensamento do solo, retenção e disponibilização de nutrientes, agregação e estabilização de matéria orgânica (MO), entre outros. Estes processos serão abordados individualmente na sequência do texto.

A textura do solo nada mais é do que uma ferramenta de ordenação utilizada para sintetizar e facilitar a compreensão de características intrínsecas de cada solo (**Figura 2**). Por exemplo, quando é dito que um solo possui textura arenosa – argilo arenosa, franco arenosa, areia franca e areia – subentende-se que este solo possui mais de 50% de suas partículas minerais na classe “Areia”. Já o solo denominado argiloso – franco argilosa, franco argilo siltosa, argilo siltosa, argilo arenosa, argila e muito argilosa – subentende-se que este solo possui mais de 28% de suas partículas na classe “Argila”. Para a classe silte, o raciocínio é semelhante.



**Figura 2.** Triângulo textural com exemplo de posicionamento de solo com distribuição granulométrica franco-argilosa (areia – 30%; silte – 30% e argila 40%).

Para solos do estado de Mato Grosso costuma-se observar grande variação dos teores de areia, silte e argila entre laboratórios de rotina. No estado há solos com teor de argila entre 5 e 70%, além de solos com teores de silte próximos a 50%. Para estes casos, em dados de lavouras comerciais, é observada variação média no teor de argila na ordem de  $\pm 10\%$  do valor real. Para a classe silte, esta variação pode ser ainda maior devido ao fato que a determinação do silte é obtida por cálculo em função dos teores de areia e argila. Em outras palavras, imprecisões das medidas de areia e argila acabam se somando na estimativa do teor de silte.

**Na prática, é extremamente importante que os agricultores e técnicos responsáveis conheçam os talhões e confrontem informações verificadas no campo com os resultados da análise granulométrica.**

Por exemplo, se no campo é observado um solo pegajoso quando úmido, plástico e que facilmente acumula água em superfície após chuvas, é esperado que este solo tenha alto teor de argila. Do contrário, um solo com drenagem fácil, sem estruturação e com visível presença de cristais é esperado que tenha alto teor de areia.

No campo, o tato é uma ferramenta importante para uma primeira estimativa da textura do solo. Com um pouco de prática e experiência, basta pegar uma porção de solo úmido e manejar entre os dedos. Solos argilosos conferem plasticidade e pegajosidade, e o solo é facilmente moldável e não quebradiço. Solos siltosos conferem ao tato a sensação de sedosidade, semelhante ao talco. Por outro lado, solos arenosos, conferem uma sensação áspera e granular ao solo.

## NOTA (MITO)

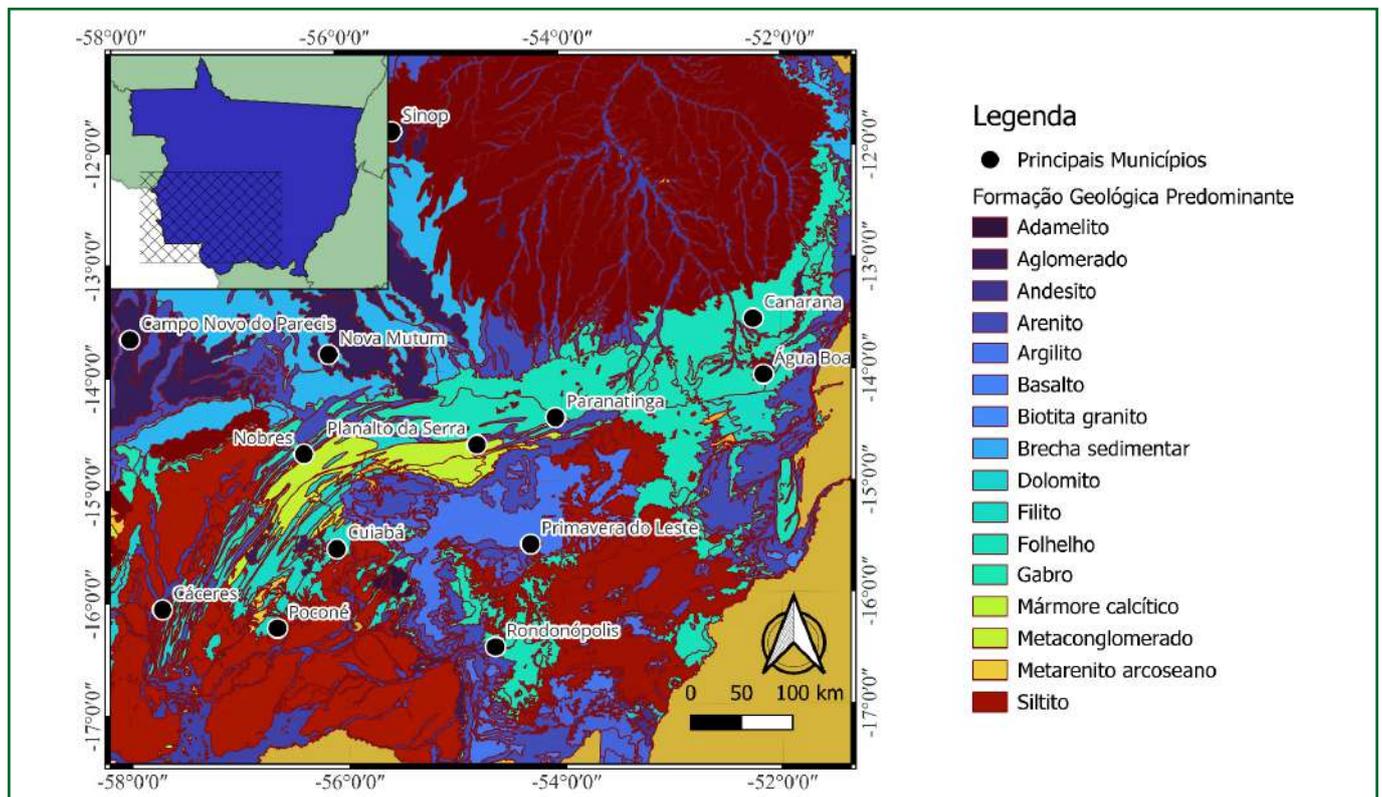
A distribuição granulométrica do solo é função dos processos de intemperismo que levaram de milhões a milhares de anos para ocorrer. A vegetação, a fauna, o clima (temperatura, precipitação, erosão etc.) precisam necessariamente do fator tempo para serem capazes de causar alterações significativas na granulometria do solo. Portanto, **transformar areia em silte ou silte em argila a curto e médio prazo é, sem dúvida, um MITO**. O que temos de mais verdadeiro nesta história é a necessidade de aprendermos a manejar e cultivar os solos como eles são. Conhecer as limitações e particularidades de uso e manejo que cada um deles possui para, assim, produzirmos de forma eficiente e economicamente viável.

### Solos siltosos no estado de Mato Grosso

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), o solo é considerado de textura siltosa quando tiver menos de 35% de argila e menos de 15% de areia. O efeito do silte nas características e comportamentos do solo começa a ficar marcante a partir de 40% de silte no solo. Por isso, termos referente a silte aparecem no nome da classe textural do solo, ficando mais evidente quanto maior o teor de silte (**Figura 2**).

Contudo, os problemas e desafios de solos com teores elevados de silte não são exclusividade dos solos denominados como “siltosos” pelo SiBCS. Na prática, solos com teores de silte entre 30 e 40% também podem apresentar particularidades devido a características proporcionadas pelo silte. Como exemplo, podemos citar a baixa friabilidade do solo, ou seja, pequenas quantidades de água são suficientes para superar o limite de friabilidade e tornar o solo plástico, fato que dificulta muito as operações agrícolas.

No estado de Mato Grosso há grande ocorrência de solos com alto teor de silte na região que vai desde o município de Água Boa até Poconé e Cáceres, passando pelas regiões de Paranatinga, Planalto da Serra e Coqueiral. Nesta região, ocorrem Neossolos e Cambissolos formados sobre material de origem predominantemente das formações Diamantino e/ou Cuiabá, com presença de litologia formada por folhelho, siltito, argilito e arcóseo (**Figura 3**). Esta combinação de solos rasos com pouca ou nenhuma estruturação e teores elevados de silte potencializa os desafios enfrentados pelos agricultores da região.



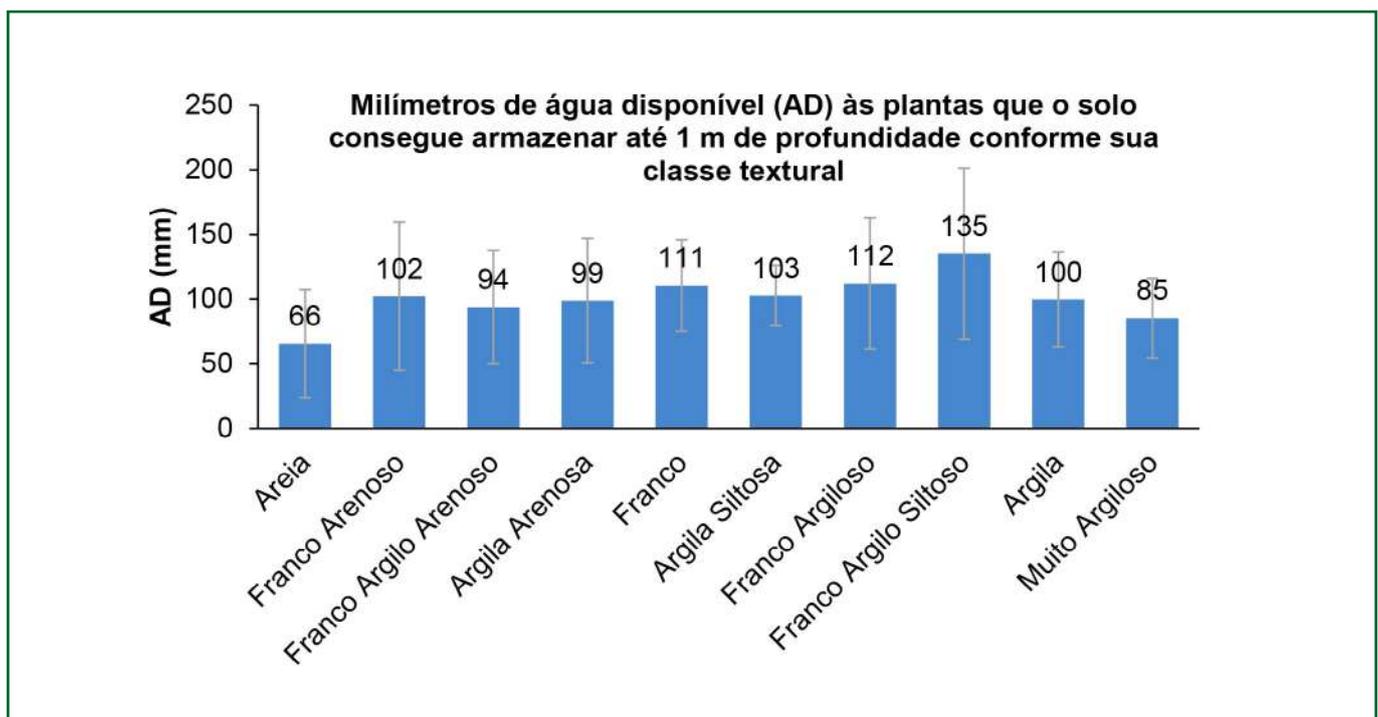
**Figura 3.** Mapa temático representando as formações geológicas do estado de Mato Grosso com foco na região de maior ocorrência de solos com teores elevados de silte. Fonte: Serviço Geológico do Brasil (Geoport).

## 2. ASPECTOS FÍSICOS DE SOLOS SILTOSOS

### Disponibilidade de água no solo

De maneira simplificada, ou seja, sem considerar os mecanismos envolvidos no processo de absorção de água pelas plantas, a quantidade de água que o solo é capaz de armazenar para o uso das plantas é chamada de água disponível (AD). A AD é afetada pela textura, compactação, teor de MO e mineralogia do solo. Em uma área abrangente, onde há variação significativa de solos, a textura é o fator que mais afeta a AD. A **Figura 4** mostra valores médios de AD calculados com o banco de dados HYBRAS, contendo um pouco mais de mil amostras coletadas em 445 locais de 15 estados brasileiros (Otoni et al., 2017). Os valores estão em mm de AD, que pode ser considerada como a quantidade de chuva que o solo consegue armazenar até um metro de profundidade, conforme sua classe textural. Para a maioria das classes texturais, a média de AD fica um

pouco acima de 100 mm, é bem menor em solos da classe areia e muito argiloso, e é bem maior na classe franco argilo siltoso (ver **Figura 2** para definir solo franco argilo siltoso). A variabilidade de AD em cada classe (traços verticais do desvio padrão na **Figura 4**) decorre não só das diferenças de areia, silte e argila que naturalmente existem dentro de uma mesma classe textural, mas também de diferenças de MO (quantidade e qualidade), mineralogia e densidade do solo que havia em cada amostra considerada. Importante ressaltar que a AD seria metade da apresentada na **Figura 4** em um solo com 50 cm de profundidade, mas seria o dobro se o perfil de solo tiver 2 m de profundidade. Por isso, se um solo com alto teor de silte for raso, o total de AD que ele consegue armazenar pode ser bem menor que um solo arenoso e profundo.



**Figura 4.** Água disponível máxima (AD<sub>max</sub>) em função das classes texturais do solo. Números nas colunas representam o número de dados. Informações extraídas do banco de dados HYBRAS (Otoni et al., 2017).

O aumento de MO no solo aumenta a AD, mas a magnitude deste aumento é bastante dependente de outras propriedades do solo, como a textura e a mineralogia. Estudos a nível global indicam que a cada 1% de aumento de MO há aumento em torno de 0,2% na AD em solos argilosos e com pouca areia, chegando a 1,2% de aumento na AD em solos arenosos. Na melhor das situações, seria necessário haver um aumento de 1 para 5% de MO até 50 cm de profundidade para que

houvesse um ganho de 30 mm de AD. Entretanto, já foi observado em solo franco siltoso, franco argilo arenoso e arenoso dos Estados Unidos aumento de 10 a 15% na AD com mudança de 1 para 5% de MO. Nesses solos, um aumento de 1 para 5% de MO até 50 cm de profundidade incrementaria em 50 a 75 mm a AD. Contudo, elevar para 5% o teor de MO no solo até 50 cm de profundidade nas áreas agrícolas de ambientes tropicais e subtropicais do Brasil é muito difícil e demorado, e

muito provavelmente não seja possível devido a elevada taxa de decomposição da MO em locais de clima mais quente e úmido. Por isso, mesmo sendo possível aumentar AD aumentando MO, isso é algo difícil de se conseguir na prática.

A AD pode ser afetada também pela compactação. Há estimativas baseadas em banco de dados com mais de 2.000 amostras de solos da América do Norte e Europa mostrando que um aumento de  $0,4 \text{ g/cm}^3$  na densidade do solo, que é uma mudança relativamente grande na densidade do solo e, portanto, na compactação do solo, causaria decréscimo de 1 a 9% na AD. Contudo, o impacto da compactação na AD é restrito

a algumas porções do perfil de solo, porque mudanças consideráveis de densidade acontecem nas camadas compactadas, que geralmente não são mais espessas que 20 cm.

A AD não é muito sensível ao manejo do solo porque ela está armazenada em uma classe de poros de tamanho intermediário e que são pouco afetados pela compactação ou descompactação, mudanças na agregação por aumento ou diminuição de MO e atividade biológica. Esses fatores afetam muito mais a classe de poros maiores, os macroporos, que favorecem a infiltração e drenagem.

### NOTA (MITO)

O teor de silte do solo não pressupõe menor capacidade de disponibilidade de água para as plantas. Pelo contrário, solos com maior teor de silte, comparativamente aos solos com maior teor de argila ou areia, possuem maior capacidade de disponibilidade de água para as plantas. **A problemática envolvida no fornecimento de água em solos de caráter siltoso no estado de Mato Grosso está diretamente relacionado a menor profundidade do perfil de solo.** São solos com perfil restrito, por vezes chegando a 20 cm de horizonte acima da rocha matriz em decomposição e com baixa capacidade de suprimento de água. Em um simples exercício, se considerarmos os valores de AD demonstrados na **Figura 4** e uma profundidade de perfil de 20 cm, a capacidade de fornecimento de água seria reduzida em 5 vezes.

## Friabilidade e plasticidade do solo

Friabilidade e plasticidade são estados de consistência (tipos de comportamentos) que o solo manifesta dependendo da sua composição, agregação e condição de umidade quando interage com qualquer objeto que tenta deformar o solo (rodados das máquinas, hastas sulcadoras, discos de corte etc.). A friabilidade representa o comportamento de esboroar-se quando recebe alguma força deformante. Ela é fácil de ser percebida com um torrão de solo arenoso úmido pressionado entre os dedos. O torrão se esboroa, ou seja, sofre inúmeros fraturamentos sem necessidade de grande esforço. Se mudarmos a umidade do torrão perceberemos que mais seco há necessidade de maior esforço para fraturá-lo, ao passo que mais úmido ele começa a se amassar sem fraturar. O máximo de friabilidade pode ser entendido como a condição em que o solo predominantemente se esboroa com baixo esforço e pouco se amassa. Por isso, a friabilidade é o estado de consistência do solo desejável para as operações com as quais se quer apenas fraturar o solo com gasto baixo de energia de tração, como na aração, gradagem e semeadura. A plasticidade, por sua vez, representa a reação de amassamento do solo quando ele recebe alguma força deformante. Ela também é fácil de ser percebida quando um torrão de solo argiloso molhado (mas não saturado) é pressionado na mão. O torrão se amassa sem rupturas e preserva seu formato adquirido pelo amassamento. Por isso, a plasticidade é o estado de consistência do solo a ser evitado para minimizar a compactação do solo. Além disso, no estado mais úmido da plasticidade o solo passa a manifestar pegajosidade, ou seja, aderir aos implementos, o que dificulta e prejudica a qualidade de operações como a semeadura.

De maneira geral, todos os solos manifestam friabilidade e plasticidade, e em todos eles a extensão dessas manifestações é determinada por faixas de umidade. Essas faixas de umidade são diferentes entre solos, porque elas dependem da textura, da mineralogia e da MO. O teor de MO e a agregação também afetam a friabilidade e a plasticidade, mas em menor grau comparado ao efeito causado pela textura do solo. Importante também ressaltar que a mudança entre consistência friável e plástica não é abrupta, ou seja, ela varia gradualmente, fazendo com que o comportamento friável e plástico se sobreponham em parte dessas faixas de consistência.

A umidade do solo que demarca a transição entre consistência friável e plástica é definida como limite de plasticidade (LP). Um LP alto significa que há necessidade de maior conteúdo de água no solo para que ele esteja em sua condição mais suscetível à compactação (plástico). Se o LP for igual ao conteúdo de água de capacidade de campo, apenas nos períodos de chuva abundante e em alguns dias após ela o solo estaria em consistência plástica e bem suscetível à compactação. Passado esse período, a consistência do solo entraria na faixa de friabilidade e sua suscetibilidade à compactação decresce gradativamente com o decréscimo no conteúdo de água do solo. De maneira geral, a FAO classifica solos arenosos como não plásticos e fornece valores genéricos de LP de 20% para solos siltosos e de 45% para solos argilosos. Ou seja, solos siltosos entram no estado de plasticidade (suscetibilidade à compactação) com 20% de umidade, enquanto em solos argilosos a umidade precisa aumentar até 45% para que o solo entre no estado de consistência plástica. Conforme ressaltado, esses são valores genéricos e eles mudam ao mudarem as proporções de areia, silte e argila do solo. Além disso, também devemos considerar parâmetros de compressibilidade do solo para analisar sua susceptibilidade à compactação. Contudo, o parâmetro de consistência LP já sinaliza que solos siltosos podem ser bastante propensos à compactação. Por isso, maior atenção é necessária para que o tráfego de máquinas agrícolas em solos siltosos seja minimizado ou não aconteça no estado de plasticidade.

### NOTA (VERDADE)

A realização de operações agrícolas quando o solo estiver com umidade suficiente e abaixo do limite de plasticidade (solo em estado friável) é fundamental para o sucesso das mesmas. Entretanto, não existe um tempo definido após a saturação do solo (chuvas ou irrigações) para que a água seja drenada e o solo esteja dentro de uma faixa de friabilidade. A nível de campo é difícil estabelecer esse momento. Entretanto, de forma simples e objetiva, é necessário ir a campo, coletar uma porção de solo próxima a maior profundidade de trabalho da operação (exemplo - escarificação até 20 cm, coletar solo entre 15-20 cm) e realizar manuseio do solo com a palma da mão e dedos. Com esta prática, se busca uma condição na qual o solo mantenha a forma quando apertado e se esboroe sem maiores esforços e sem sofrer amassamento.

### Selamento superficial

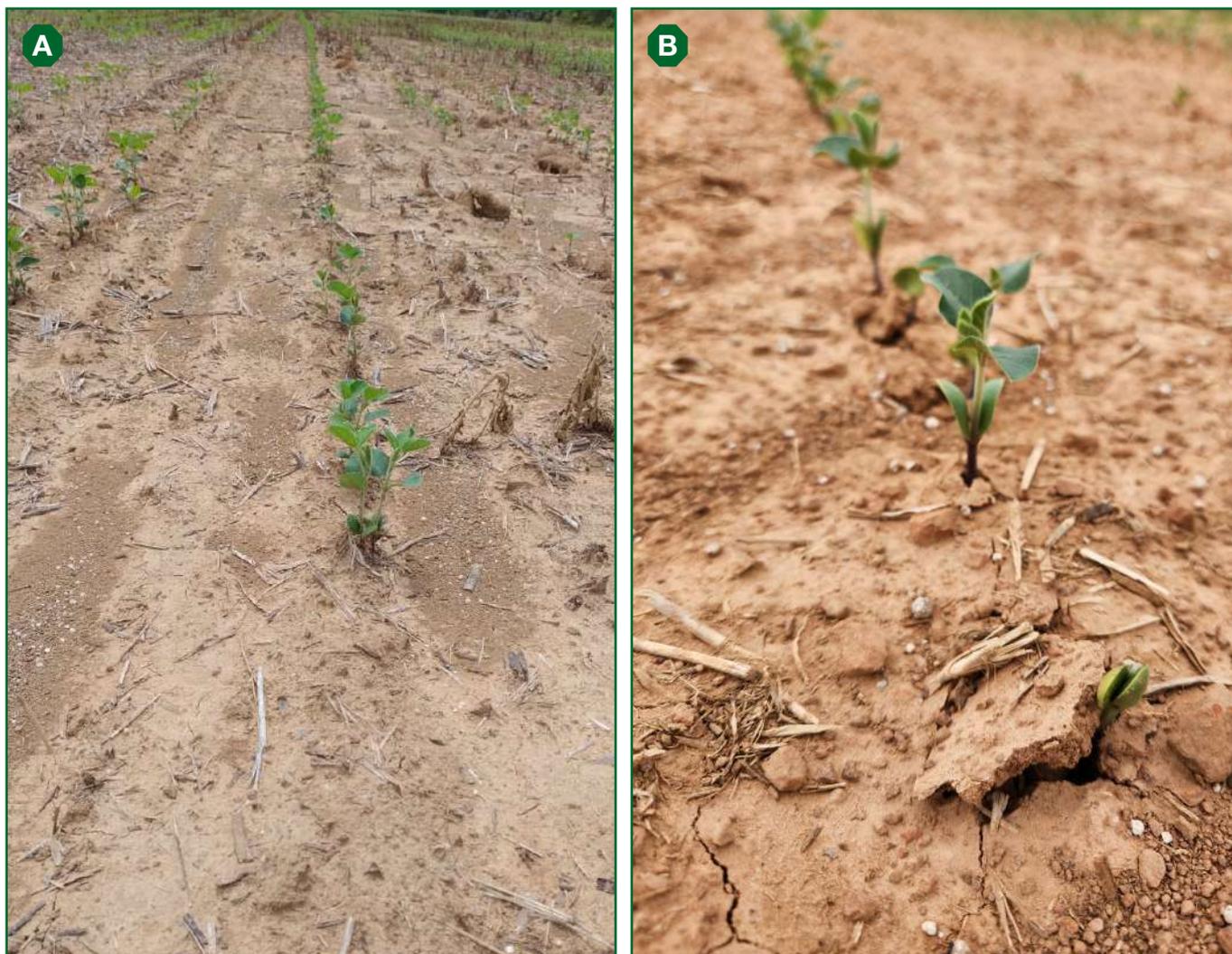
O selamento superficial é a formação de uma crosta sobre a superfície do solo, que pode variar de milímetros a centímetros de espessura. Esta crosta ocorre a partir do impacto da gota de chuva ou irrigação que, quando atinge diretamente o solo exposto, causa desprendimento de partículas previamente agregadas e ocasiona a formação de sedimentos. Estes sedimentos são carregados pela água e podem ser depositados sobre a microrrugosidade da superfície do solo, causando redução da macroporosidade superficial. **Como consequência direta do selamento superficial há redução da capacidade de infiltração de água no solo, aumento do potencial de acúmulo de água em superfície e geração de escoamento (Figura 5a). Além disso, após secagem, esta crosta tornasse muito resistente e causa dificuldade e atraso no processo de emergência de plântulas, em especial da soja (Figura 5b).**

Embora o selamento superficial possa ocorrer em solos argilosos, os solos siltosos são mais acometidos por esta problemática, uma vez que, as partículas de silte possuem poucas cargas elétricas e pouca massa

o que reduz sua capacidade de agregação e favorece a desagregação e transporte pela água. Ou seja, solos com alto teor de silte, por si só, possuem maior potencial de geração de escoamento e de perdas de partículas de solo na forma de sedimentos junto aos fluxos superficiais de água.

Além da problemática intrínseca do silte, **no estado de Mato Grosso é comum termos solos siltosos extremamente rasos (Neossolos com perfil de  $\pm 20$  cm), com relevo ondulado, com grandes áreas de convergência e localizados em regiões com alta frequência de chuvas intensas.** Estas características aumentam os riscos de geração e ocorrência de escoamento superficial de água e perdas de solo, sedimentos e nutrientes.

Neste contexto, é fundamental que os agricultores e profissionais técnicos conheçam as potencialidades e restrições de cada talhão da propriedade para que coloquem em prática manejos adequados para proteger o solo do impacto da gota de água, diminuir o escoamento superficial e perdas de solo e nutrientes e melhorar a eficiência produtiva da lavoura.



**Figura 5.** Escoamento laminar concentrando fertilizantes em pontos da lavoura (a) e cenário de ocorrência de selamento superficial (b). CTECNO/ Araguaia-MT, safra 2023/24.

### 3. ASPECTOS QUÍMICOS DE SOLOS SILTOSOS

Em termos gerais, é amplamente reconhecido que, do ponto de vista químico, a fração mais reativa do solo é a argila, que contém a MO e os minerais com maior capacidade de reter nutrientes. Conseqüentemente, solos com maior teor de argila geralmente apresentam maior potencial de fertilidade após calagem e adubação adequadas. Por outro lado, a fração areia é menos reativa, situando-se no extremo oposto, enquanto o silte se encontra entre as frações de argila e areia e, portanto, com propriedades químicas intermediárias. Deste modo, a fração argila, mesmo que em pequenas quantidades, é o principal fator decisivo à capacidade de suprimento de nutrientes às plantas. Ou seja, **mesmo em solos com alto teor de silte, a fração argila tem maior participação na química e fertilidade do solo.**

Contudo, há exceções. Em especial para K, essas generalizações sobre o tamanho de partícula não são suficientes para compreender seus efeitos em propriedades químicas do solo e fornecimento de nutrientes. Para compreender melhor o impacto das frações granulométricas na dinâmica dos nutrientes no solo, é preciso conhecer o tipo de mineral presente em cada fração. Um determinado solo pode apresentar o mesmo teor de argila, e mesmo assim apresentar propriedades químicas muito distintas. O mesmo vale para as frações silte e areia.

O tipo de mineral presente no solo depende inicialmente do material de origem e do estágio de intemperismo desses solos. Solos intemperizados desenvolvidos sobre rochas sedimentares como arenito, terão predomínio de minerais como quartzo nas frações granulométricas mais grosseiras, como silte e areia. Quartzo é um mineral quimicamente inerte, composto por Si e O, com geração de cargas elétricas nula ou negligível. Logo, nesses casos, a fração silte e areia terá pouco ou nenhuma importância em termos de disponibilização ou de retenção de nutrientes.

Por outro lado, em solos jovens ou menos intemperizados no Brasil, desenvolvidos de granito e gnaiss, as frações granulométricas mais grosseiras como areia e silte podem apresentar inclusive teores totais de K e Mg maiores do que a fração argila, devido à presença de minerais primários, como mica, feldspato e anfibólio, apesar do predomínio de quartzo nessas frações (Melo et al., 2000). Esses mesmos autores encontraram que os minerais micáceos na fração silte foram identificados como muscovita e interestratificados biotita/vermiculita com hidróxi entre camadas. Nessas circunstâncias, esses solos têm capacidade de liberar quantidades significativas de K, muitas vezes resultando na ausência de respostas de culturas à aplicação de fertilizantes potássicos.

Em um Planossolo com 49% de areia, 33% de silte e 18% de argila, Castilhos e Meurer (2001) verificaram que a fração silte continha maior concentração de K e maior capacidade de liberação de K que a fração argila. Esses achados destacam a variabilidade complexa na distribuição de minerais e nutrientes nas diferentes frações granulométricas do solo, enfatizando a importância de uma avaliação detalhada para otimizar estratégias de fertilização e promover o desenvolvimento sustentável das práticas agrícolas.

Sem dúvida o nutriente que é mais influenciado pela mineralogia da fração argila, silte e areia do solo é o K. Isso ocorre especialmente em solos onde encontramos na fração silte ou argila os argilominerais 2:1. Nessas condições, quando o K fornecido via fertilizantes é menor do que o absorvido pelas plantas, existe a liberação do K de minerais micáceos. Por outro lado, quando o K adicionado é maior que o K absorvido, argilominerais 2:1 (como a vermiculita) podem reter fortemente o K excedente nas suas entrecamadas. Por esse motivo, é comum observar situações onde as culturas não respondem à adição de fertilizante potássico mesmo quando a análise de solo revela valores “disponíveis” considerados baixos. Ou ainda, situações onde o teor de K “disponível” não aumenta ao longo dos cultivos mesmo com grandes adições de K via fertilizantes (Flores et al., 2021). Isso tem sido observado em várias situações em solos brasileiros. Estudando um Latossolo com 60% de argila, 22% de silte e 16% de areia no estado de São Paulo, Chiba et al. (2008) encontrou que a aplicação de doses de até 900 kg/ha de  $K_2O$ , houve incremento nos teores de K fortemente retidos (K-não trocável), indicando a possível ocorrência de imobilização do nutriente. Nesses casos a análise de solo por métodos convencionais (ex. resina e Mehlich-1 ou Mehlich-3) é menos precisa para o diagnóstico da disponibilidade de K no solo.

Em Latossolos subtropicais intemperizados, a ocorrência de argilominerais 2:1, mesmo em pequenas quantidades, pode desempenhar um papel importante no tamponamento de K do solo (Moterle et al., 2019). Por outro lado, em solos oxidícos altamente intemperizados, com ausência de argilominerais 2:1, o fornecimento de K às plantas é oriundo basicamente da dessorção do K adsorvido com menor energia nos grupos funcionais de superfície da caulinita, óxidos e MO.

Compreender o efeito da textura do solo na dinâmica e disponibilidade de nutrientes vai além da mera análise das frações de partículas, como argila, silte e areia. A identificação dos minerais presentes em cada fração torna-se crucial para uma interpretação mais precisa das propriedades químicas do solo. Essa distinção é extremamente importante, pois influencia diretamente a disponibilidade e retenção de nutrientes, especialmente no caso do K. Dessa forma, as generalizações baseadas apenas na granulometria não são suficientes, destacando a importância de uma abordagem mais refinada para otimizar práticas agrícolas e maximizar a eficiência no uso de nutrientes.

### NOTA (VERDADE)

Na região do Vale do Araguaia, no estado de Mato Grosso, grande parte dos solos possuem teores naturais de K acima do nível considerado crítico para culturas anuais. Em trabalho realizado por Volf et al. (2023), a média do teor de K disponível (Mehlich-1) de mais de 90 amostras coletadas na região foi de 66 mg/kg. Enquanto o teor de K “residual” nas amostras (não extraído por Mehlich-1) foi até cinco vezes maior que o teor de K disponível. A principal origem deste K “residual” foi atribuída a presença de minerais primários como as micas e feldspatos potássicos na fração silte do solo. Os autores destacaram ainda a grande capacidade da espécie *Orochloa spp.* (brachiária) em “minerar” o K presente nesses minerais do solo e proporcionarem sua ciclagem e disponibilização para as culturas anuais. Logo, é **VERDADEIRO** o potencial do solo fornecer K para as culturas a ponto de não haver resposta das culturas ao aporte de fertilizantes potássicos.

Quimicamente a disponibilidade de K é o principal fator nutricional que o teor de silte pode interferir diretamente. Entretanto, cabe destacar efeitos indiretos importantes sobretudo na calagem. Neste caso, destaca-se a qualidade das operações de correção do solo devido ao impacto do silte sobre a física do solo. Na teoria da correção do solo, não há justificativa química para mudança, aumento ou redução, na dose de calcário a ser utilizada devido ao maior ou menor teor de silte. Ou seja, a mesma estratégia de cálculo de dose de calcário utilizada para solos argilosos ou arenosos deve ser utilizada para solos siltosos.

Contudo, na prática, quanto maior o teor de silte, maior é a dificuldade de conciliar capacidade operacional *versus* área manejada *versus* condição ideal de trabalho. Ou seja, as operações de revolvimento e homogeneização das doses de calcário ou fosfato frequentemente ultrapassam as melhores condições operacionais de solo. Para correção do solo, tão importante quanto as doses utilizadas, está a qualidade na homogeneização do solo com os corretivos. Como resultado disso, os níveis desejados de saturação de bases, teores de Ca, Mg, P etc., não são atingidos em sua totalidade e muitas vezes, a dose calculada é dobrada ou triplicada para compensar problemas ou dificuldades operacionais na aplicação desses insumos. Fato este que aumenta o custo de produção desnecessariamente e aumenta o risco de excesso de calagem e contaminação ambiental (por exemplo devido à perda de fósforo das lavouras).

## 4. ASPECTOS BIOLÓGICOS DE SOLOS SILTOSOS

Em solos siltosos, a abundância microbiana é notável, com bactérias, fungos e actinomicetos desempenhando funções cruciais nos ciclos biogeoquímicos. Isso ocorre, devido ao fato de que a “textura fina” proporciona uma extensa área superficial, favorecendo a colonização microbiana e criando um ambiente rico e diversificado para a vida do solo.

Nos solos, um importante fator para atividade biológica é a presença de sítios de ligação nos argilominerais e a extensão da área superficial específica (ASE) dos minerais e coloides. A ASE exerce influência em diversas propriedades e processos no solo, abrangendo reações químicas, trocas de nutrientes, adsorção de íons, moléculas orgânicas e enzimas, além de impactar a capacidade do solo para retenção de água. À medida que o tamanho das partículas diminui, a ASE aumenta, proporcionando mais sítios de reação. Isso resulta em uma maior capacidade de interação com substâncias químicas, incluindo enzimas extracelulares e células microbianas.

De modo geral, solos de textura mais fina, como

os argilosos e siltosos, apresentam uma ASE mais elevada devido ao tamanho reduzido das partículas. Essa característica implica em uma interação mais intensa com água, nutrientes e componentes orgânicos, exercendo assim um impacto significativo na atividade biológica do solo. De fato, a correlação entre a ASE e a atividade enzimática do solo é uma relação de importância fundamental. A ampla área superficial resultante da textura fina dos solos siltosos oferece um terreno propício para a ação enzimática, uma vez que as enzimas liberadas pelos microrganismos conseguem permanecer adsorvidas na superfície dos argilominerais e, conseqüentemente, permanecem protegidas da degradação e ativas por mais tempo nesse ambiente. Nesse contexto, as enzimas do solo (proteases, lipases, celulasas, fosfatases etc.), responsáveis por processos essenciais como a decomposição da MO e a ciclagem de nutrientes, encontram nas partículas da fração silte e argila uma superfície extensa para interagir e catalisar reações bioquímicas, como a quebra de moléculas de celulose.

### NOTA (MITO)

Solos siltosos não necessariamente exibem uma atividade biológica inferior quando comparados a outros solos, em especial os argilosos. A atividade biológica de qualquer solo está intrinsecamente relacionada à disponibilidade de recursos que sustentam o crescimento microbiano, como a quantidade e qualidade de substratos orgânicos (exsudatos radiculares, detritos vegetais, MO do solo etc.). Portanto, solos férteis, ricos em MO e com presença de resíduos vegetais, demonstrarão alta atividade biológica, independentemente da predominância de uma fração de partícula específica.

Em síntese, a relação entre textura do solo e atividade biológica é mais complexa do que a simplificação que atribui maior atividade biológica aos solos argilosos. Em condições iguais de umidade, matéria orgânica, temperatura etc. a textura pode desempenhar papel fundamental na atividade biológica do solo. Entretanto na realidade do campo, na grande maioria dos casos, o sistema de manejo e sua capacidade de fornecimento de material orgânico são elementos preponderantes para a atividade biológica do solo.

Para os solos siltosos do estado de Mato Grosso, o sucesso em produzir palha nas lavouras talvez seja o principal entrave para a melhora na atividade biológica

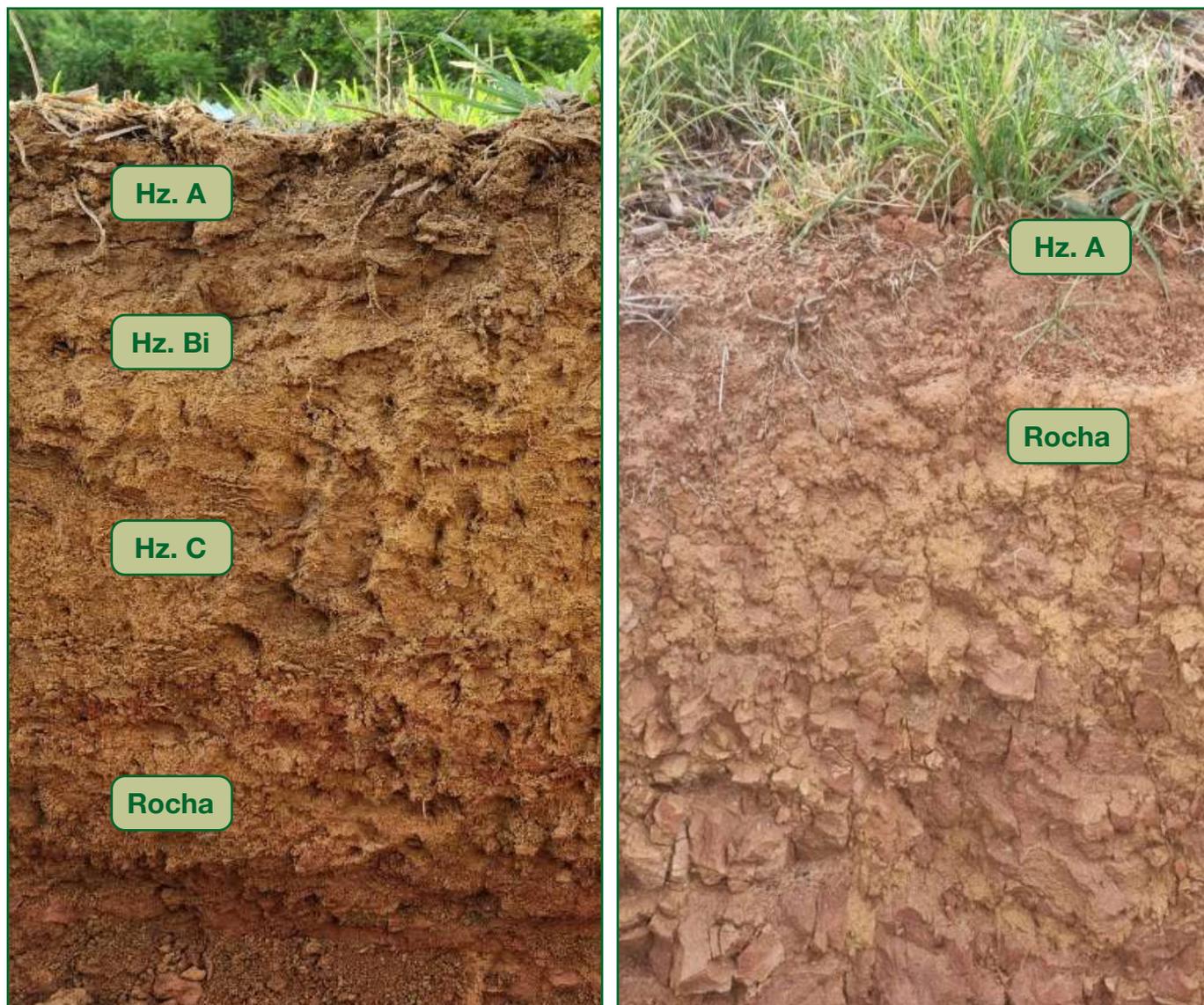
do solo. Além disso, maior aporte de palha e melhora nos teores de MO são a chave para contornar outras problemáticas dos solos siltosos abordadas anteriormente (selamento superficial, agregação, infiltração de água, variação de temperatura do solo, erosão etc.). A campo, são enormes as diferenças no estabelecimento e desenvolvimento vegetal devido a uma melhora no sistema de manejo empregado em vistas de aumentar a produção de palhada (**Figura 6**). Por outro lado, o excesso de palha também pode ser prejudicial do ponto de vista operacional da lavoura, sobretudo em solos siltosos, nos quais a umidade do solo é fator fundamental para o sucesso das operações agrícolas.



**Figura 6.** Panorama do estabelecimento e vigor inicial de plantas de soja semeadas após gergelim (A) e soja semeada em sistema de integração lavoura pecuária (B). CTECNO/Araguaia-MT, safra 2023/24.

## 5. CAPACIDADE DE USO E MANEJO DE SOLOS RASOS E SILTOSOS

Os Cambissolos (C), juntamente com Neossolos Litólicos (RL), são solos relativamente novos, considerando o tempo pedogenético. Os RL não apresentam horizonte B diagnóstico devido ao contato lítico (rocha). Já os Cambissolos têm um horizonte B incipiente (Bi) e com fragmentos de rocha no horizonte C (**Figura 7**). Muitos desses são solos rasos e apresentam rocha próxima à camada arável - dentro dos 50 cm de profundidade - por isso cria-se uma barreira ao aprofundamento do sistema radicular e, conseqüentemente, ao desenvolvimento da planta. Ademais, a restrição das raízes em explorar verticalmente o solo proporciona menor água disponível (AD) para as plantas, que em períodos de estiagem prolongada, provoca elevado déficit hídrico.



**Figura 7.** Perfil representativo de um Cambissolo (esquerda), demonstrando o contato lítico após os 60 cm, embora varie quanto a profundidade da rocha encontrado a campo (próximo a 40 cm). O “Hz Bi” representa o Horizonte B incipiente, característico dos Cambissolos. Na imagem a direita observa-se um perfil de Neossolo Litólico com o contato lítico do horizonte A e normalmente ocorrem associados aos Cambissolos. CTECNO/ Araguaia-MT, safra 2023/2024.

Por outro lado, em períodos de maior pluviosidade, o impedimento físico (rocha), característico desses solos, torna-os fortemente suscetíveis à erosão hídrica dado ao seu rápido encharcamento e drenagem lenta (**Figura 8**), o que, ainda, pode comprometer a aeração do solo e provocar declínio do desenvolvimento vegetal, até a morte de plantas (indicado pelas falhas no estande). Em relação à sua química, esses solos têm muita influência do material de origem e variam entre eutróficos, distróficos e álicos. Os solos eutróficos se sobressaem positivamente no desenvolvimento das plantas, diante de seu índice de fertilidade e ambiente produtivo favoráveis, em comparação aos distróficos e álicos. Nesses, é recomendável a correção do solo na implantação das lavouras e de sua posterior manutenção.



A – Associação de Cambissolo e Neossolo.

B – Água parada no terraço.

**Figura 8.** Manchas de Neossolos Litólicos (coloração mais avermelhada) associadas aos Cambissolos (maior parte da área e com coloração marrom clara) (A- Foto esquerda). Água acumulada nas porções mais planas (bacias/terraços) devido à baixa permeabilidade no perfil do solo (B- Foto da direita). CTECNO/Araguaia-MT, safra 2023/24.

Ao analisar os Cambissolos, um se destaca do outro pelos vários atributos: espessura do horizonte Bi, textura, riqueza do material de origem e topografia. Nesse viés, quanto maior a fertilidade, o teor de argila, a profundidade dos horizontes A e B e a localização em topografia mais plana, melhor será o ambiente de produção. Essas variáveis associadas favorecem o desenvolvimento das plantas, o preparo e o plantio, melhoria de estande e menor risco das condições do meio. Portanto, melhor será o potencial produtivo da área se comparado aos solos mais rasos.

Outra designação para Cambissolos está relacionada a sua textura, pelo alto teor de silte. Caracteriza-se quando há uma a relação silte/argila maior que 0,6 para solos argilosos (mais de 35% de argila) e maior que 0,7 para os não argilosos. Com a incidência da gota d'água diretamente na superfície do solo, o silte acaba penetrando e se redistribuindo entre os poros (macroporos), o que causa o selamento dos espaços porosos nessas camadas. Consequentemente, com alguns dias de insolação após a chuva, a germinação das sementes é prejudicada por conta do encrostamento, diminuindo, assim, os estandes. Somado a isso, a diminuição dos espaços porosos leva a uma drenagem mais lenta e favorece um ambiente anaeróbico por mais tempo, o que dificulta a nodulação, no caso da soja. Há, também, uma diminuição na atividade de raiz e vigor da planta, perda de estande e favorecimento dos processos erosivos pelo acúmulo de água. Quando secos, os Cambissolos ficam mais coesos (duros) e apresentam pouco tempo de condições favoráveis para realizar um bom manejo no preparo de solo.

Em regiões com altos índices pluviométricos e relevos mais ondulados onde os Cambissolos e Neossolos Litólicos ocorrem, quando cultivados com agricultura intensiva, pode favorecer a erosão hídrica. Com a intensificação da erosão corre-se o risco de exposição do material de origem (rocha – **Figura 9**) que, além de tornar o solo pou-

co produtivo, dificulta ainda mais as operações de preparo e plantio pelo contato lítico. Nesse sentido, requerem atenção no plano de conservação e manejo, em especial na manutenção de cobertura (seja viva ou morta), principalmente no período das chuvas intensas. Determinados locais devem apresentar obras hidráulicas (terraços) e condução segura do excedente hídrico por meio de canais escoadouros construídos ou naturais.



**Figura 9.** Presença da rocha próxima à superfície do solo (A), característica comum entre os Neossolos Litólicos e Cambissolos em destaque quando erodidos. As duas classes pedológicas comumente são encontradas em relevo de maior declividade (B).

Portanto, mesmo tendo uma menor janela de condições favoráveis para o preparo e plantio, comparado aos solos mais profundos, a realização de práticas de manejo adequadas (descritas acima) podem reduzir de forma efetiva as perdas de solo, manter a qualidade do estande e garantir um potencial produtivo adequado na área.

A **Figura 7** ilustra os perfis do Cambissolo (C) e do Neossolos Litólicos (RL) no relevo, os quais frequentemente aparecem associados na área. A **Figura 8a** mostra manchas de Neossolo Litólico associado com o Cambissolo e a **Figura 8b** indica a água acumulada em terraços devido a menor permeabilidade. Essa água ficou parada na superfície do solo por uma semana, após chuva de 30 mm com o solo seco, o que mostra baixa infiltração pelo impedimento da camada rochosa, próxima a superfície. O processo erosivo, caracterizado pela intensa remoção da camada superficial do solo, é favorecido pela maior declividade da encosta, expondo a rocha (**Figura 9a e b**).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço da agricultura para áreas até então não exploradas com esta atividade já é uma realidade no estado de Mato Grosso e no Brasil. Esse material traz uma abordagem teórica-prática para elucidar aspectos de física, química e biologia de solos com maior teor de silte. Sem dúvida, para estes solos a física do solo assume um papel de tal importância que não estamos

acostumados a ver em solos mais argilosos, por exemplo. As condições de estruturação, compactação e conservação do solo e da água, limites de umidade para manejo de solo, semeadura (plantabilidade das áreas) e colheita das culturas são aspectos ligados à física do solo. Também são a infiltração, o armazenamento e a capacidade de fornecimento de água às plantas. Todos

esses aspectos são cruciais em solos rasos como é o caso de grande parte dos solos siltosos do estado de Mato Grosso.

Somado a isso e não restrito a áreas siltosas, para superar os novos desafios da agricultura é necessário que o agricultor e/ou profissional técnico coloque em prática três ações fundamentais – identificar, pesquisar e executar.

- Identificar – é preciso conhecer a realidade na qual se está ou estará trabalhando. Conhecer o solo, clima, principais pragas da região e demais gargalos. Identificar potencialidades e restrições de cada local. Particularidades, muitas vezes, podem definir o sucesso ou fracasso de cultivos agrícolas.
- Pesquisar – uma vez identificados fatores decisivos para produção, é preciso pesquisar e conhecer mais sobre eles. Neste caso, “pesquisar” não se restringe apenas a buscar na literatura ou executar testes de campo. Consiste em ver o que tem sido feito na

região, buscar especialistas, gerar e participar de discussões, planejar ações assertivas. Isso tudo auxilia no saber explorar as potencialidades e contornar as dificuldades de cada lavoura/talhão/fazenda/região.

- Executar – Colocar em prática o que foi proposto da maneira como foi planejado. Caso na prática não seja possível executar o que foi planejado, é necessário repensar o planejamento em função de observações e identificações de campo e região.

Essas três ações não são estáticas e imutáveis, mas sim contínuas e dinâmicas. Ou seja, se o planejamento não pode ser executado ou o que foi executado não atingiu os objetivos propostos, é necessário identificar novamente os gargalos, pesquisar e alterar o planejamento de acordo com o necessário.

Praticar agricultura é algo difícil e dinâmico. Entretanto, com uma base de conhecimento sólida e robusta, identificar e superar problemáticas torna-se menos oneroso.

## Você sabe como a granulometria do solo é determinada no laboratório?

Pelo fato de a granulometria do solo representar a quantidade (em base de massa) de partículas das diferentes classes de diâmetro (**Tabela 1**), o princípio do método de análise granulométrica consiste em separar “completamente” uma partícula da outra e posteriormente quantificar a massa resultante em cada uma das frações. Existem dois métodos principais de determinação da granulometria: o método da pipeta e o método do densímetro. Entretanto, para ambos é comum e crucial a etapa de separação das partículas do solo.

A separação das partículas é feita por ação mecânica e química. Na prática, em uma amostra de solo com massa padronizada é adicionado um volume definido de solução dispersante (podendo ser solução de hidróxido de sódio ou hexametáfosfato de sódio) e posterior agitação mecânica conjuntamente com objetos abrasivos (por exemplo esferas de vidro ou polietileno ou areia grossa) por período determinado. Após isso, a suspensão de partículas + água é passada em peneira de malha 0,05 mm. Neste caso a fração “areia” fica retida durante o peneiramento. Após secagem, a massa de areia é quantificada. Quando necessário, a separação das subclasses de areia também é feita por peneiramento.

A suspensão resultante é colocada em proveta e o volume aferido. Nesta etapa, começam a ser distinguidos os dois métodos de determinação. Para o método do densímetro, a solução argila + silte + água é agitada e após período pré-definido a densidade é quantificada. A partir da densidade observada e de valores tabelados, estima-se o teor de argila da amostra. O teor de silte é calculado em função da massa de solo utilizada e das massas de areia e argila. Para o método da pipeta, após agitação da suspensão argila + silte + água na proveta e aguardado período pré-definido, uma alíquota do sobrenadante é coletada com auxílio de pipeta e seca em estufa a 105 °C. Após secagem a massa e o teor de argila são quantificados em balança de precisão. O teor de silte não é medido diretamente, e é estimado em função da diferença entre a massa total de solo utilizada na análise e as massas de areia e argila.

As duas estratégias descritas brevemente são métodos padronizados e comuns em laboratórios comerciais que oferecem serviços de quantificação de areia, silte e argila. Entretanto, pode haver pequenas variações em função da disponibilidade de aparelhos e também dos tipos de solo predominantemente analisados em cada laboratório.

Embora seja simples, a análise granulométrica pode resultar valores errôneos em função de alguns pontos cruciais. Por exemplo: má dispersão da amostra em virtude do tempo de agitação, da concentração das soluções químicas adicionadas e/ou de elevados teores de MO e argila presentes nos solos; tempo de espera inapropriado para coleta da alíquota com pipeta ou da leitura com densímetro ou; pesagens inapropriadas.

## 7. REFERÊNCIAS

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 1 primeiro levantamento, outubro 2023.

Geoportal – Serviço geológico do Brasil – Disponível em: <https://geoportal.sgb.gov.br/geosgb/>

Castilhos RMV, Meurer EJ. Suprimento de potássio de solos do Rio Grande do Sul para arroz irrigado por adubamento. Rev Bras Cienc Solo. 2002;26:977-82. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000400015>

Chiba MK, Natale W, Cruz MCP, Teixeira LAJ, Centurion JF. Potássio nas frações texturais de um Latossolo. Acta Sci. Agron. Maringá, v. 30, n. 4, p. 581-587, 2008. doi: 10.4025/actasciagron.v30i4.5321

Flores JPM, Alves LA, Denardin LGO, Martins AP, Bortoluzzi EC, Inda AV, Carvalho PCF, Tiecher T. Soil K forms and K budget in integrated crop-livestock systems in subtropical paddy fields. Soil Till Res. 2021;213: 105070. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105070>

Melo, V.F.; Novais, R.F.; Fontes, M.P.F. & Schaefer, C.E.G.R. Potássio e magnésio em minerais das frações areia e silte de diferentes solos. R. Bras. Ci. Solo, 24:269-284, 2000.

Moterle DF, Bortoluzzi EC, Kaminski J, Rheinheimer DS, Caner L. Does Ferralsol clay mineralogy maintain potassium long-term supply to plants? Rev Bras Cienc Solo. 2019;43:e0180166. <https://doi.org/10.1590/18069657r-bcs20180166>

Otoni, M.V., T.B. Otoni Filho, M.G. Schaap, M.L.R.C. Lopes-Assad, and O.C. Rotunno Filho. 2018. Hydrophysical database for Brazilian soils (HYBRAS) and pedotransfer functions for water retention. Vadose Zone J. 17:170095. doi:10.2136/vzj2017.05.0095.

Volf, M. R.; Benites, V. M.; Azevedo, A. C.; Moraes, M. F.; Tiritan, C. S.; Rosolem, C. A. Soil mineralogy and K reserves in soils from the Araguaia River valley, Brazil. Geoderma Regional, V. 33, e00654, 2023.



INSTITUTO  
MATO-GROSSENSE  
DO AGRONEGÓCIO



Associação dos Produtores de  
Soja e Milho do Estado de Mato Grosso

Rua Engenheiro Edgard Prado Arze, nº1.777  
Edifício Cloves Vettorato, CPA  
CEP 78.049-932 Cuiabá-MT

**EDIÇÃO 09**

Janeiro 2024

**DIRETORIA – GESTÃO 2024/2026**

**PRESIDENTE**

Lucas Luis Costa Beber

**VICE-PRESIDENTE**

Luiz Pedro Poletti Bier

**COORDENADOR DA COMISSÃO DE DEFESA AGRÍCOLA**

Fernando Ferri

**VICE-COORDENADOR DA COMISSÃO DE DEFESA AGRÍCOLA**

Jorge Diego Oliveira Santos Giacomelli

**GERENTE ADMINISTRATIVO – IAGRO-MT**

Alexandre Andrade Zamarioli

**GERENTE DA COMISSÃO DE DEFESA AGRÍCOLA**

Jerusa Rech

**É permitida a reprodução desta Circular Técnica,  
desde que citada a fonte.**

Para mais informações do  
conteúdo dessa publicação:



65 3644-4215



defesa.agricola@aprosoja.com.br