

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E GEOTÉCNICA DE UM SOLO DO CERRADO PARA FINS AGRÍCOLAS

Alan Dumont Clemente¹

Luis Fernando Martins Ribeiro², Regina de Carvalho Oliveira³, Diego Arantes Teixeira Pires⁴

¹Instituto Federal de Goiás/Câmpus Luziânia/Química, alan.clemente@ifg.edu.br

²Universidade de Brasília/Câmpus Darci Ribeiro/Departamento de Geotecnia, lmartins@unb.br

³Instituto Federal de Goiás/Câmpus Luziânia/Química, regina.oliveira@ifg.edu.br

⁴Instituto Federal de Goiás/Câmpus Luziânia/Química, diego.pires@ifg.edu.br

Resumo

A região do cerrado surgiu como uma possibilidade real e privilegiada para a produção agrícola, dada a sua localização geográfica e suas características físicas, como clima, chuvas definidas e regulares e terrenos planos. A área de estudo refere-se à região do Alto Paranaíba, pertencente à Bacia do Rio Paranaíba, no município de Rio Paranaíba. É importante destacar eu que a área escolhida para estudo se dedica exclusivamente ao monocultivo sequeiro do milho, estando localizada de acordo com as coordenadas geográficas 19°13'20.67" S e 46°10'54.24" O. Com o objetivo de conhecer as propriedades físicas, químicas e classificar os solos da área de estudo, foram realizados ensaios de caracterização geotécnica, ensaios químicos e difração de raios-X. A partir dos resultados obtidos, foi possível identificar o solo estudado como Latossolo vermelho distrófico típico, com baixo teor de matéria orgânica, baixa fertilidade e constituído por argilas inativas, isto é, argilas que apresentam pouco expansão ao serem umedecidas, baixa contração quando secas e baixa reatividade química. De acordo com os resultados, os solos em questão possuem valores de pH, que varia de 5,4 a 6,2, com CTC maior que 4,0 cmolc/dm³ nos primeiros 50 cm, é um solo distrófico com V < 50% e teor médio de Al₂O₃ e Fe_xO_y iguais a 33% e 25%, respectivamente. São solos altamente intemperizados, que necessitam de adubação e calagem para serem produtivos. Os solos do cerrado e da lavoura mostraram comportamento semelhante quanto às suas caracterização químicas, com valores um pouco superiores na lavoura, devido este ter sofrido alterações com o uso de fertilizantes.

Palavras-chave: Caracterização química, caracterização geotécnica, solo, cerrado.

INTRODUÇÃO

OCUPAÇÃO DO CERRADO

Nos anos 70 a visão era de que o cerrado não oferecia potencial de exploração produtiva, principalmente porque os solos ácidos inviabilizavam o investimento econômico. Mas, a partir dos avanços tecnológicos engendrados pelo que ficou conhecido como modernização da agricultura, os sistemas de pesquisa e extensão agrícolas brasileiros

começaram a demonstrar as possibilidades da larga produção agrícola em áreas do cerrado, criando-se novas tecnologias apropriadas para a região, como a “correção” da acidez do solo (via uso de produtos químicos), a implantação de monoculturas, a motomecanização e o uso de agrotóxicos. Além das condições tecnológicas, houve fatores político-econômicos que influenciaram o tipo de ocupação produtiva da região.

A região do cerrado surgiu como uma possibilidade real e privilegiada, dada a sua localização geográfica e suas características físicas, como clima, chuvas definidas e regulares e terrenos planos. Aliada a tais fatores, a opção pelo cerrado esteve condicionada também ao fato de que órgãos governamentais de planejamento o consideravam como alternativa à ocupação da Amazônia, que naquela época já encontrava clamores nos discursos ambientalistas nacionais e internacionais.

A ocupação produtiva do cerrado no período posterior a 1970 foi influenciada por três dos principais programas agrícolas de cunho governamental: o Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP), implementado pelo governo de Minas Gerais; o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO) e o Programa de Cooperação Nipo-brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER), implantados pelo governo federal.

Esses programas, aliados a outros incentivos públicos, como a política de preços mínimos, de subsídios creditícios e de instalação de obras infraestruturais, contribuíram substancialmente para uma nova configuração do espaço regional do cerrado, implicando mudanças sociais, econômicas e ambientais.

O PADAP, iniciado em 1973, a partir da iniciativa do governo municipal, estadual, federal e da Cooperativa Agrícola de Cotia Central, foi criado com o intuito de introduzir atividades agropecuárias em terras do cerrado, comprovando a viabilidade técnica e econômica de sua ocupação. Esse programa consistiu na instalação de quatro núcleos de colonização em municípios da região do Alto Paranaíba. As áreas escolhidas localizavam-se estrategicamente próximas do corredor de exportação. Foram gastos cerca de 200 milhões de dólares em estradas, linhas de transmissão de energia elétrica, centros rurais, tratamento de água e habitações.

No planejamento do PADAP previa-se a realização de 15 atividades produtivas, no entanto, na sua efetivação, estas se reduziram a quatro, ocorrendo uma acentuada especialização em torno do cultivo da soja, do trigo e do café. O milho, a partir de 1982, começou a ser cultivado devido à elevação do seu preço e à necessidade de rotação de culturas, em decorrência das incidências de doenças e pragas na soja e no trigo.

No que se refere aos problemas ambientais advindos da implantação do PADAP na região, SAN MARTIN & PELEGRINI (1984) mencionam que este provocou a erosão dos solos, por causa da retirada das barreiras naturais para o cultivo extenso. Outro problema refere-se ao enfraquecimento das áreas e ao aparecimento de pragas devido à ausência da rotação de culturas, contornado parcialmente com a introdução do cultivo do milho. VERDÉSIO (1993) afirma que a perda da produtividade da soja e do trigo, nas áreas do PADAP, estaria relacionada à compactação do solo que, após dez anos de aragem, apresentaram uma zona de impedimento à passagem da água e de raízes.

Vários autores têm chamado a atenção para os efeitos negativos produzidos pela intensa ocupação do cerrado no que se refere às perdas de padrões culturais das comunidades rurais (DUARTE, 1995). Embora não seja fácil mensurar, essas perdas são perceptíveis, por exemplo, pelos índices de migração campo–cidade.

É também importante mencionar os principais efeitos ambientais desse processo. Esse ecossistema tem sofrido de vários problemas encontrados na modernização da agricultura brasileira: o empobrecimento genético, a compactação e erosão dos solos, a contaminação química dos solos, das águas e a biota, a irrigação destrutiva etc.

CASO DE ESTUDO – REGIÃO AGRÍCOLA DA BACIA DO RIO PARANAÍBA

A área de estudo refere-se à região do Alto Paranaíba, pertencente à Bacia do Rio Paranaíba. A Bacia do Rio Paranaíba possui uma área de 222.767 Km², abrangendo o Distrito Federal (3%) e os estados de Goiás (65%), Minas Gerais (30%) e Mato Grosso do Sul (2%). Além das atividades agrícolas e industriais possui diversos atrativos turísticos e belezas naturais.

A Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Alto Paranaíba (PN1) situa-se nas mesorregiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba (Figura 1), onde estão inseridos os municípios de Paracatu e Patos de Minas. Abrangendo um total de 18 sedes municipais, dentre elas Rio Paranaíba, a bacia possui uma população estimada de 434241 habitantes e uma área de drenagem de 22291 km². O clima na bacia é considerado subtropical úmido (Cwa segundo classificação de Köppen), é uma zona de clima caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. O período seco dura entre quatro e cinco meses por ano, situando-se a disponibilidade hídrica entre 10 e 20 litros por segundo por quilômetro quadrado.

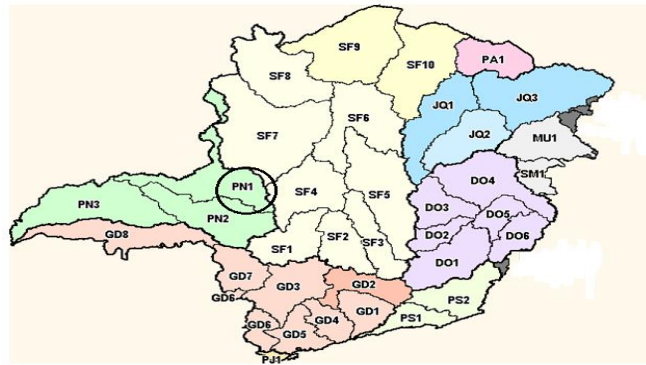


Figura 1- Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Minas Gerais (Fonte: CERH)

Rio Paranaíba é um município brasileiro do estado de Minas Gerais (Figura 3.2). Seu nome deve-se a presença da nascente do rio homônimo nas terras de seu município. Sua população estimada no ano de 2007 era de 13.093 habitantes. A produção econômica está calcada na agricultura e pecuária, com destaque para a produção oriunda do PADAP - Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba, o município produz batata, cebola, alho, cenoura, café, milho e soja dentre outras em menor escala. O município ocupa uma área de 1352,71 Km², com altitude máxima de 1029 m e mínima de 635 m, temperatura média anual de 20,4 °C, índice pluviométrico de 1574,7 mm anual, possui topografia 65% plana, 25% ondulada e 10% montanhosa. O período de chuvas na região vai do mês de outubro até o mês de março. O município se encontra cerca de 320 km de Belo Horizonte e 515 km de Brasília.

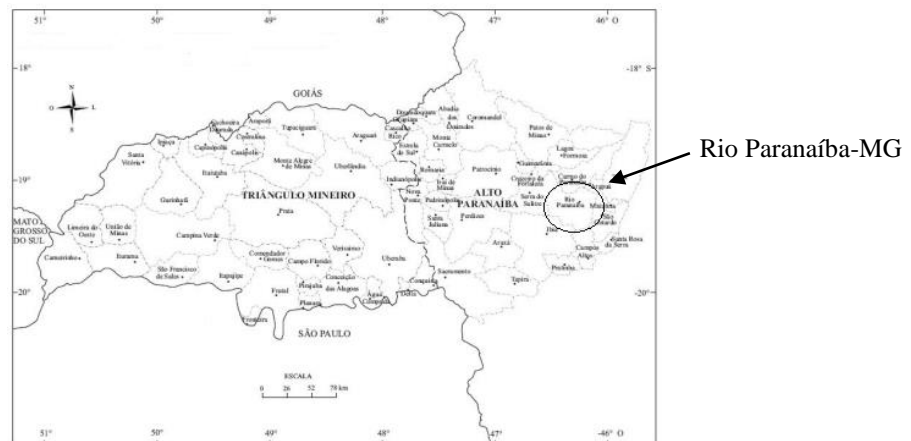


Figura 2 – Localização do Município de Rio Paranaíba-MG.

A escolha desta região como caso de estudo foi devido à implantação de diferentes planos de ação agrícola e ao histórico de aplicação da atrazina. Neste sentido, foram feitas visitas de campo com o intuito de escolher a melhor área de estudo. Após várias discussões, em vários momentos, com agricultores e comerciantes agrícolas locais, optou-se por avaliar a região correspondente à fazenda Ribeiro II, que diversifica suas atividades agrícolas

principalmente com as culturas do milho, soja e sorgo, com sistemas de plantio sequeiro e irrigado. É importante destacar que a área escolhida para estudo se dedica exclusivamente ao monocultivo sequeiro do milho (Figura 3), estando localizada de acordo com as coordenadas geográficas 19°13'20.67" S e 46°10'54.24" O.



Figura 3 – Área de estudo localizada na Fazenda Ribeiro II, Rio Paranaíba-MG.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na seleção dos solos utilizados na pesquisa teve-se a preocupação de avaliar duas regiões distintas com histórico da aplicação de pesticidas, ambas com as mesmas características. Deste modo as amostras de solo foram coletadas em uma área de cultivo com histórico de aplicação de pesticidas – SOLO DA LAVOURA e em uma área preservada, sem nenhuma aplicação de pesticidas ou atividade agrícola – SOLO DO CERRADO.

As amostras foram retiradas com pá de corte em triplicatas em camadas de 0-20 cm, 50-70 cm, 100-120 cm, 150-170 cm, 200-220 cm e 250-270 cm de profundidade em poços circulares de seção transversal de aproximadamente 120 cm. Posteriormente, as triplicatas foram homogeneamente misturadas para obtenção de uma amostra representativa do local avaliado.

SOLO DO CERRADO

As amostras foram coletadas em uma área preservada (solo do cerrado) a cada 50 cm de profundidade, totalizando 6 amostras, sendo denominadas SCP1.1, SCP1.2, SCP1.3, SCP1.4, SCP1.5, SCP1.6, obtidas a partir da superfície do terreno até a profundidade de 2,7 m. Esta área dista aproximadamente 200 m das áreas de atividades agrícolas, sendo rodeada por lavouras com cultivo principalmente do milho, soja, sorgo e café. A Figura 4 mostra o aspecto visual do solo a uma profundidade de 2,5 m.



Figura 4 - Aspecto visual da amostra - Solo do Cerrado.

SOLO DA LAVOURA

As amostras referentes à região cultivada (solo da lavoura) também foram coletadas a cada 50 cm de profundidade, totalizando 6 amostras denominadas SLP1.1, SLP1.2, SLP1.3, SLP1.4, SLP1.5, SLP1.6, obtidas a 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 m de profundidade respectivamente. A Figura 5 mostra o aspecto visual do solo correspondente a uma profundidade de 2,5 m.



Figura 5 - Aspecto visual da amostra - Solo de Cultivo.

Como comentado anteriormente, o uso de pesticidas no local tem sido feito durante mais de 20 anos, mas sem registros de doses aplicadas. Os dados históricos disponíveis da aplicação de atrazina no local são relativos aos últimos 5 anos. A última aplicação de pesticida foi realizada em outubro de 2009, ou seja, onze meses antes da primeira coleta das amostras.

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Com o objetivo de conhecer as propriedades físicas, químicas e classificar os solos da área de estudo, foram realizados ensaios de caracterização geotécnica, ensaios químicos e difração de raios-X.

CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

Os ensaios de caracterização foram realizados no Laboratório de Geotecnia, da Universidade de Brasília. A metodologia empregada nos ensaios seguiu as especificações constantes nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Antes da

realização de cada ensaio, as amostras foram preparadas conforme prescrições da NBR 6457 (ABNT, 1986-a).

A determinação da umidade natural nas diferentes profundidades foi realizada no laboratório de acordo com a norma NBR 6457 (ABNT, 1986-a), utilizando o método da estufa. A granulometria foi determinada segundo os procedimentos da norma de ensaio NBR 7181 (ABNT, 1984-b), optando-se por realizar o ensaio com e sem o uso de defloculante (hexametáfosfato de sódio) objetivando a análise da estabilidade estrutural das microconcreções. O Limite de Liquidez (w_L) e o Limite de Plasticidade (w_P) seguiram a norma de ensaio NBR 6459 (ABNT, 1984-c).

Para a classificação dos solos utilizou-se a Norma M-63 referente à descrição e identificação expedita (táctil-visual) de solos - Metodologia MCT. Este procedimento permite determinar preliminarmente os grupos da classificação geotécnica MCT, especialmente desenvolvida para os solos tropicais, com base em dados relativos a contração e resistência a penetração em corpos de prova (pastilhas) de 20mm de diâmetro e 5mm de espessura. A Figura 6 mostra um quadro de classificação MCT Expedita onde relaciona a penetração (mm), o coeficiente c' e a contração.

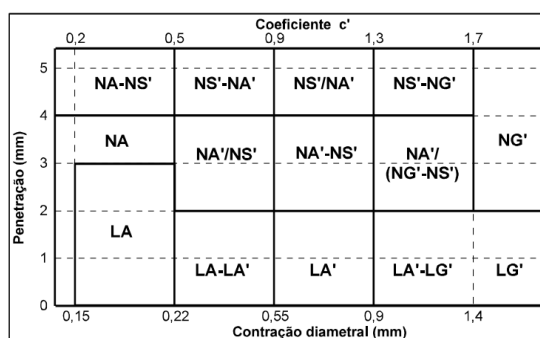


Figura 6 - Classificação MCT Expedita (NOGAMI E VILLIBOR, 1995).

ANÁLISES QUÍMICAS

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da empresa Campo - Análises Agrícolas e Ambientais, sendo determinados os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), alumínio (Al), fósforo (P), matéria orgânica (MO), pH em água, pH em KCl, capacidade de troca catiônica (valor T ou CTC), soma dos cátions trocáveis (valor S), saturação de alumínio (%Al) e saturação de bases (%V).

A caracterização química dos solos é prática comum na agronomia, portanto os ensaios foram realizados segundo normas da EMBRAPA (1997). Desta forma os solos foram

previamente secos ao ar e passados na peneira N° 10 (2,0 mm), este processo é denominado na agronomia como TFSA (terra fina seca ao ar).

pH DO SOLO

O potencial hidrogeniônico (pH) dos solos tem grande influência nas interações existentes entre espécies químicas presentes nos mesmos, pois este fator influencia na agregação das partículas e conseqüentemente na sua estrutura. O método utilizado foi o potenciômetro com eletrodo combinado, imerso em suspensão solo-líquido, sendo realizadas determinações do pH do solo em solução com água destilada e solução KCl 1mol/L.

Segundo COSTA (1973), o pH da maioria dos solos varia de 4,0 a 8,5, sendo a principal causa de acidez do solo a perda de bases arrastadas por águas de infiltração.

Com os valores de pH em água e em KCl é possível a determinação do ΔpH ($\Delta\text{pH} = \text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$). Segundo KIEHL (1979), um valor de ΔpH negativo indica que ocorre na amostra predominância de argilas silicatadas e a quantidade de alumínio trocável é elevada, enquanto um ΔpH positivo está relacionado com predomínio de óxidos de ferro e alumínio e conseqüentemente baixa quantidade de alumínio trocável.

CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (CTC)

A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) é definida como a quantidade de cátions necessária para neutralizar as cargas negativas, ou seja, é a capacidade que os solos possuem para reter cátions. A CTC depende do pH e da quantidade de cargas negativas presentes e é expressa em miliequivalentes por 100 gramas ou 100 ml de material.

Segundo KIEHL (1979), a CTC está relacionada à percentagem de argila dos solos, visto que os minerais de argila, principais constituintes da fração argila do solo, são os colóides inorgânicos responsáveis pela adsorção de cátions; portanto, maiores porcentagens da fração argila, maiores teores de minerais de argila tendem a gerar maiores CTC.

A CTC a pH 7,0 diferencia-se da CTC efetiva porque ela inclui o H^+ em ligação covalente com o oxigênio nos colóides do solo.

$$T = S + (\text{H}^+ + \text{Al}^{3+})$$

A capacidade de troca catiônica pode ser classificada segundo a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da CTC a pH 7,0.

Classificação	CTC a pH 7,0
Baixa	$T \leq 5,0 \text{ cmolc/dm}^3$
Média	$5,1 \text{ cmolc/dm}^3 \leq T \leq 15 \text{ cmolc/dm}^3$

Alta	$T \geq 15 \text{ cmolc/dm}^3$
------	--------------------------------

DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ POTENCIAL ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$)

A acidez potencial, também chamada “acidez nociva”, é a concentração de Al^{3+} e H^+ trocáveis e adsorvidos nos colóides, sendo expressa em cmolc/dm^3 ou mmolc/dm^3 . Esta propriedade pode ser expresso, também, como “Al trocável”, ou seja, quantidade de alumínio que poderá entrar em contato com as raízes das plantas. Portanto, “acidez trocável” e “Al trocável” são equivalentes.

Os solos minerais apresentam pouco H^+ trocável enquanto os orgânicos apresentam altos níveis de H^+ trocável. Assim, os solos com toxidez de alumínio apresentam altos índices de acidez trocável ou acidez nociva. E quanto mais ácido é o solo, maior é o teor de alumínio passível de causar dano às plantas.

SOMA DE BASES TROCÁVEIS (S):

A soma das bases trocáveis, expressa em cmolc/dm^3 ou mmolc/dm^3 representa a soma (S) de cálcio, magnésio, potássio e sódio, na forma trocável, indicando o número de cargas negativas do colóide que está coberta por cátions.

A soma das bases trocáveis é importante porque juntamente com os valores da capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva e Al trocável, permite calcular a percentagem de saturação de Al e percentagem de saturação de bases desta CTC. Em comparação com a Capacidade de Troca de Cátions (CTC) a pH 7,0, a soma de bases trocáveis permite avaliar a Percentagem de Saturação de Bases (V%) devido a CTC, sendo importante para o cálculo da calagem.

PERCENTAGEM DE SATURAÇÃO DE BASES DA CTC A pH 7,0 (V%):

Este parâmetro indica a porcentagem dos pontos de troca de cátions ocupados por bases, ou seja, a percentagem de cargas negativas a pH 7,0 que estão ocupadas por Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , em comparação com os pontos ocupados por H^+ e Al^{3+} .

Os solos com V% maior que 50 são considerados solos férteis. Os solos com V% menor que 50 são solos de baixa fertilidade. Este índice serve para o cálculo da calagem para elevar a saturação de bases, isto é, calcular a quantidade de calcário necessária para ajustar o pH do solo.

$$V\% = (100 \times S) / (T) = 100 \times (\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na}) / \{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + (\text{H} + \text{Al})\}$$

PERCENTAGEM DE SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO (m%):

Este parâmetro indica a porcentagem de alumínio envolvida na CTC efetiva e reflete o seu grau de toxicidade, servindo de parâmetro auxiliar para avaliar a necessidade de calcário ou de gesso nas análises de subsuperfície. Em geral, é recomendável que esteja abaixo de 20%. Quanto mais ácido é um solo, maior é o teor de alumínio trocável e quanto menor os teores de bases, menor a soma de bases e maior a porcentagem de saturação de alumínio.

$$m\% = 100 \times Al^{3+} / (t)$$

O valor da porcentagem de saturação de alumínio pode ser classificado de acordo com a Tabela 2 apresentada abaixo.

Tabela 2: Classificação da porcentagem de saturação de alumínio (m%).

Classificação	Valor de m%
Muito baixo	$m < 1\%$
Baixo	$1\% \leq m \leq 10\%$
Médio	$10\% < m \leq 20\%$
Alto	$m > 20\%$

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

O teor de matéria orgânica (MO) no solo é muito sensível em relação às práticas de manejo. Em regiões tropicais e subtropicais, sob exploração agrícola convencional, nos primeiros anos de cultivo, mais de 50% da matéria orgânica pode ser perdida por diversos processos, como a decomposição microbiana e a erosão.

Na decomposição por microrganismos heterotróficos, parte dos compostos simples e da energia liberada é utilizada para seu próprio metabolismo e para sua reprodução, a qual provoca um aumento da biomassa no solo, imobilizando parte dos nutrientes que estavam contidos nos resíduos. Este aumento da biomassa representa uma imobilização temporária dos nutrientes que agora fazem parte dos tecidos microbianos. Os resíduos orgânicos diminuem a densidade do solo e criam grandes poros que favorecem a entrada de ar e a drenagem d'água.

O teor de matéria orgânica apresentado nesta pesquisa foi determinado pelo método de Walkley-Black modificado (JACKSON, 1982) e inserido no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997). A determinação de MO consiste na oxidação do carbono orgânico do solo pelo íon Cr^{6+} na presença de H_2SO_4 concentrado, na qual o excesso do íon Cr^{6+} é titulado com solução de Fe^{2+} .

DETERMINAÇÃO DOS METAIS (Fe e Al) E DOS SEUS ÓXIDOS

Os metais Fe e Al serão extraídos do solo através da abertura das amostras segundo o Protocolo SW – 846, Método 3050 – USEPA (1986). Este procedimento consiste na digestão

da amostra à quente com ácido nítrico e ácido clorídrico em erlenmeyer sob refluxo. A determinação da concentração de Ferro e Alumínio é feita com a utilização de um equipamento de espectrometria de absorção atômica (AA) ou espectrometria de emissão atômica ICP-OES.

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

A técnica de difratometria de raios-X consiste em determinar as distâncias mantidas pelos íons ou átomos formadores dos cristais (distâncias interplanares), através do conhecimento do ângulo formado pelo feixe de raios-X incidente e o plano atômico que o difrata e, do comprimento de onda desses raios.

As análises foram realizadas no Laboratório de raios-X da Universidade de Brasília, utilizando um difratômetro RIGAKU – D/MAX – 2A/C, operando atualmente com tubo de cobre, com 40 kV, 20 mA, velocidade de varredura de 2° por minuto, no intervalo de 2 a 35°. A partir dos difratogramas, os minerais foram identificados, por meio do software JADE 3.0 da MDI, que dispõem de rotinas de suavização de curva, eliminação de background, procura automática de picos, cálculo da largura a meia-altura, tamanho médio de partículas e pesquisa de possíveis minerais no banco de dados mineralógicos do International Centre for Diffraction Data (ICDD).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

UMIDADE (w, %)

A Figura 4.1 mostra a variação da umidade do solo em relação à profundidade. Observa-se que ambas as regiões amostradas apresentam teores de umidade semelhantes, variando de 25 a 41%, verificando uma maior variação, entre as amostras , na parte superficial.

Essa maior variação de umidade na porção mais superficial do terreno pode estar associada à variação na concentração de matéria orgânica (MO) presente em cada solo, sendo que quanto maior a quantidade de MO maior é a tendência do solo se manter úmido, pois fica protegido contra o aquecimento provocado pelos raios solares. Isto pode ser observado a partir da análise da Figura 7, onde se verifica uma maior concentração de MO no solo da lavoura, possivelmente por apresentar maior cobertura vegetal proveniente das palhas de milho oriundas da última plantação.

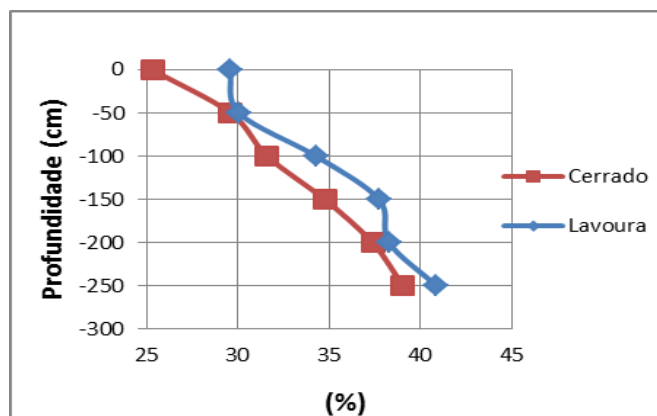


Figura 7 - Variação do teor de umidade com a profundidade do solo.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A partir dos resultados apresentados nas Figuras 8 e 10, verifica-se uma grande quantidade de areia fina nas amostras e pouca quantidade de argilas. Observa-se ainda que com a adição de defloculante, Figuras 9 e 11, notou-se uma considerável desagregação das partículas de argila, fazendo com que apresentassem em aumento em seus teores de argila e silte.

A floculação só vai acontecer nos percentuais de argila, pois a fração areia não apresenta cargas para flocular e nem dispersar com flocculantes e dispersantes. Quanto menor o diâmetro das partículas (argilas) maior será a dispersão, pois maior sua superfície específica.

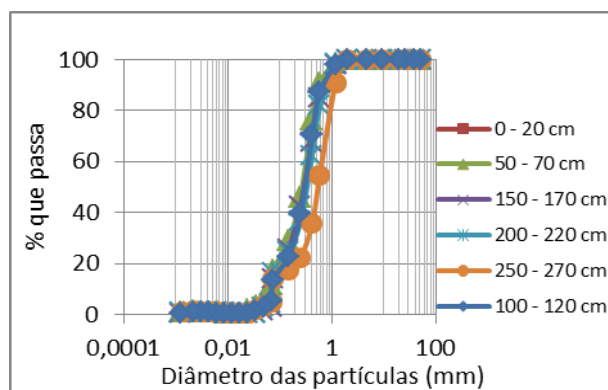


Figura 8 - Variação granulométrica do solo do cerrado sem defloculante em função da profundidade.

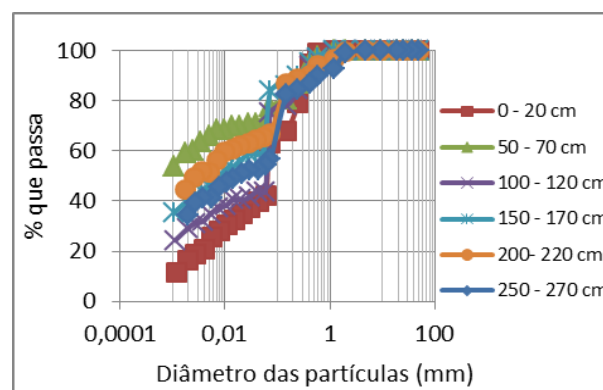


Figura 9 - Variação granulométrica do solo do cerrado com defloculante em função da profundidade.

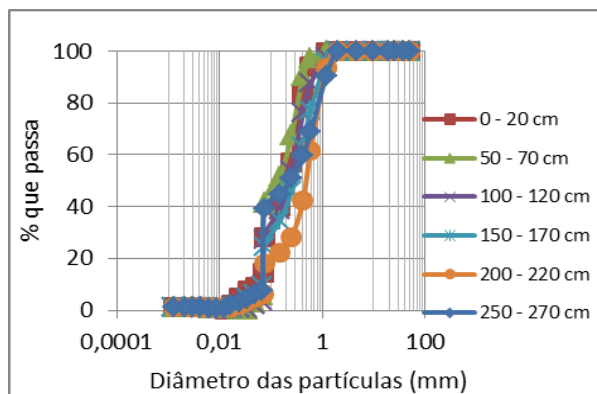


Figura 10 - Variação granulométrica do solo da lavoura sem defloculante em função da profundidade.

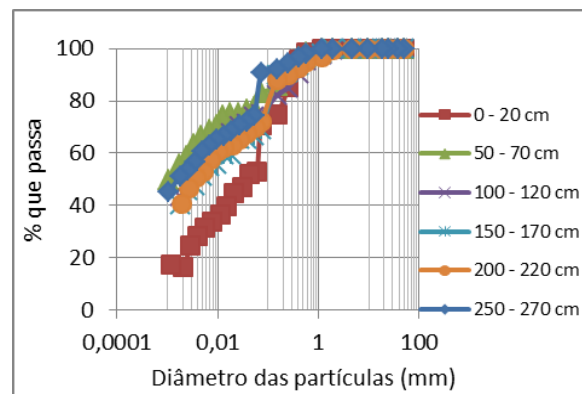


Figura 11 - Variação granulométrica do solo da lavoura com defloculante em função da profundidade.

Tabela 3: Relação da porcentagem de material de acordo com a granulometria.

SEM DEFLOCULANTE							
Solo Cerrado	D10 (mm)	D50 (mm)	D90 (mm)	Solo de Cultura	D10 (mm)	D50 (mm)	D90 (mm)
0 – 20 cm	0,07	0,33	0,55	0 – 20 cm	0,06	0,22	0,50
50 – 70cm	0,07	0,28	0,58	50 – 70cm	0,07	0,15	0,42
100 – 120 cm	0,07	0,31	0,65	100 – 120 cm	0,07	0,23	0,68
150 – 170 cm	0,07	0,3	0,7	150 – 170 cm	0,07	0,30	0,95
200 – 220 cm	0,07	0,34	0,8	200 – 220 cm	0,07	0,50	1,20
250 – 270 cm	0,07	0,55	1,2	250 – 270 cm	0,07	0,23	1,30
COM DEFLOCULANTE							
Solo Cerrado	D10 (mm)	D50 (mm)	D90 (mm)	Solo de Cultura	D10 (mm)	D50 (mm)	D90 (mm)
0 – 20 cm	0,001	0,006	0,4	0 – 20 cm	0,000	0,006	0,3
50 – 70cm	0,000	0,001	0,3	50 – 70cm	0,000	0,001	0,2
100 – 120 cm	0,000	0,007	0,3	100 – 120 cm	0,000	0,002	0,4
150 – 170 cm	0,000	0,01	0,3	150 – 170 cm	0,000	0,003	0,2
200 – 220 cm	0,000	0,002	0,2	200 – 220 cm	0,000	0,003	0,2
250 – 270 cm	0,000	0,002	0,08	250 – 270 cm	0,000	0,002	0,7

A Tabela 3 mostra a relação entre porcentagem do material retido com o diâmetro médio das partículas em D10, D50 e D90, sem defloculante e com defloculante.

Observa-se que, para a condição de ensaio sem defloculante, as curvas granulométricas para ambas as regiões se mostraram semelhantes e sem variação expressiva em função da profundidade. Para os ensaios realizados com defloculante, observa-se uma maior variação da granulometria com a profundidade, sendo este comportamento mais evidente nas amostras obtidas na superfície do terreno, com diferenças mais marcantes no solo com atividade agrícola.

LIMITE DE LIQUIDEZ, LIMITE DE PLASTICIDADE E ÍNDICE DE PLASTICIDADE

Observa-se a partir da Figura 12 que os valores do Limite de Liquidez e do LL e LP são praticamente constantes nas amostras estudadas e pouco influenciados pela profundidade.

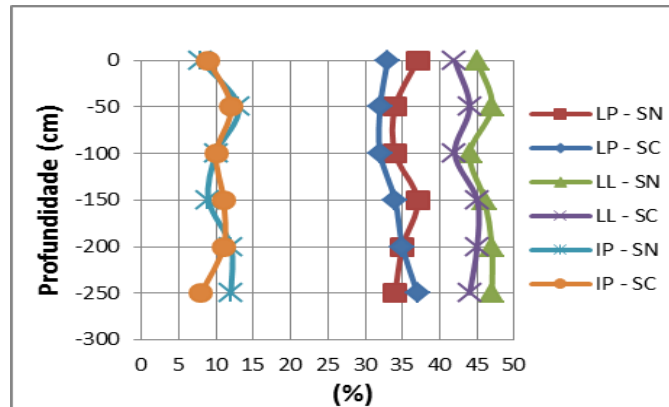


Figura 12 - Variação do wL, wP e IP com a profundidade do solo. SN: solo natural e SC: solo de cultivo.

ÍNDICE DE ATIVIDADE (IA)

Segundo MITCHELL (1993), as argilas podem ser classificadas como:

- Argilas de atividade normal: $0,75 < IA < 1,25$
- Argilas inativas: $IA < 0,75$
- Argilas ativas: $IA > 1,25$

Como todas as amostras de solo analisadas apresentam $IA < 0,6$, considera-se que as argilas contidas nas amostras sejam inativas, isto é, argilas que apresentam pouca expansão ao serem umedecidas, baixa contração quando secas e baixa reatividade química.

Isso por que são argilas do tipo 1:1 e óxidos de Fe e Al, onde apresentam alta carga positiva. As cargas negativas nas argilas tipo 2:1 é que conferem a expansão das argilas quando são umedecidas e a contração quando secas. Na região do Alto Paranaíba há o predomínio quase absoluto de solos bastante intemperizados, isso quer dizer, com ausência de argilas do tipo 2:1.

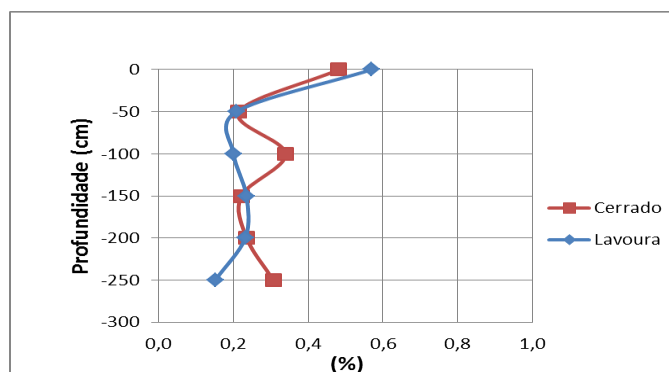


Figura 13 - Variação do Índice de Atividade com a profundidade do solo.

METODOLOGIA MCT

A Tabela 4 mostra a classificação dos solos estudados segundo a metodologia MCT Expedita para o solo da lavoura e para o solo do cerrado. Observa-se que para todas as amostras analisadas a classificação obtida foi LA'-LG' (solos arenosos lateríticos/solos argilosos lateríticos) para todos os materiais analisados.

Tabela 4: Classificação dos solos segundo a Metodologia MCT (ap = alta plasticidade; mp = média plasticidade; LA' = arenoso laterítica; LG' = argiloso laterítica).

Amostras		Solo do Cerrado				
Profundidade (cm)	0-20	50-70	100-120	150-170	200-220	250-270
Consistência	ap	mp	mp	mp	mp	mp
Contração (mm)	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,17
c'	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,53
Penetração (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grupo MCT	LA'-LG'	LA'-LG'	LA'-LG'	LA'-LG'	LA'-LG'	LA'-LG'
Classificação	Solos Arenosos Laterítico/Solos Argilosos Lateríticos					
Amostras		Solo da Lavoura				
Profundidade (cm)	0-20	50-70	100-120	150-170	200-220	250-270
Consistência	ap	mp	ap	mp	mp	mp
Contração (mm)	1,35	1,55	1,20	1,10	1,03	1,00
c'	1,66	1,69	1,56	1,48	1,43	1,40
Penetração (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grupo MCT	LA'-LG'	LA'-LG'	LA'-LG'	LA'-LG'	LA'-LG'	LA'-LG'
Classificação	Solos Arenosos Laterítico/Solos Argilosos Lateríticos					

ALEXANDER & CADY (1982) definiram as lateritas como sendo produtos da evolução do solo ricos em óxidos de ferro e/ou alumínio, o que pode ser comprovado com os altos teores destes compostos nas análises. Segundo SCHELLMAN (1981) as lateritas são formadas principalmente pelos minerais caulinita, gibsitita, hematita, goetita, quartzo e anatásio, também confirmado pelos resultados de difratometria de raios-x, como será mostrado mais adiante.

pH DO SOLO

Avaliando as Figuras 14 e 15 foi possível observar que até uma profundidade de aproximadamente 70 cm o valor de ΔpH (diferença entre pH em KCl e o pH em água) para ambos os solos apresentou valor negativo, indicando possivelmente o predomínio de argilas silicatadas e elevada quantidade de alumínio trocável. Abaixo dos 70 cm de profundidade, ambos os solos apresentaram valor de ΔpH positivo, o que pode estar relacionado com predomínio de óxidos de ferro e alumínio. Observa-se ainda um considerável aumento no valor do pH_{KCl} de ambos os solos a medida que aumenta sua profundidade.

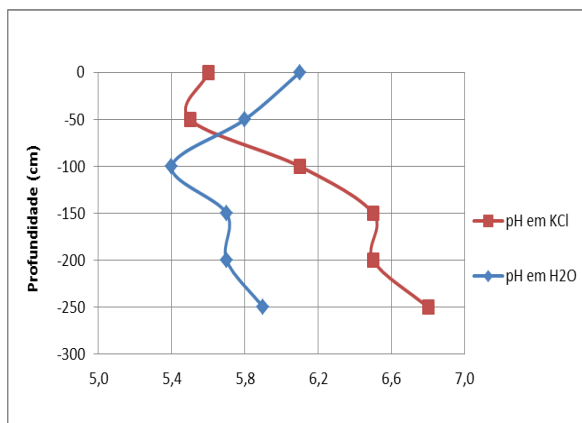


Figura 14 - Variação do pH em H₂O e KCl do solo da lavoura em relação à profundidade.

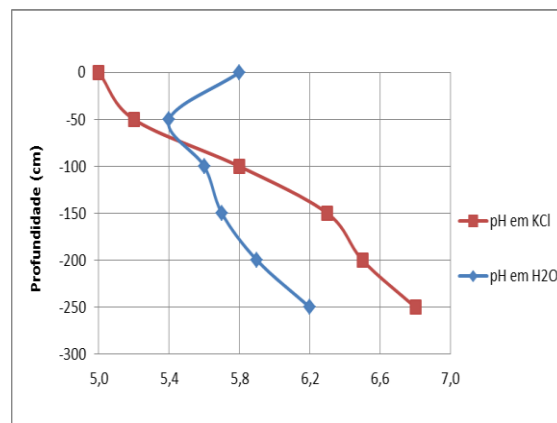


Figura 15 - Variação do pH em H₂O e KCl do solo do cerrado em relação à profundidade.

O uso e o manejo do solo é um fator que tendencialmente influencia o pH. Em áreas com lavouras o pH já foi corrigido com adição de calcário ou gesso. Contudo, estas alterações normalmente ocorrem próximas à superfície, com o aumento da profundidade estas alterações tendem a ser menos significativas. É de se esperar que nos solos de cerrado os valores de pH sejam, baixos, caracterizando solos mais ácidos, devido a quantidade de óxidos de Fe e Al presentes. As argilas 1:1 geram acidez para o solo, enquanto solos com predominância em argilas 2:1 são menos ácidos, podendo ser até básicos.

DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ POTENCIAL (H⁺ + Al³⁺)

Observa-se pela Figura 16 que, para ambas as áreas de estudo, quanto mais superficial for o solo, maior o valor de sua acidez potencial, isto é, maior a concentração dos íons H⁺ e Al³⁺ disponíveis. Podendo ser confirmado pelo elevado teor de alumínio na superfície do solo, possivelmente devido à maior acidez dos solos nesta região.

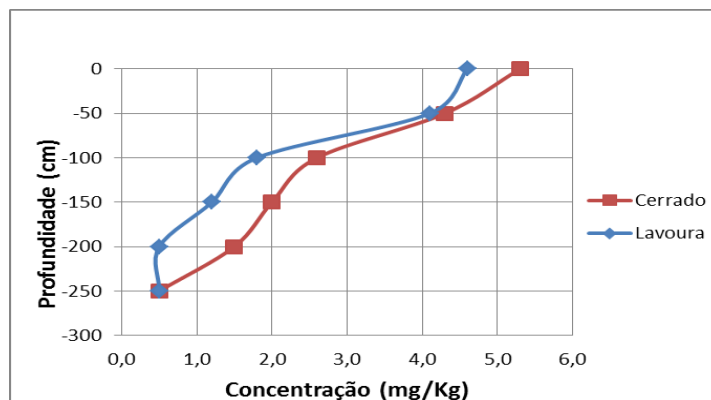


Figura 16 - Variação da Acidez Potencial do solo em relação à profundidade.

O pH do solo está intimamente relacionado com a acidez potencial do solo, pode-se observar que o que gera a acidez no solo são as cargas positivas do Al^{3+} e H^+ presentes nos óxidos destes solos (gibbsita, goethita e hematita).

SOMA DAS BASES TROCÁVEIS (S):

Observa-se no gráfico da Figura 16 um maior teor de bases trocáveis nos primeiros 50 cm de solo, coincidindo relativamente com a profundidade de cultivo e de influência da mata nativa. O solo tratado apresenta quase 50% a mais de bases trocáveis em relação ao solo não tratado, o que mostra a interferência da atividade agrícola nas concentrações de Cálcio, Magnésio, Potássio e Sódio, oriundos possivelmente da utilização de insumos agrícolas.

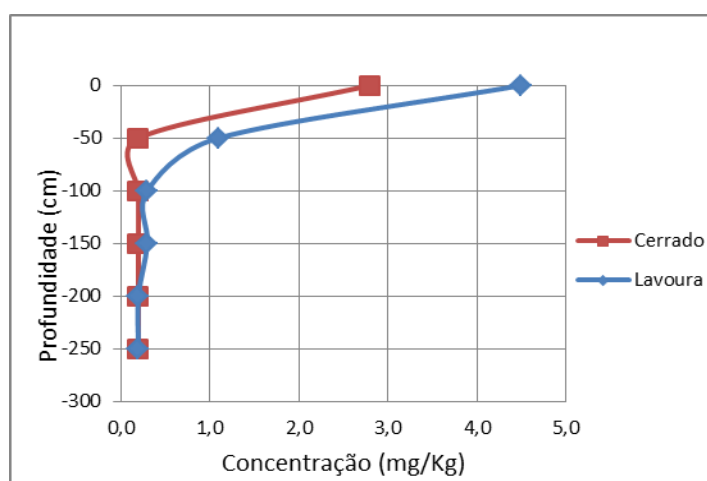


Figura 16 - Variação da Soma das Bases Trocáveis do solo em relação à profundidade.

Esses dados são bem claros e mostram que os solos do cerrado, em geral são pobres em nutrientes, fazendo-se necessário uma adubação forte para qualquer plantio. Por isso, a Soma de

bases será mais alta em áreas sob cultivo. O que se verifica em maiores profundidades, são solos pobres em bases.

CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (CTC)

A capacidade de troca catiônica está relacionada com o máximo de cargas negativas que seriam liberadas a pH 7,0 e que seriam ocupadas por cátions. A CTC foi classificada como média nos primeiros 50 cm de profundidade e baixa a partir deste ponto, como pode ser confrontado os dados obtidos na Figura 17

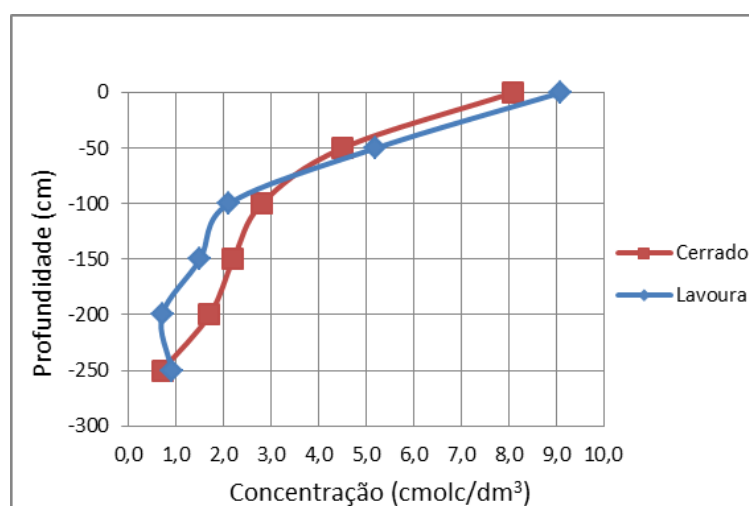


Figura 17 - Variação da CTC do solo em relação à profundidade.

A CTC é a capacidade do solo permutar íons trocáveis, como os solos estudados são intemperizados e ricos em óxidos de Fe e Al, é esperado que a CTC em maiores profundidades seja baixa. Em superfície o que pode estar favorecendo a capacidade de troca catiônica seria a prática de adubação nas lavouras e no solo nativo a presença de matéria orgânica, que tende a elevar a CTC.

TEOR DE ÓXIDO DE ALUMÍNIO

Pela Figura 18 verifica-se que os teores de óxido de alumínio se mostraram relativamente constante em toda área de estudo para ambos os solos, excetuando os primeiros 50 cm de profundidade em que para o solo do cerrado, este parâmetro apresentou um acréscimo de até 6,5% em relação aos demais pontos analisados. Este valor pode estar relacionado com a camada mais fértil do solo sem exploração agrícola, isto é, em seu estado natural.

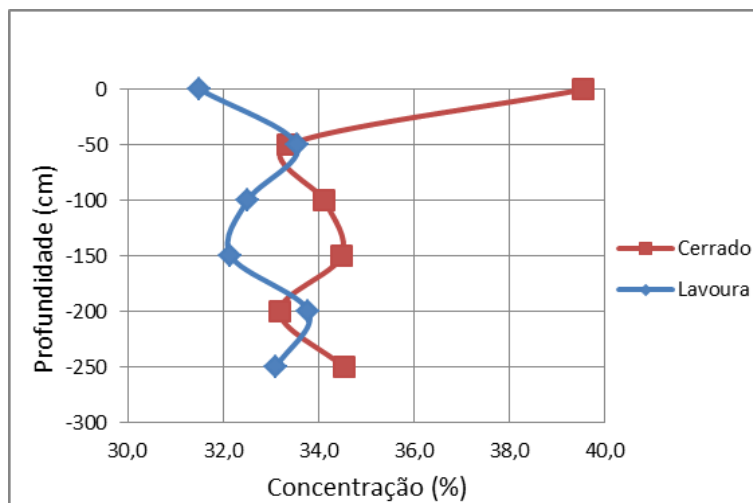


Figura 18 - Variação do teor de Al_2O_3 do solo em relação à profundidade.

TEOR DE ÓXIDO DE FERRO

Como o método utilizado nesta determinação não discrimina os diferentes tipos de óxidos de ferro, foi utilizado a simbologia genérica Fe_xO_y para representar de forma geral este índice. O teor de óxidos de ferro em todo o perfil relativo a ambos os solos foi praticamente constante entre 23 e 26% (Figura 19), o que leva a crer que a atividade agrícola não interferiu significativamente em seus teores, mostrando assim, a ocorrência de baixa lixiviação dos referidos óxidos.

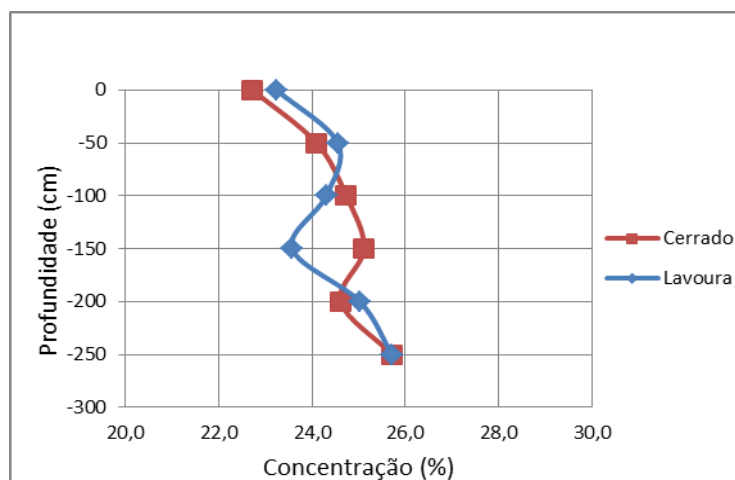


Figura 19 - Variação do teor de Fe_xO_y do solo em relação à profundidade.

Mais uma vez os dados comprovam o alto grau de imtemperismo dos solos com predominância dos óxidos de Fe e Al. Entretanto, são estes óxidos que conferem a estes solos uma estrutura apropriada para o cultivo, boa aeração, alta porosidade, baixa compactação que facilita o uso de implementos agrícolas pela baixa retenção de água e boa drenagem.

SATURAÇÃO DE BASES (V%)

Os resultados contidos na Figura 20 mostram que, em ambos os solos e em todas as profundidades analisadas, o valor da saturação de bases foi menor que 10%, classificando o solo como pouco fértil e de baixa acidez. Contudo, como esperado, nos primeiros 50 cm o valor obtido foi maior, o que está relacionado à camada mais fértil do solo. É importante ressaltar que a determinação deste parâmetro é importante para o cálculo da calagem (quantidade de óxido e/ou hidróxido de cálcio utilizada para corrigir o valor do pH) necessária para elevar o valor da saturação de bases, isto é, para deixá-lo em condições mais férteis.

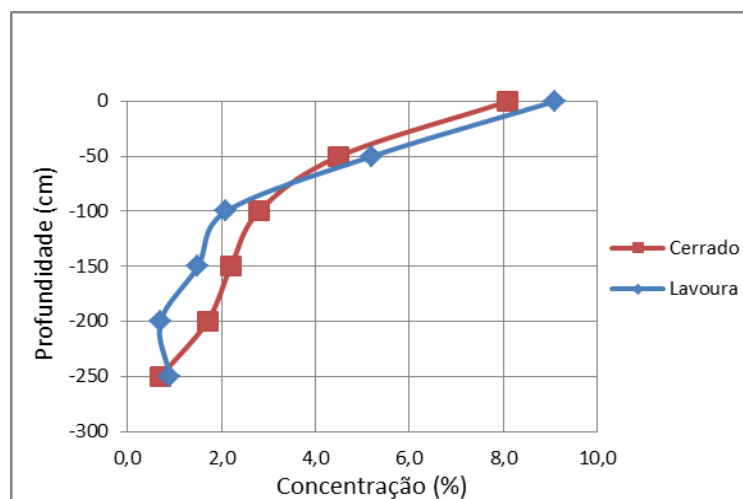


Figura 20 - Variação da Saturação das Bases do solo em relação à profundidade.

A calagem não aumenta a saturação por bases e sim corrige a acidez. Para aumentar a saturação por bases deve ser adicionado fertilizantes nos solos, principalmente NPK. Na calagem há adição de Ca e Mg, mas apenas para fins de correção de acidez. Quando $V < 50\%$ tem-se solos distróficos, quer dizer, pobres em nutrientes e $V > 50\%$ tem-se solos eutróficos, ricos em nutrientes. Essa relação é modificada pelo manejo do solo com a adição de fertilizantes em suas camadas superficiais ou também pela adição de matéria-orgânica.

TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

Analisando o gráfico da Figura 21, observa-se que em ambos os solos os teores de matéria orgânica possuem valores próximos, havendo um incremento nos primeiros 50 cm de profundidade. Esta equivalência nos leva a crer que o cultivo do milho, na área estudada, não causou empobrecimento do solo em relação ao teor de matéria orgânica, pois a presença de palha de milho sobre o solo mantém seu teor.

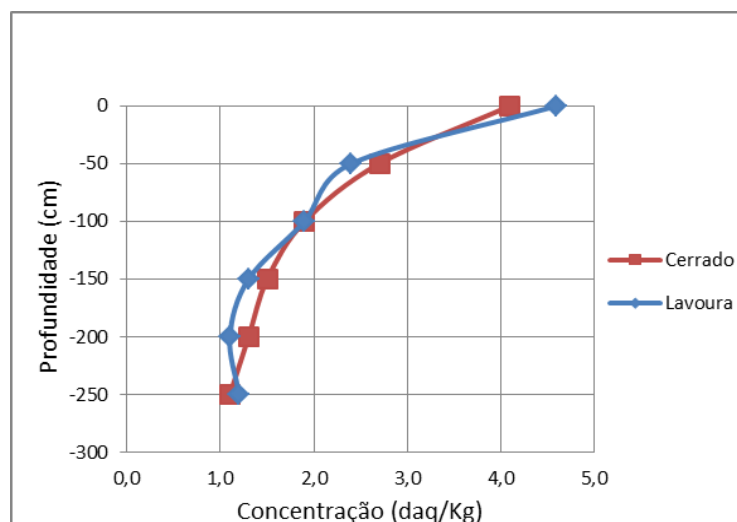


Figura 21 - Variação do teor de Matéria Orgânica (MO) do solo em relação à profundidade.

É de se esperar que dentro de uma mata o teor de MO no solo seja maior. Porém, a proximidade nos valores de MO de ambos os solos pode acontecer se tiver palhada na superfície. Como se sabe, a partir do histórico das áreas, que é utilizado plantio direto, isto explica o alto teor de MO também na área de cultivo.

PERCENTAGEM DE SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO (m%)

Os resultados obtidos mostram que as amostras não apresentaram concentrações significativas de íons Al^{3+} , isto é, os valores das concentrações obtidas situam abaixo do valor considerado para a amostra de referência (branco). Assim, os solos estudados não apresentam

toxidez significativa de alumínio, pois é recomendável que sua concentração seja menor que 20%.

CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA – DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

De acordo com o difratograma de raios-x apresentado esquematicamente como típico dos solos estudados na Figura 22, o solo de estudo é composto principalmente pelos minerais, gibbsita, caulinita, goetita e hematita, confirmando assim sua classificação como solo laterítico. Como todas as amostras apresentaram similaridade entre seus difratogramas, para simplificar a apresentação dos resultados, foi utilizado o difratograma de apenas uma das amostras, escolhida aleatoriamente.

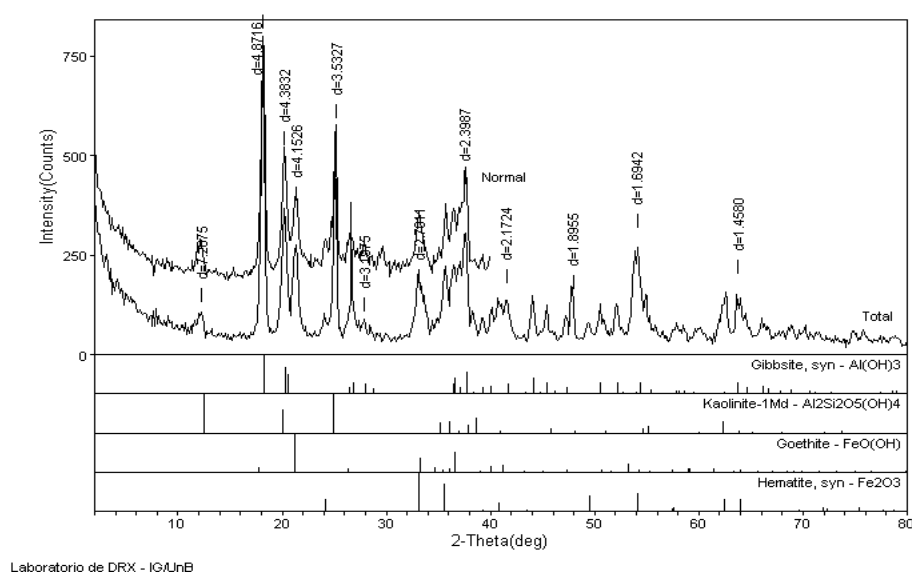


Figura 22 - Difratograma de Raios-x.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos, foi possível identificar o solo estudado como Latossolo vermelho distrófico típico, com baixo teor de matéria orgânica, baixa fertilidade e constituído por argilas inativas, isto é, argilas que apresentam pouco expansão ao serem umedecidas, baixa contração quando secas e baixa reatividade química. Como visto nos resultados, os solos em questão possuem valores de pH, que varia de 5,4 a 6,2, com CTC maior que 4,0 cmolc/dm³ nos primeiros 50 cm, é um solo distrófico com V < 50% e teor médio de Al₂O₃ e Fe_xO_y iguais a 33%

e 25%, respectivamente. São solos altamente intemperizados, que necessitam de adubação e calagem para serem produtivos. Os solos do cerrado e da lavoura mostraram comportamento semelhante quanto às suas caracterização químicas, com valores um pouco superiores na lavoura, devido este ter sofrido alterações com o uso de fertilizantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (1984a) – NBR 7181– Análise Granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 13p.

ABNT (1984b) – NBR 6459 – Determinação do limite de liquidez. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 6p.

ABNT(1984c) – NBR 7180 – Limite de plasticidade. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 3p.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/1469_00.htm Acesso em: 14 de março de 2006 c.

APCEL.Asia-Pacific Centre for Environmental Law. Soil quality: maximum allowable limits of pesticide residue in the soil – TCVN 5941, 1995.

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R.; AMÂNCIO, A. V.; CORREA, R. M. L.; GUERCIO, M. A. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 975-982, 2005.

BAILEY, G.W.; WHITE, J.L. Factors influencing the adsorption and movement of pesticides in soils. In: GUNTHER, F.A. & GUNTHER, J.D. (Ed.) Residues reviews. New York: Spriger-Verlag, 1970. p.29-92.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Dispõe sobre procedimentos e responsabilidades inerentes ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e estabelece seu padrão de potabilidade e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Ministério da Saúde, Brasília, DF, 26 mar. 2004. Seção 1, p. 266-270.

COMPÊNDIO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS. São Paulo: Departamento de Defesa e Inspeção Vegetal, 1999. 672p.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, março 2010. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131>. Acesso em: 02 abr. 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, oitavo levantamento. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 08 julho 2009.

COSTA, L.M. Caracterização das propriedades físicas e químicas dos solos de terraços fluviais, na região de Viçosa, e sua interpretação para uso agrícola. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1973.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.

EPA – United States Environmental Protection Agency. National Pesticide Survey: Atrazine. Office of Water/Office of Pesticides and Toxic Substances. 1990.

EUROPEAN COMMISSION - Decision of 10 March 2004, (2004/248/EC), L78/53. Official Journal of the European Union Commission. 16.3.2004.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia: relações solo – planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

McBRIDE, M. B. Environmental chemistry of soil. New York: Oxford University Press, 1994. 406p.

MUSUMECI, M.R. Defensivos agrícola e sua interação com a microbiota do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. Microbiologia do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.341-360.

REIS, T. C. Variação da acidez do solo em resposta a adição de materiais orgânicos. Piracicaba : ESALQ, 1998. 65 p. Dissertação de Mestrado.

USEPA / SW 846, Dez 1996 – Method 3050 B -Digestão ácida.