

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE SOLOS AFECTADOS POR SAIS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAUE, ANGÓNIA****PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SOILS AFFECTED BY SALT
IN THE MAUE RIVER WATER BASIN, ANGÓNIA****Ringo Benjamim Victor**

Professor da Faculdade de Geociências e Ambiente da Universidade Púnguê. Moçambique

mgautete@gmail.com<https://orcid.org/0000-0002-1514-0378>**Nádia Regina do Nascimento**

Doutora em Geociências

nascimr@rc.unesp.br

87

RESUMO

A salinidade e a sodicidade nos solos afetados por sais representam a maior ameaça para a agricultura em escala global. A primeira afeta principalmente a absorção de água pelas plantas, devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, enquanto que a segunda afeta a estrutura do solo e, indiretamente, a disponibilidade da água (Bernardo, 1995). A presença de sais no solo pode também provocar problemas de toxicidade para as plantas. O conjunto desses problemas resultará na diminuição da produção agrícola. O presente artigo objectiva avaliar físico-quimicamente os solos afectados por sais na bacia Hidrográfica do Rio Maue em Angónia para orientar os níveis de manejo dos solos e sua conservação, tanto pelos agricultores familiares, quanto ao sector privado, bem como o Governo. Os procedimentos metodológicos utilizados consistiram na revisão bibliográfica, técnicas de geoprocessamento, análises físico-químicas de solos descritas em EMBRAPA (2011 e 2013). As físicas basearam-se em granulométricas (fração argila, silte e areia), argila dispersa em água e condutividade elétrica do extrato de saturação. Por sua vez, as químicas cingiram-se em pH em H_2O e KCl ; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , P , K , Al^{3+} e $Al^{3+} + H^+$ e Carbono Orgânico (C.O) conforme EMBRAPA (2011). Com base nelas foram calculados os valores da soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V), porcentagem de sódio trocável (PST), potencial hidrogeniônico (pH) e índice de saturação por alumínio (m). Por último, de posse dos resultados analíticos (físico-químicos) e das descrições morfológicas dos solos em campo foram caracterizados e classificados os solos da bacia até ao quinto (5º) nível categórico em conformidade com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2013). Os resultados da pesquisa evidenciaram existência de 10 classes de solos numa área de 4596,52ha ao correspondente a 46km². Os solos estudados foram muito afectados por sodicidade, haja vista que, 76,7% (3522,41ha) dos solos são sódicos, para as classes: 1) VERTISSOLO HIDROMÓRFICO Sódico típico, Ta eutrófico; 2) PLINTOSSOLO ARGILUVICO Ta Eutrófico sódico, gleissólico; 3) ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Ta Eutrófico sódico, gleissólico; 5) LATOSSOLO AMARELO Ta Eutrocoeso sódico, textura argilosa; 6) GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico, carbonático; 7) PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrocoeso latossólico, sódico litopetroplântico; 8) CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Eutrocoeso durico, sódico litopetroplântico; 9) PLANOSSOLO NATRICO Ta Eutrófico típico, petroplântico. Por sua vez, 23,3% (1070,15ha) dos solos são salino-sódicos, com carácter eutrófico e sem alguma restrição química, para as classes: 4) CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico, conglomerático; e 10) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Eutrocoeso, típico textura muito argilosa, respectivamente. Fisicamente, os solos se apresentam com restrições (coesão, adensamento, cimentação de horizontes, endopedregosidade e rochiosidade) para as classes de Cambissolos e Planossolos. Apesar disso, se prestam à lavoura, mas quando submetidos a correções e manejos visando à melhoria de sua estrutura e fertilidade. Visando a recuperação dos solos, a utilização de plantas fitorremediadoras quais sejam: erva sal (*Atiplex numulária*), algaroba (*Prosopis juliflora*); a determinação de condutividade elétrica, a calagem, lavagem e a incorporação da matéria orgânica no solo é efetiva para a sua correção e, por conseguinte, a melhoria

de sua fertilidade. Por último, a promoção de educação ambiental é deveras importante para consciencializar o público sobre os riscos que pairam do intenso uso de fertilizantes químicos, tanto para os ecossistemas, bem como para a saúde pública.

Palavras-chave: Sodicidade, Classificação de solos, Mapeamento, Fitorremediação. Agricultura.

ABSTRACT

Salinity and sodicity in salt-affected soils pose the greatest threat to agriculture on a global scale. The first mainly affects water absorption by plants, due to the reduction in the osmotic potential of the soil solution, while the second affects soil structure and, indirectly, water availability (Bernardo, 1995). The presence of salts in the soil can also cause toxicity problems for plants. All of these problems will result in a decrease in agricultural production. This article aimed to physically and chemically to assess the soils affected by salts in the Maue River basin in Angónia to guide the levels of soil management and conservation, both by family farmers and the private sector, as well as the Government. The methodological procedures used consisted of a bibliographic review, geoprocessing techniques, and physical-chemical analyzes of soils described in EMBRAPA (2011 and 2013). The physics were based on particle size (clay, silt and sand fraction), clay dispersed in water and electrical conductivity of the saturation extract. In turn, the chemicals were limited to pH in H₂O and KCl; Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, P, K, Al³⁺ and Al³⁺ + H⁺ and Organic Carbon (C.O) according to EMBRAPA (2011). Based on them, the values of the sum of bases (SB), cation exchange capacity (CTC), base saturation (V), percentage of exchangeable sodium (PST), hydrogen potential (pH) and aluminum saturation index (m). Finally, with the analytical results (physical-chemical) and morphological descriptions of the soils in the field, the soils of the basin were characterized and classified up to the fifth (5th) categorical level in accordance with the Brazilian Soil Classification System (EMBRAPA, 2013). The research results showed the existence of 10 soil classes in an area of 4596.52ha corresponding to 46km². The soils studied were greatly affected by sodicity, given that 76.7% (3522.41ha) of the soils are sodic, for the classes: 1) HYDROMORPHIC VERTISSOLO Typical sodic, Ta eutrophic; 2) ARGILUVIC PLINTOSOL Ta Eutrophic sodic, gleissolic; 3) RED-YELLOW ARGISSOLO Ta Eutofico sodico, gleisolic; 5) YELLOWLATOSOL Ta Eutrocoeso sodic, clayey texture; 6) HAPLIC GLEISOL Ta Sodic, carbonatic eutrophic; 7) NATRIC PLANOSOL Ta Eutrocoeso latosolic, sodic lithopetroplintic; 8) FLUVIC CAMBISSOLO Ta Eutrocohesive duric, sodic lithopetroplintic; 9) NATRIC PLANOSOL Ta Typical eutrophic, petroplintic. In turn, 23.3% (1070.15ha) of the soils are saline-sodic, with a eutrophic character and without any chemical restrictions, for the classes: 4) HAPLIC CAMBISSOLE Ta Eutrophic, conglomeratic; and 10) RED-YELLOW LATOSSOLO Tb Eutrocoeso, typical very clayey texture, respectively. Physically, the soils present restrictions (cohesion, densification, cementation of horizons, endostoniness and rockiness) for the classes of Cambisols and Planosols. Despite this, they lend themselves to farming, but when subjected to corrections and management aimed at improving their structure and fertility. Aiming at soil recovery, the use of phytoremediation plants, such as: salt grass (*Atiplex numulária*), mesquite (*Prosopis juliflora*); determining electrical conductivity, liming, washing and incorporating organic matter into the soil is effective in correcting it and, therefore, improving its fertility. Finally, the promotion of environmental education is very important to raise public awareness about the risks posed by the intense use of chemical fertilizers, both for ecosystems and public health.

Keywords: Sodicity, Soil classification, Mapping, Phytoremediation. Agriculture.

INTRODUÇÃO

A salinidade e a sodicidade nos solos afetados por sais representam a maior ameaça para a agricultura em escala global. A primeira afeta principalmente a absorção de água pelas plantas, devido à redução do potencial osmótico da solução do solo, enquanto que a segunda afeta a estrutura do solo e, indiretamente, a disponibilidade da água (Bernardo, 1995). A presença de sais no solo pode também provocar problemas de toxicidade para as plantas. O conjunto desses problemas resultará na diminuição da produção agrícola.

Os sais solúveis do solo consistem em grande parte e em proporções variadas, dos cátions, sódio, cálcio e magnésio e dos ânions cloreto e sulfato, sendo que, em quantidades menores, se encontram os ânions bicarbonatos e nitrato. As fontes originais, das quais provêm estes sais, são os minerais que se encontram no solo e nas rochas expostas da superfície terrestre. Nos processos de intemperização química que incluem hidrólise, hidratação, solubilização, oxidação e carbonatação, liberam gradualmente os componentes dos sais para as águas (Wilcox, 1948 citado por Cordeiro 2001). Portanto, problemas de sais e sódio que afetam a agricultura, sob irrigação, são trazidos pelas águas superficiais e subterrâneas que, no seu movimento horizontal e vertical, transportam os sais. Os solos afetados por sais e sódio podem apresentar características bem diferenciadas, resultante da ação dos diversos fatores de formação e recebem as denominações de: solo sódico e solo salino-sódico (Richards, 1954 e Allison, 1964).

Assim, a caracterização, classificação e mapeamento de solos se afigura numa ferramenta de suma importância na agronomia e áreas afins, utilizada por profissionais para inferir suas diferentes aplicabilidades. Ainda, essa classificação remete a informações essenciais sobre as características do solo, mensurando a necessidade de manejo e conservação do solo e da água, para o seu melhor proveito por parte do seu utilizador.

Os solos da Bacia Hidrográfica do Rio Maue em Angónia, em razão da alta taxa de evaporação e da baixa precipitação pluviométrica, somando-se a riqueza do material de origem e técnicas de manejo ineficientes apresentam, em geral, elevadas concentrações de sais solúveis, especialmente, o sódio trocável, o que na perspectiva de Carvalho & Stamford (1999); Dutra et al., (2000); Viana et al., (2001); Amorim et al., (2002) seu excesso leva à redução do potencial osmótico da solução do solo, dificultando a absorção de água pela planta, causando desbalanço nutricional e afetando o desenvolvimento das culturas.

Pelo acima exposto, o presente artigo objectiva avaliar físico-quimicamente os solos afectados por sais na bacia Hidrográfica do Rio Maue em Angónia para orientar os níveis de manejo dos solos e sua conservação, tanto pelos agricultores familiares, quanto o sector privado, bem como o Governo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Maue, situada no Posto Administrativo de Ulónguê, a sudeste do Distrito de Angónia, na Província de Tete em Moçambique. Com uma área de aproximadamente 46 km², ao correspondente a 4.592,56 ha, esta localiza-se entre os paralelos 14° 39' 0" e 14° 44' 30" de Latitude Sul, e nos meridianos 34° 19' 0" e 34° 24' 30" de Longitude Este (Figura 1).

Para além de técnicas de geoprocessamento, o procedimento metodológico aplicado no estudo, cingiu-se nas determinações físico-químicas para um total de 53 amostras de solos coletadas em vários horizontes de 10 perfis. Estas foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Minas Gerais- Brasil, para fins de fertilidade agrícola.

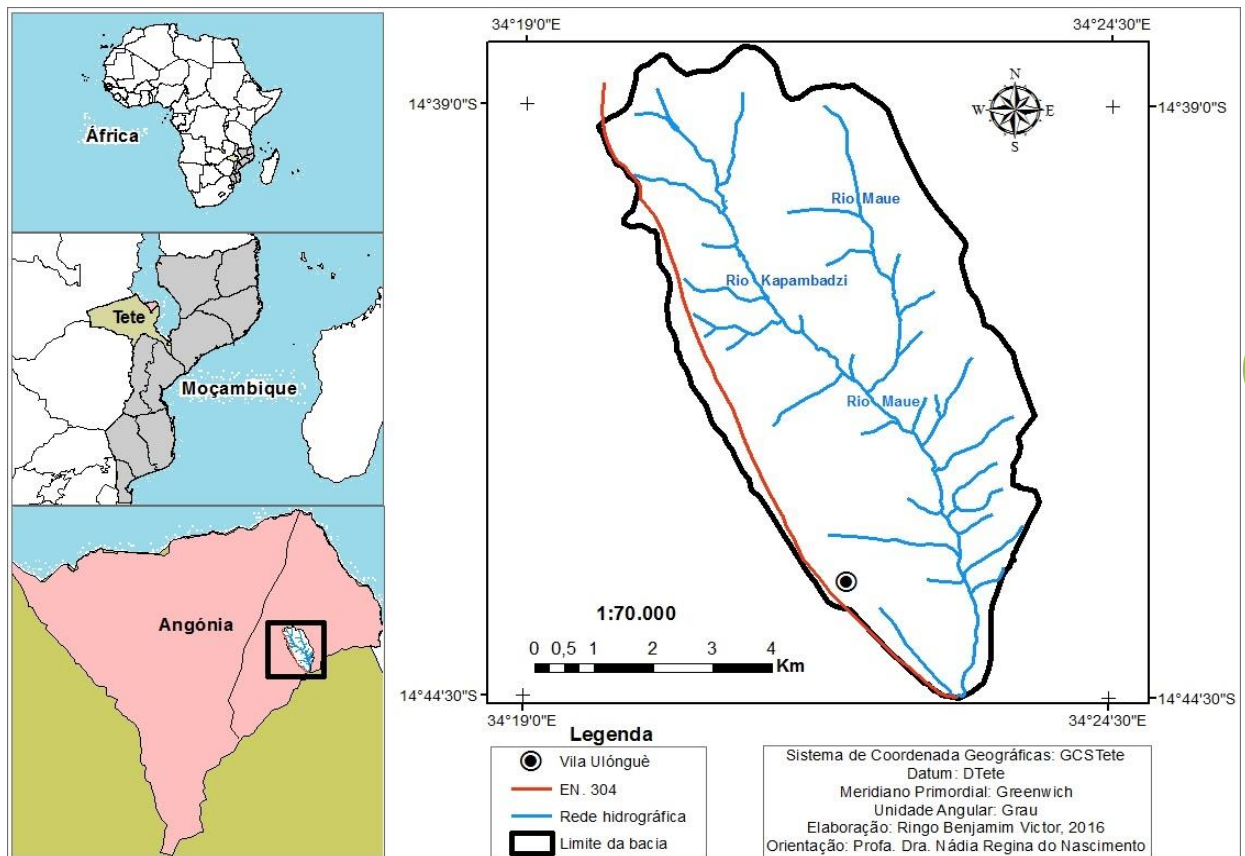


Figura 1 - Mapa de Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Maue.

As químicas consistiram em análises de rotina (pH em H_2O e em KCl ; Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , P , K , Al^+ e $Al^{3+} + H^+$) e Carbono Orgânico (C.O) conforme EMBRAPA (2011). Com base nas determinações ora descritas e os valores advindos destas, foram calculados os valores da soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V), porcentagem de sódio trocável (PST) e índice de saturação por alumínio (m).

Por sua vez, as análises físicas basearam-se nas metodologias descritas em Embrapa (2011). Estas consistiram nas determinações granulométricas, argila dispersa em água e condutividade elétrica do extrato de saturação. Para a condutividade elétrica extrato de saturação, foi colocado 10 cm^3 de TFSA em erlenmeyer de 125 mL, adicionando-se-lhe 50 mL de água destilada. De seguida, agitou-se por 15 min e procedeu-se a filtragem, culminando assim pela sua leitura em um condutímetro digital da bancada marca ORION, modelo 115.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos Físicos

Os resultados das análises físicas da caracterização dos perfis dos solos são apresentados na tabela 1 que doravante se segue.

A despeito da granulometria, os perfis 1; 2 e 3 (P1; P2 e P3) apresentam comportamento similar quanto a fração argila, exceto o horizonte C do P3 que evidenciou 229 g kg^{-1} de argila, justificando deste modo, o predomínio da classe textural franco-argilo-arenosa e consequentemente, fraca plasticidade e pegajosidade. Entretanto, todos os horizontes subsuperficiais destes perfis apresentam na sua generalidade teores de argila $> 600\text{ g kg}^{-1}$ de

solo, indicação esta de predomínio de classe textural muito argilosa de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2013).

Lani et al., (2011) e IBGE (2015) consideram que, solos com textura muito argilosa, de maneira geral, deparam-se com problemas de ordem física, em sua maioria, relacionadas com restrições de drenagem, pois quando secos, geralmente são duros e muito duros, e quando úmidos as características de plasticidade e pegajosidade expressam-se com mais intensidade, principalmente em razão de minerais de argilas expansíveis. Dado a essa característica, esses solos costumam expandir-se quando umedecidos e a contrair-se quando secos, ocasionando o aparecimento de fendas que podem vir danificar o sistema radicular das plantas. Devido a esse comportamento, tornam-se solos de difícil manejo, principalmente no tocante a mecanização agrícola. Isso dificulta sobremaneira o uso do solo tanto na estação chuvosa quanto na seca.

91

Por sua vez, as classes texturais dos solos do perfil 4 (P4), na sua generalidade tiveram uma variação desuniforme ao longo dos seus horizontes, sendo que, o mesmo comportou-se com decréscimo de teores de argila em função da profundidade, registrando assim a textura muito argilosa a argilosa, exceto o horizonte Bi que se apresentou com a textura franco-siltosa. A maioria dos horizontes deste perfil mostram-se com teores de argila $>360 \text{ g kg}^{-1}$, indicação esta de uma textura argilosa, conferindo, portanto, a presença de plasticidade e pegajosidade, exceto o horizonte Bi que se apresentou com valores de 161 g kg^{-1} de argila e, 733 g kg^{-1} de silte, valores estes que nos indicam o predomínio de textura franco-siltosa e, por conseguinte, uma consistência plástica a ligeiramente pegajosa.

Este fato deve-se em parte ao incipiente desenvolvimento pedogenético do horizonte diagnóstico, conferindo assim a presença de horizonte B incipiente. De acordo com Embrapa (2013), o horizonte B incipiente trata-se de horizonte subsuperficial, subjacente ao A, Ap ou AB, que sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou de unidades estruturais, e no qual mais da metade do volume de todos os sub-horizontes não devem consistir em estrutura da rocha original.

O perfil 5 (P5) comporta-se com teores de argila na ordem de 420 a 643 g kg^{-1} justificando a isso variação na sua distribuição ao longo do perfil, o que confere uma variação textural de argilosa a muito argilosa. O seu horizonte diagnóstico- AB apresenta valores de argila $> 600 \text{ g kg}^{-1}$, o que nos permite deduzir a predominância de uma classe textural muito argilosa.

Por sua vez, o perfil 6 (P6) teve comportamento similar ao dos perfis 1; 2 e 3, registrando assim, teores de argila na ordem dos 674 a 752 g kg^{-1} , indicação esta de predomínio de uma classe textural muito argilosa. Para Ker et al., (2012); Embrapa (2013) e Santos et al., (2013) solos com teores de argila $> 600 \text{ g kg}^{-1}$ conferem sê-lhes a classe textural muito argilosa e, por conseguinte uma consistência seca (dura a muito dura) e molhada (muito plástica e muito pegajosa).

O perfil 7 (P7) evidencia nos seus horizontes teores de argila entre 349 a 676 g kg^{-1} . Apesar disso, constata-se uma mudança textural abrupta associada à translocação vigorosa de argila do horizonte A para Bt1, caracterizando assim a formação do horizonte horizonte plânico, neste caso sem descontinuidade litológica. Nesta perspectiva, Embrapa (2013) considera:

“O horizonte plânico é um tipo especial de horizonte B textural, com ou sem caráter solódico, subjacente a horizonte A ou E, apresentando mudança textural abrupta ou transição abrupta associada à relação textural com valor dentro do especificado para o horizonte B textural, porém calculado entre o primeiro sub-

horizonte B e o horizonte imediatamente acima (A ou E). Apresenta estrutura prismática, colunar ou em blocos angulares e subangulares grandes ou médios e, às vezes, estrutura maciça, permeabilidade lenta ou muito lenta e cores acinzentadas ou escurecidas, podendo ou não possuir cores neutras de redução com ou sem mosqueados. Este horizonte pode ser responsável pela formação de lençol de água suspenso, de existência temporária e, normalmente, apresenta teores elevados de argila dispersa”.

Os perfis 8 e 9 (P8 e P9), comportam-se de forma relativamente heterogênea quanto a classe textural, pois, ao longo dos seus horizontes apresentam poucos teores de argila, com valores médios em torno de 335,4 g kg⁻¹ de solo para o P8, e 498,8 g kg⁻¹ para o P9, respectivamente. Portanto, no primeiro caso depreende-se que, os horizontes superficiais deste apresentaram teores de argila bastante variável, com valores na faixa de 122 a 539 g kg⁻¹ de solo, indicando, deste modo, à predominância das classes texturais franco-argilo-arenosa e arenosa. No segundo, verifica-se uma preponderância da textura franco-argilosa variando para muito argilosa decorrente da presença do Bt, com valores de argila entre os 387 a 681 g kg⁻¹ de solo.

Por último, o perfil 10 (P10) quanto a classe textural comporta-se de forma uniforme, pois ao longo de todos seus horizontes apresentam teores de argila > 600 g kg⁻¹ de solo, que conferem a classe textural muito argilosa para este perfil.

Ao se analisar as proporções das diferentes frações granulométricas, observam-se que os perfis 1; 2; 3; 6 e 10 se apresentam com teores elevados de argila justificando assim a textura muito-argilosa, enquanto que, os perfis 4 e 5 comportam-se com teores intermédios de argila, predominando deste modo, uma textura argilo-arenosa. Por último, os perfis 7; 8 e 9 se apresentam com comportamento variável, isto é, com textura essencialmente franco-argilo-arenosa a argilo-arenosa.

De um modo geral, verifica-se em todos os perfis estudados o predomínio da fração muito-argilosa em relação à argila e areia, respectivamente. Ademais, foi observada coesão de horizontes em alguns perfis, o que de certo modo constitui uma das restrições físicas destes solos. Nesta perspectiva, Aguiar Netto et al., (1988); Rezende (1997); e Rezende (2000) referem que, a presença dos horizontes coesos no perfil do solo afeta as relações entre a drenagem, teor de água disponível, aeração, penetração radicular e absorção de nutrientes, o que constitui limitações ao uso agrícola. Porém, a sua utilização requer atenção especial quanto ao seu manejo, com o objetivo de melhorar a sua produtividade e conservação.

Com relação à fração silte e a relação silte/argila, esta se mantém num padrão normal de distribuição entre os diversos horizontes, apresentando assim, tendo uma variação inversamente proporcional ao longo dos perfis.

Conforme EMBRAPA (2013), a relação silte/argila pode ser usada para avaliar o estágio de intemperismo em solos de regiões tropicais. É empregada em solos de textura franco-arenosa ou mais fina. A mesma indica baixos teores de silte e, portanto, alto grau de intemperismo quando apresenta, na maior parte do horizonte B, valor inferior a 0,7 nos solos de textura média ou valor inferior a 0,6 nos solos de textura argilosa ou muito argilosa.

Relativamente aos valores de condutividade elétrica no extrato de saturação, para todos os horizontes dos perfis analisados mostram-se com valores muito baixos, pois são > 4,0 dS/m⁻¹ os quais não satisfazem o caráter sálico, salino e, nem tampouco solódico. Apesar disso, a exceção dos perfis 4 e 10 (P4 e P10) evidenciam o caráter salino-sódico. Todos os restantes perfis estudados se apresentam com caráter sódico, pois, registram elevadas concentrações de sódio (Na⁺).

Segundo Oliveira (2001) e Embrapa (2011) o caráter sódico é usado para distinguir horizontes ou camadas que apresentam saturação por sódio ($100 \text{ Na}^+/\text{T} > 15\%$ em alguma seção de controle que defina a classe.

Embrapa (2013) define os critérios para os atributos anteriormente descritos, sendo que, o caráter sálico é a propriedade referente à presença de sais mais solúveis em água fria que o sulfato de cálcio (gesso), em quantidades tóxicas à maioria das culturas, indicada por condutividade elétrica no extrato de saturação igual ou maior que 7 dSm^{-1} (a 25°C), em alguma época do ano.

Já o caráter salino diz respeito à propriedade referente à presença de sais mais solúveis em água fria que o sulfato de cálcio (gesso), em quantidade que interfere no desenvolvimento da maioria das culturas, indicada por condutividade elétrica do extrato de saturação igual ou maior que 4 dSm^{-1} e menor que 7 dSm^{-1} (a 25°C), em algumas épocas do ano. Por último, o caráter solódico, é usado para distinguir horizontes ou camadas que apresentem saturação por sódio ($100 \text{ Na}^+/\text{T}$) variando de 6% a $< 15\%$ em alguma parte da seção de controle que defina a classe.

Tabela 1- Atributos físicos

HORIZONTE		Composição granulométrica (g kg ⁻¹)					Classe textural	ADA	GF (%)	CE(dS/m) (1 x 10 ⁻⁵)	S/A	Af/At
Simb.	Prof. (cm)	Areia			Silte	Argila						
		Grossa	Fina	Total								
Perfil 1- VERTISSOLO HIDROMORFÍCO Sódico Típico, Ta eutrófico												
Agv	00-17	86	62	148	222	630	Muito-Argilosa	0,336	99,9	83,0	0,35	0,04
BAGv	17-40	50	31	81	190	729	Muito-Argilosa	0,450	99,9	65,0	0,26	0,38
Bigv	40-70	46	52	98	179	733	Muito-Argilosa	0,454	99,9	70,0	0,24	0,53
Cg1	70-110	96	78	174	142	684	Muito-Argilosa	0,424	99,9	46,0	0,20	0,44
Cg2	110-150+	76	57	133	165	702	Muito-Argilosa	0,381	99,9	38,0	0,23	0,42
Perfil 2- PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Ta Eutrófico sódico, gleissólico												
Aeg	00-20	58	44	102	451	447	Argilosa	0,274	99,9	113,0	1,0	0,43
Btg1	20-60	23	23	46	141	813	Muito-Argilosa	0,324	99,9	47,0	0,17	0,5
Btg2	60-98	21	19	40	200	760	Muito-Argilosa	0,219	99,9	32,0	0,26	0,47
Cg1	98-152	15	18	33	244	723	Muito-Argilosa	0,310	99,9	32,0	0,33	0,54
Cg2	152-213+	31	46	77	356	567	Argilosa	0,253	99,9	33,0	0,62	0,59
Perfil 3- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Ta Eutrófico sódico, vertissólico												
Av	00-15	50	62	112	208	680	Muito-Argilosa	0,343	99,9	40,0	0,30	0,55
Bt1v	15-37	14	16	30	122	848	Muito-Argilosa	0,442	99,9	30,0	0,14	0,53
Bt2v	37-68	10	14	24	162	814	Muito-Argilosa	0,389	99,9	27,0	0,19	0,58
BCv	68-107	41	30	71	241	688	Muito-Argilosa	0,298	99,9	24,0	0,35	0,42
Cv	107- 165+	369	264	633	138	229	Franco-argilo-arenosa	0,081	99,9	29,0	0,60	0,41
Perfil 4- CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico, conglomerático												
A	00-20	137	96	233	140	628	Muito-Argilosa	0,204	99,9	22,0	0,22	0,41
Bi	20-41	172	131	303	173	524	Argilosa	0,168	99,9	22,0	0,33	0,43
1C	41-67	48	58	106	733	161	Franco-siltosa	0,114	99,9	22,0	4,5	0,54
2C	67-95	142	97	239	194	567	Argilosa	0,121	99,9	23,0	0,34	0,40
Ct ⁽¹⁾	95-140+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perfil 5- LATOSSOLO AMARELO Ta Eutrocoeso sódico, textura argilosa												
A11	00-14	351	134	485	95	420	Argilo-arenosa	0,153	99,9	25,0	0,22	0,27
A12	14-40	276	121	397	101	502	Argilosa	0,228	99,9	29,0	0,20	0,30
AB	40-76	201	65	265	125	610	Muito-Argilosa	0,262	99,9	26,0	0,20	0,24
Bw1	76-130	206	76	282	130	588	Argilosa	0,280	99,9	25,0	0,22	0,26
Bw2	130-170+	115	51	266	191	643	Muito-Argilosa	0,331	99,9	27,0	0,29	0,19

ADA- Argila Dispersa em Água; CE- Condutividade Elétrica; GF- Grau de Dispersão S/A- Relação Silte e Argila; Af/At- Relação Areia fina e Area total.

...Continuação.

HORIZONTE		Composição granulométrica (gkg ⁻¹)					Classe textural	ADA	GF %	CE(dS/m) (1 x 10 ⁻⁵)	S/A	Af/At
Simb.	Prof. (cm)	Grossa	Areia Fina	Total	Silte	Argila						
Perfil 6- GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico, carbonático												
A	00-14	60	107	167	160	674	Muito-Argilosa	0,319	99,9	69,0	0,23	0,64
AC	14-40	48	88	138	111	752	Muito-Argilosa	0,390	99,9	66,0	0,14	0,63
CAG	40-70	43	71	114	148	739	Muito-Argilosa	0,378	99,9	30,0	0,18	0,62
Cg1	70-105	58	100	158	155	687	Muito-Argilosa	0,401	99,9	64,0	0,22	0,63
Cg2	105-141	74	115	189	137	674	Muito-Argilosa	0,405	99,9	45,0	0,20	0,60
Cg3	141-200+	59	88	147	163	690	Muito-Argilosa	0,389	99,9	33,0	0,23	0,58
Perfil 7- PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrocoeso típico, dúrico												
A	00-10	302	237	539	112	349	Franco-argilo-arenosa	0,090	99,9	45,0	0,32	0,43
Bt1	10-36	127	74	201	123	676	Muito-Argilosa	0,318	99,9	43,0	0,18	0,36
Bt2	36-60	102	56	159	179	664	Muito-Argilosa	0,297	99,9	33,0	0,26	0,35
BC	60-81	220	109	329	182	490	Argilo-arenosa	0,219	99,9	37,0	0,33	0,37
C	81-105+	278	125	403	127	470	Argilo-arenosa	0,205	99,9	43,0	0,27	0,31
Perfil 8- CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico latossólico, sódico litopetroplântico												
Acf	00-15	211	152	363	152	484	Argilo-arenosa	0,164	99,9	35,0	0,31	0,41
ABcf	15-30	214	103	317	143	539	Argilosa	0,230	99,9	26,0	0,26	0,32
Bi	30-50	409	122	531	142	327	Franco-argilo-arenosa	0,121	99,9	34,0	0,04	0,22
C	50-92	509	142	651	139	209	Franco-argilo-arenosa	0,062	99,9	29,0	0,66	0,21
2C1	92-120+	571	166	637	141	122	Franco-arenosa	0,035	99,9	29,0	1,15	0,26
Perfil 9- PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrófico típico, petropíntico												
AEqm	00-10	308	180	488	125	387	Franco-argilosa	0,132	99,9	36,0	0,32	0,36
Bt1qm	10-20	387	107	494	73	434	Argilo-arenosa	0,210	99,9	36,0	0,16	0,21
Bt2qm	20-40	349	41	390	56	553	Argilosa	0,319	99,9	37,0	0,10	0,10
Bt3	40-67	117	48	165	154	681	Muito-Argilosa	0,295	99,9	34,0	0,22	0,29
C1	67-104	138	81	219	202	579	Argilosa	0,267	95,3	47,0	0,34	0,36
C2	104-150+	350	157	507	134	359	Franco-argilo-arenosa	0,113	96,8	48,0	0,37	0,30
Perfil 10- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Eutrocoeso típico, textura muito argilosa												
A11	00-15	62	61	123	122	755	Muito-Argilosa	0,299	99,9	63,0	0,16	0,49
A12	15-40	59	38	97	129	774	Muito-Argilosa	0,330	99,9	54,0	0,16	0,39
AB	40-70	30	25	55	168	778	Muito-Argilosa	0,099	99,9	33,0	0,21	0,45
BA	70-93	25	26	51	183	765	Muito-Argilosa	0,314	99,9	38,0	0,23	0,50
Bw1	93-149	20	20	40	193	767	Muito-Argilosa	0,039	99,9	39,0	0,25	0,4

Bw2	149-205+	21	24	45	213	743	Muito-Argilosa	0,011	99,9	28,0	0,28	0,53
-----	----------	----	----	----	-----	-----	----------------	-------	------	------	------	------

Atributos químicos

Os resultados das análises químicas para os perfis dos solos estudados estão apresentados na tabela 2. Deste modo, o perfil 1 apresenta-se com valores de pH em água entre 6,83 - 7,26, indicando quimicamente, uma acidez fraca a alcalinidade fraca em conformidade com a CFSEMG (1999). Em virtude do pH estar acima de 6, o alumínio por ventura existente nesses solos está sob forma insolúvel, não tendo sido, portanto, encontrado nas análises executadas, o que permite afirmar que esta faixa do pH no solo é considerada ideal para o bom crescimento e desenvolvimento de culturas.

Do ponto de vista agrônômico pode-se considerar que a maioria dos valores observados em pH em água variaram entre alto (6,1 - 7,0) e muito alto (> 7), classificação esta, estabelecida em conformidade com a fonte anteriormente descrita.

O pH é, portanto, uma das propriedades químicas do solo mais importantes para a determinação da produção agrícola (Fageria, 2000). Assim, seu conhecimento é um indicador relevante que nos fornece informações úteis para a compreensão do comportamento dos elementos no solo, os quais são indispensáveis ao crescimento das plantas, pois a acidez do solo também se relaciona com a disponibilidade de Ca; Mg e Mn, e de outros elementos (CFSEMG, 1999).

A esse respeito, Ker et al., (2012) referem que o conhecimento do pH é extremamente importante, uma vez que solos com acidez elevada ($\text{pH} < 5,0$) tendem a solubilizar maior quantidade de minerais, liberando sobretudo alumínio e manganês, elementos que, em alta concentração, prejudicam o crescimento das plantas e a ação das bactérias importantes do solo.

Percebe-se ainda que, tanto o perfil 1, quanto aos demais, o pH em água foi maior do que o pH em KCl, resultando em valores de ΔpH negativos, o que é um indicativo de predomínio de cargas negativas na superfície dos colóides do solo. Neste contexto, Prado (1991) afirma que, sempre que o valor de delta ΔpH se apresentar com sinal negativo, o solo tem predominância de carga negativa, ou seja, maior capacidade de reter cátions que ânions.

Os resultados calculados para CTC (T) estão entre 39,66 a 55,12 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, os quais de acordo com CFSEMG (1999) encontram-se na faixa de classificação muito bom. EMBRAPA (2013) considera que altos valores de CTC estão normalmente associados aos argilominerais 2:1, especialmente quando na presença de argilas de alta atividade ($> 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Paralelamente, observou-se que a soma de bases esteve na faixa da classificação muito boa, com teor médio no perfil de 46,76 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Os teores de Ca^{2+} são muito altos, apresentando valores na ordem dos 34,79 a 49,59 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, indicação esta de predomínio da classe muito bom. Por sua vez, o Mg^{2+} também se comporta alto, entre 3,15 a 4,69 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, encontrando-se assim na faixa de classificação muito bom.

O potássio (K) mostra-se muito baixo, com teores entre 8 e 33 mg dm^{-3} ao longo do perfil, e o fósforo (P) também registra-se muito baixo por encontrar-se na faixa de 0,0 a 2,0 mg dm^{-3} . Não foram registrados valores para a saturação por alumínio (m) bem como para Al^{3+} trocável. Contudo, foram observados altos valores de sódio, resultante do elevadíssimo PST (72,38 a 97,9%). Por sua vez, a acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) foi baixa (1,3 a 4,3 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

A matéria orgânica (MO) se apresenta com elevado teor neste perfil comparativamente aos demais. Portanto, seu comportamento registra um decréscimo gradual em função da profundidade. Ainda assim, à luz dos critérios estabelecidos pela CFSEMG (1999) esta se apresenta com teores altos, variando entre muito bom a bom (8,89 a 0,66 dag kg^{-1}) nos

horizontes superficiais e subsuperficiais, respectivamente. Em geral, é pertinente salientar que, o elevado teor de MO neste perfil 1 deve-se ao fato do maior aporte de serrapilheira, presença da vegetação e esterco de animais que por lá tem se observado durante a pastagem, bem como a sua localização na baixada.

A esta posição na topografia fazem-no com que os solos sejam receptáculo de matéria orgânica por adição proveniente do topo pelo escoamento superficial e deflação em áreas de pastagens e cultivo, favorecidas pela forma convexa da superfície na meia encosta, o que de certa forma lhe proporciona alto teor de MO em relação aos restantes perfis estudados.

Paralelamente, observam-se valores elevados no complexo sortivo (SB, T, V, m, PST e MO), pois, estes evidenciaram elevadas somas de base (SB), alta capacidade de troca catiônica (T), alta saturação por bases com média de 95,42%, permitindo, portanto, caracterizá-los em solos eutróficos em conformidade com Embrapa (2013).

Comportamento similar foi observado no perfil 2 P(2), em que seus valores de pH em água registram-se na faixa dos 6,17 - 7,09, indicando quimicamente acidez fraca a neutra e, em conformidade com a CFSEMG (1999).

De igual modo, observam-se altas somas de bases (SB), alta capacidade de troca catiônica (T), alta saturação por bases com valor médio de 92,72%, indicação esta de elevada fertilidade natural destes solos (eutrófico). A CTC (T) se apresentou elevada, com valores entre 27,15 e 30,32 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, indicação esta de uma classificação muito boa.

Vale salientar que, os teores de Ca^{2+} trocável em todo o perfil são consideráveis (22,13 a 25,21 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), legitimando assim uma classificação muito alta. Para Mg^{2+} os níveis de sua concentração (3,05 a 3,38 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) são elevados, o que lhe permite classificá-lo de muito alta. Contudo, os teores de P foram inexpressivos, com valores entre 0,0 a 0,9 mg dm^{-3} , conferindo-lhe a classe de muito baixa. Ressalte-se ainda que, a redução dos teores desse elemento, provavelmente esteja associada a menor riqueza na constituição mineralógica do material parental.

Os valores de índice de Saturação por Alumínio (m) para todos os horizontes deste perfil não foram detetados (0 %), fato que lhe confere neutralidade deste elemento na solução coloidal do solo e, por conseguinte, maior disponibilidade dos macronutrientes. Ao passo que, os valores de sódio são altíssimos, conferindo assim elevado PST (50,68 a 167,87%). Contudo, o potássio (K) apresenta-se baixo (10 a 53 mg dm^{-3}). Por sua vez, a MO registra considerável redução do seu teor, variando de médio (2,9 dag kg^{-1}) no horizonte superficial e muito baixo (0,53 a 0,26 dag kg^{-1}) para os restantes horizontes subsuperficiais. Esta situação é uma indicação de pobreza em termos do seu aporte.

O perfil 3 registra valores de pH em água entre 6,17 e 7,32 permitindo classificá-lo em acidez fraca a neutra, pois, Oliveira et al., (1979) consideram que, sob pH entre 6 a 7 todo o Al^{3+} do solo é neutralizado, permitindo deste modo maior disponibilidade de nutrientes na solução coloidal do solo e, por conseguinte, maior CTC.

Estudos desenvolvidos por Echart e Cavalli-Molina (2001) evidenciam que, um dos fatores que causam maiores problemas de toxicidade em solos com pH abaixo de 5,0 é a elevada concentração de alumínio (Al^{3+}) disponível, constituindo um fator limitante ao crescimento das plantas. A presença do Al^{3+} reduz o crescimento e o desenvolvimento das raízes e diminui a absorção de nutrientes, o que é desfavorável para o desenvolvimento das plantas. Isso afeta a

produção agrícola que, para obter altos rendimentos, necessita de substratos que possibilitem o desenvolvimento das raízes sem obstáculos químicos e/ou físicos.

Portanto, depreende-se que para todos os horizontes a acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) se apresenta muito baixo (1,5 a 4,1 $cmol_c\ kg^{-1}$), enquanto que os valores Al^{3+} não foram registrados (0). Os valores de atividade da fração argila (AA) foram superiores a 27 $cmol_c\ kg^{-1}$ de argila, caracterizando assim, argila de atividade alta (Ta). A soma de bases (SB) se apresenta alta para todos os horizontes (12,87 a 30,97) $cmol_c\ kg^{-1}$. Por seu turno, os valores de saturação por bases estão entre 87,1 a 94,4%, fato que assegura o carácter eutrófico destes solos.

Os resultados calculados para capacidade de troca catiônica (T) registram-se entre 35,57 a 13,57 $cmol_c\ kg^{-1}$, os quais, de acordo com CFSEMG (1999) encontram-se na faixa de classificação muito bom a baixo. Com relação a Ca^{2+} , apresentara-se de 11,60 a 27,49 $cmol_c\ dm^{-3}$, representando assim, na sua generalidade teores muito altos. Por seu turno, o Mg^{2+} esteve na ordem dos 1,26 a 3,45 $cmol_c\ dm^{-3}$, indicando a classificação muito bom.

O potássio (K) evidencia valores muito elevados, pois sua média foi em torno de 0,9 a 11 $cmol_c\ dm^{-3}$, justificando assim a classificação de muito alto. O fósforo disponível (P) comporta-se em níveis muito baixos (0,0 a 0,9 $mg\ dm^{-3}$). Entretanto, a PST foi elevadíssimo (34,29 a 301,4%). Ao passo que, os valores de saturação por alumínio (m) bem como o Al^{3+} trocável não foram registrados (0).

Quanto a M.O esta evidencia um acentuado decréscimo em função da profundidade. Nos primeiros dois horizontes superiores Av e Bt1v seus teores variaram de bom (4,28 $dag\ kg^{-1}$) a médio (2,11 $dag\ kg^{-1}$) respectivamente, enquanto que nos demais horizontes subsuperficiais na sua generalidade se apresentam com valores inferiores a 0,70 $dag\ kg^{-1}$, justificando deste modo, níveis muito baixos. De modo geral, o perfil evidencia teor médio de M.O (1,64 $dag\ kg^{-1}$) categorizando-o de baixo.

O perfil 4 apresenta-se com pH em água em torno de 6,13 a 6,6, classificando-se em acidez fraca. Já o pH em KCl está na faixa dos 4,65 a 5,41. Por sua vez, a soma de bases mostra-se elevada, tendo apresentado valores de 11,62 a 12,00 $cmol_c\ dm^{-3}$, classificando-se deste modo em muito bom. A Capacidade de Troca Catiônica (T) está entre 13,7 a 15,72 $cmol_c\ dm^{-3}$, o que confere uma classificação de bom. Dada a elevada saturação por bases (73,9 a 80,6%) imputa-se ao perfil o carácter eutrófico.

A disponibilidade de Ca^{2+} apresenta-se na faixa de 9,47 a 10,23 $cmol_c\ dm^{-3}$, enquanto que o Mg^{2+} esteve entre 1,5 a 1,89 $cmol_c\ dm^{-3}$, valores esses que conferem-sê-lhe a classificação de muito bom. O potássio (K), também se evidencia com valores elevados (62 a 106 $mg\ dm^{-3}$), justificando a isso a classificação de muito bom. Por sua vez, o fósforo disponível (P) se comporta muito baixo (0,6 a 1,3) em relação aos teores de argila no solo, pois na sua generalidade foram $\leq 2,7\ mg\ dm^{-3}$.

Quanto ao sódio Na^+ e PST, os valores foram nulos (0). Ao passo que a condutividade elétrica extrato de saturação, mostram-se com baixíssimos teores ($< 1\ dS/m$), não legitimando, portanto, o carácter sódico, salino, sálico e nem tampouco solódico. A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) está na faixa de classificação médio em virtude de apresentar valores entre 1,7 a 4,1 $cmol_c\ dm^{-3}$. Por sua vez, não foram registrados valores (0) para acidez trocável (Al^{3+}) e índice de saturação por alumínio (m). Finalmente, a MO mostra-se uma variação gradual em função da profundidade, apresentando, deste modo, valores classificados de baixo (1,19 $dag\ kg^{-1}$) a muito baixo (0,40 $dag\ kg^{-1}$), respectivamente.

Para o Perfil 5, embora com pH em água variando entre acidez média (5,75) e acidez fraca (6,87), o mesmo se apresenta com elevada soma de bases (9,11 a 26,08 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Todavia, em virtude de seus valores serem $> 6,00 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$, confere-se-lhe a classificação de muito bom ao abrigo da CFSEMG (1999).

Relativamente a Capacidade de Troca de Cátions denota-se inclusive, elevada atividade do complexo coloidal desses solos, face o registro de valores que legitimaram a classificação de bom a muito bom (11,21 a 27,82 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Quanto à saturação por bases os valores estão entre 76,9 e 93,9%, qualificando-o de eutrófico.

O Ca^{2+} apresenta-se na classificação de muito bom (7,65 a 20,04 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$). Os valores de Mg^{2+} também são muito bons, pois estão entre 1,56 a 6, e 1,38 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, justificando para tanto, a classificação de bom. Por sua vez, o potássio (K) evidencia-se também, elevado (13 a 30 mg dm^{-3}), conferindo assim, a classificação de muito bom e, muito baixo (0,1 a 1,3) para fósforo (P) tendo em conta o teor de argila do solo.

Sua acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) é baixa (1,7 a 3,3 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$), enquanto que, a acidez trocável (Al^{3+}) e índice de saturação por alumínio (m) não foram registrados (0). Os valores de sódio são altos, e, por conseguinte, elevadíssima PST (64,34 a 70,05%).

A MO comporta-se de forma quase que variável em profundidade do perfil, com valores oscilando de baixo (1,84 dag kg^{-1}) a muito baixo (0,26 dag/kg), respectivamente. Este perfil sê-nos apresenta com teores muito baixos 0,72 de M.O, em virtude de possuir uma média de 0,76 dag kg^{-1} .

O perfil 6 apresentou valores de pH na faixa de 7,35 a 7,83, espelhando deste modo, uma classificação química de alcalinidade fraca e, por conseguinte, maior disponibilidade de cátions básicos. Isto se evidencia de tal modo a partir de sua soma de bases (SB) cujos valores são bastante elevados, variando de 37,91 a 46,00 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, representando, portanto, a classificação de muito bom, pois, seus valores foram $> 6,00 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$ conforme a CFSEMG (1999). Por sua vez, a CTC (T) também mostra-se com altos valores (38,88 a 46,70 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) o que representa uma classificação muito boa.

De modo semelhante, a saturação por bases (V) registra valores muito próximos de 100%, caracterizando assim, solos de eutróficos (96,9 a 99,3%).

Portanto, Ca^{2+} foi quem mais contribuiu para os valores de saturação por bases (V), estando na faixa dos 35,96 a 44,19 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, valor considerado elevado e, por conseguinte, muito bom à luz da CFSEMG (1999).

O Mg^{2+} está entre 1,54 a 1,94 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, classificando-se na faixa de muito bom, em virtude dos valores terem sido superiores a 1,50 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Por sua vez, o potássio (K), apresenta valores muito elevados (5 a 12 mg dm^{-3}) justificando assim o predomínio de classe muito bom. Ao passo que o fósforo disponível (P) se apresenta na classe muito baixa (0,2 a 1,5 mg dm^{-1}), pois segundo a fonte anteriormente citada, considera que para valores $\leq 2,7 \text{ mg dm}^{-3}$ indica níveis muito baixos, em relação aos exigidos em função dos teores de argila.

Com relação à acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), mostra-se na faixa de muito baixo a baixo em virtude de seus valores terem estado entre 0,3 a 1,2 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, enquanto que, para os acidez trocável (Al^{3+}) e índice de saturação por alumínio (m) não foram registrados (0). No entanto, o sódio registra teor muito alto, assegurando assim a elevada PST (69,18 a 86,42%), o que interfere para a toxidez das plantas.

A MO decresce gradualmente em profundidade, apresentando-se com teores baixos (0,13 a 1,71 dag kg⁻¹), o que demonstra uma classificação baixa.

O Perfil 7 apresenta-se com valores de pH em água entre 6,32 - 7,47, indicando quimicamente uma acidez fraca a alcalinidade fraca, respectivamente. Portanto, evidenciam-se altas somas de base (17,38 a 29,41 cmol_c dm⁻³), pois para CFSEMG (1999) os valores de soma de bases > 6,00 cmol_c dm⁻³ são considerados de muito bom. Verifica-se, ainda, alta capacidade de troca catiônica (T), estando esta na faixa dos 21,98 a 29,41 cmol_c dm⁻³ o que permitiu estabelecer a classificação de muito bom, pois tais valores satisfazem os exigidos para esta classe (> 15,00 cmol_c dm⁻³).

A saturação por bases evidencia-se muito alta (91,02%), permitindo caracterizá-lo como eutrófico.

Os teores de Ca²⁺ trocável em todo o perfil são > 4,00 cmol_c dm⁻³, estando na faixa de 16,14 a 26,89 cmol_c dm⁻³, legitimando, portanto, a classe muito bom. A disponibilidade de Mg²⁺ entre 1,17 a 1,57 cmol_c dm⁻³ encaixa o solo nas classes bom a muito bom. Contudo, os teores de fósforo (P) são muito baixos (0,0 a 4,0 mg/dm⁻³). Por sua vez, o potássio (K) também se apresenta muito baixo a baixo, em virtude de se registrar com valores na ordem de 4 a 27 mg dm⁻³. Segundo a CFSEMG (1999) considera que para os valores de K ≤ a 15 mg/dm⁻³, consideram-se muito baixo.

Com relação à acidez potencial (H⁺ + Al³⁺), esta mostra-se na faixa de muito baixo a médio, em virtude de seus valores terem-se registado entre 0,7 a 4,6 cmol_c dm⁻³. Por seu turno, a acidez trocável (Al³⁺) e índice de saturação por alumínio (m) não foram registrados (0), enquanto que o PST registra teores muito elevados na ordem dos 63,23 a 308,73%, o que confere o carácter sódico ao perfil.

A matéria orgânica (MO) mostra com menor teor, variando de bom (4,61 dag kg⁻¹) no horizonte superficial AEg e médio a muito baixo (2,90 a 0,13 dag kg⁻¹), respectivamente, para os horizontes subsuperficiais. Se se comparar este perfil com o perfil 6, deduz-se que o primeiro (P6) possui baixos teores de MO. Não obstante, o teor elevado de MO no P7, deve-se essencialmente pelo fato da topografia em que o mesmo se insere, caracterizada por domínio em relevo plano, com declividade de 0 - 3%, pois, esta feição contribui menos para sua remoção pelos agentes externos durante o processo de transporte de sedimentos ao longo da vertente, facilitando deste modo sua deposição na área. Aliado a isso, o pedo-ambiente de má drenagem interfere no processo de lentidão da sua decomposição desta no sistema.

O perfil 8 está incluído na classe de pH bom, classificado quimicamente de acidez fraca (6,20 - 6,82). Por sua vez, a soma de bases mostra-se elevada, por apresentar-se em torno de 20,14 a 27,42 cmol_c dm⁻³, fato que se lhe confere a classificação de muito bom.

A capacidade de troca catiônica (T) registra-se na faixa dos 22,41 a 28,56 cmol_c dm⁻³, o que segundo a CFSEMG (1999) representa a classe bom. A saturação por bases (V) está entre (81,4 a 96,4%), legitimando assim elevada fertilidade natural destes solos.

Os teores de Ca²⁺ mostra-se na faixa ideal, de 14,32 a 20,17 cmol_c dm⁻³, indicando assim valores elevados e por conseguinte são classificados como muito bom. Entretanto, o Mg²⁺ está entre 5,74 a 7,22 cmol_c dm⁻³, imputando ao solo a classificação de muito bom. Por sua vez, o potássio (K) apresenta-se com teor alto, pois seus valores estão em torno de 1 a 30 mg dm⁻³, justificando a classe de muito bom. O fósforo disponível (P) se mostra muito baixo variando de 0,4 mg dm⁻³ no horizonte superficial e 0,0 mg dm⁻³ ao longo dos horizontes subsuperficiais do perfil.

Com relação à acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), mostra-se muito baixa a médio (0,8 a 4,6 $cmol_c dm^{-3}$). Os valores de acidez trocável (Al^{3+}) e índice de saturação por alumínio (m) não foram registrados (0), enquanto que a PST é muito alto, com teores na ordem dos 19,8 a 84,86% conferindo deste modo o caráter sódico ao perfil. Finalmente, os teores de MO são relativamente baixos, porém, diminuem gradativamente em profundidade, variando assim de médio (2,63 $dag kg^{-1}$) horizonte superficial a muito baixo (0,13 a 0,92 $dag kg^{-1}$) nos horizontes subsuperficiais.

Os valores na faixa de 6,21 a 7,65, respectivamente, para as camadas superficial e subsuperficial, qualificam quimicamente o pH do perfil 9, conferindo, deste modo, uma acidez fraca e alcalinidade fraca. Para a soma de bases (SB) observam-se níveis elevados tanto em superfície (24,04 $cmol_c dm^{-3}$) quanto em subsuperfície (16,95 a 29,61 $cmol_c dm^{-3}$), conferindo a classificação muito bom.

Os valores de CTC (T) variam entre 28,64 e 27,06 $cmol_c dm^{-3}$ para as camadas superficial e subsuperficial, imputando ao solo a classe de muito bom. De modo semelhante, a saturação por bases (V) caracteriza-se por ser muito alta, variando de 83,9 a 94,9%, o que permite categorizá-lo em solo eutrófico.

O Ca^{2+} registra valores entre 15,41 a 28,12 $cmol_c dm^{-3}$, indicação esta de concentração muito alta e por conseguinte, uma classificação de muito bom. Ao passo que, o Mg^{2+} comportou-se com valores médios na ordem de 1,52 a 3,68 $cmol_c dm^{-3}$, permitindo assim classificá-lo de muito bom.

Quanto ao potássio (K), registra variação em todos os horizontes, com valores na ordem de 9 a 30 $mg dm^{-3}$, faixa classificada de muito baixo a baixo em conformidade com a CFSEMG (1999). Comportamento similar foi observado para fósforo disponível (P), pois, este se apresenta com níveis muito baixos (0 a 10 $mg dm^{-3}$), tendo em conta os teores de argila no solo, justificando a isso déficit deste elemento.

O potássio (K) apresenta-se com variação em todos os horizontes, estando na faixa de 9 a 30 $mg dm^{-3}$, valores estes classificados como muito baixo a baixo em conformidade com a CFSEMG (1999). Comportamento similar foi observado para fósforo disponível (P), pois, este se apresenta com níveis muito baixos (0 a 10 $mg dm^{-3}$), tendo em conta os teores de argila no solo, justificando a isso deficit deste elemento.

A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) variou na razão inversa da profundidade, tendo atingido valores em torno dos 1,2 a 4,6 $cmol_c dm^{-3}$, ao correspondente a classificação baixa, enquanto que os valores de acidez trocável (Al^{3+}) e o índice de saturação por alumínio (m) não foram registrados (0). A PST mostra-se elevada com teores variando de 11,09 a 274,93%, o que assegurou o caráter sódico.

Quanto a MO observa-se seu decréscimo gradual em profundidade, apresentando-se com valores entre 3,62 e 0,13 a 2,30 $dag kg^{-1}$ tanto para as camadas superficial quanto subsuperficiais, respectivamente, conferindo assim a classe média a baixa.

Por último, o perfil 10 apresentou-se na faixa ideal de pH em água. Portanto, seus valores observam-se na faixa 6,41 a 7,65, legitimando, quimicamente uma classificação de acidez fraca e, agronomicamente acidez alta, pois esta faixa é considerada adequada para a maioria das culturas. A saturação por bases (V) é elevada ao longo do perfil, tendo-se apresentado de 77,5% a 94,7%. Por sua vez, a soma de bases também mostra-se alta, com valores variando entre 10,77 a 19,25 $cmol_c dm^{-3}$, representando a classificação muito bom.

Os valores de CTC (T) estão na faixa de bom a muito bom (11,47 a 24,85 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Apesar disso, constata-se que o perfil possui uma atividade baixa da fração argila, pois seus valores (15,4 a 24,8) são $> 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila, salvo o horizonte superficial que se apresenta com $32,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Com relação à saturação por bases, este comporta-se com valor em torno de 77,5 a 94,7%, traduzindo-se, deste modo, o caráter eutrófico. O teor de Ca^{2+} está na faixa de muito bom, em virtude de se apresentar entre 10,06 a 17,96 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto que os valores de Mg^{2+} estão na faixa dos 0,40 a 0,89 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, representando, portanto, a classificação de médio. Por sua vez, o potássio (K) evidencia-se, também com valores muito bom, tendo sido o segundo elemento que mais contribuiu para a soma de bases bem como, a saturação por bases, com valores na ordem dos 38 a 155 mg dm^{-3} , o que permite integrá-lo na classificação de muito bom.

De modo semelhante, observa-se que a disponibilidade de fósforo (P) de acordo com o teor de argila do solo neste perfil foi maior que de quaisquer outros elementos, verificando-se um decréscimo com a profundidade. O horizonte superficial apresenta-se com 566,9 mg dm^{-3} ,

enquanto que, os horizontes subsuperficiais estiveram em torno dos 0,7 a 185,8 mg dm^{-3} . Ainda assim, seus valores estiveram na faixa de muito bom. A maior disponibilidade de fósforo (P) imputam-se provavelmente, à natureza e/ou composição mineralógica da rocha mãe, ou ao frequente uso de fertilizantes químicos por parte da comunidade durante a atividade agrícola.

Quanto à acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) mostra-se baixo (0,7 a 5,6 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Não obstante, para a acidez trocável (Al^{3+}) e o índice de saturação por alumínio (m) não foram observados nenhum valor (0). Ao passo que, a PST mostra-se muito baixo ($>15\%$).

Por fim, os teores de MO decrescem drasticamente em função da profundidade. Observa-se ainda que, o horizonte superficial foi o que mais apresenta aporte de matéria orgânica, resultante da serrapilheira advinda da floresta secundária predominantemente e, de restos de materiais vegetais provenientes do cultivo. Assim, seu teor apresenta-se bom na camada superficial (4,28 dag kg^{-1}) e, baixo nas camadas subsuperficiais (0,40 a 1,71 dag kg^{-1}).

Tabela 2- Atributos Químicos

COMPLEXO SORTIVO																		
Hor.	Prof.(cm)	pH (H2O)	pH (KCl)	ΔpH	P	K mg/dm ³	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺ cmol _c dm ⁻³	SB	T	AA cmol _c kg ⁻¹	V	m %	PST	MO dag kg
Perfil 1- VERTISSOLO HIDROMORFÍCO Sódico Típico, Ta eutrófico																		
Agv	00-17	6,32	5,1		2,0	33	39,9	46,59	4,15	0,00	4,3	50,82	55,12	88,4	92,2	0,00	72,38	8,89
BAGv	17-40	6,83	5,3		0,7	15	47,9	49,59	4,69	0,00	2,5	54,32	56,82	77,9	95,6	0,00	84,3	4,61
Bigv	40-70	7,26	5,6		0,7	8	52,9	48,21	4,10	0,00	1,7	52,33	54,03	73,7	96,9	0,00	97,9	2,63
Cg1	70-110	7,35	5,54		0,1	10	32,9	34,84	3,17	0,00	1,3	38,04	39,34	57,5	96,7	0,00	83,62	1,05
Cg2	110-150+	7,47	5,49		0,0	8	29,9	34,79	3,15	0,00	1,7	37,96	39,66	56,4	95,7	0,00	75,39	0,66
Perfil 2- PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Ta Eutrófico sódico, gleissólico																		
Aeg	00-20	6,17	4,94		0,9	53	14,9	22,13	3,03	0,00	4,1	25,30	29,40	65,7	86,1	0,00	50,68	2,90
Btg1	20-60	6,69	5,2		1,3	15	13,9	22,26	3,15	0,00	1,7	25,45	27,15	33,3	93,7	0,00	51,19	0,53
Btg2	60-98	7,08	5,3		1,2	12	15,9	22,97	3,26	0,00	1,5	26,26	27,76	36,4	94,6	0,00	57,27	0,40
Cg1	98-152	7,09	5,31		0,8	12	17,9	23,92	3,29	0,00	1,5	27,24	28,74	39,7	94,8	0,00	59,81	0,26
Cg2	152-213+	7,03	5,2		0,0	10	50,9	25,21	3,38	0,00	1,7	28,62	30,32	53,4	94,4	0,00	167,87	0,26
Perfil 3- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Ta Eutrófico sódico, vertissólico																		
Av	00-15	6,33	4,74		0,5	11	15,9	27,49	3,45	0,00	4,6	30,97	35,57	52,2	87,1	0,00	44,7	4,28
Bt1v	15-37	6,50	4,72		0,0	10	8,9	20,10	2,52	0,00	3,3	22,65	25,95	30,6	87,3	0,00	34,29	2,11
Bt2v	37-68	6,56	4,91		0,2	9	7,9	18,65	2,78	0,00	2,1	21,45	23,55	28,9	91,1	0,00	33,54	1,19
BCv	68-107	7,05	5,05		0,0	6	22,9	20,35	2,92	0,00	1,7	23,29	24,99	36,3	93,2	0,00	91,63	0,53
Cv	107- 165+	7,32	5,25		0,9	0,9	40,9	11,60	1,26	0,00	0,7	12,87	13,57	59,2	94,8	0,00	301,4	0,13
Perfil 4- CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico, conglomerático																		
A	00-20	6,13	4,65		0,9	75	0,0	9,54	1,89	0,00	4,1	11,62	15,72	25,0	73,9	0,00	0,0	1,19
Bi	20-41	6,19	4,85		1,3	62	0,0	9,47	1,64	0,00	2,6	11,27	13,87	26,4	81,3	0,00	0,0	0,79
1C	41-67	6,50	5,2		1,2	78	0,0	9,86	1,68	0,00	3,0	11,74	14,74	91,5	79,6	0,00	0,0	0,66
2C	67-95	6,60	5,41		0,6	106	0,0	10,23	1,50	0,00	1,7	12,00	13,70	24,1	87,6	0,00	0,0	0,40
Cr ⁽¹⁾	95-140+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perfil 5- LATOSSOLO AMARELO Ta Eutrocoeso sódico, textura argilosa																		
A11	00-14	5,89	4,25		1,3	30	0,0	7,65	1,38	0,00	2,1	9,11	11,21	26,6	81,3	0,00	0,0	1,84
A12	14-40	5,75	4,44		0,1	20	0,0	9,38	1,56	0,00	3,3	10,99	14,29	28,4	76,9	0,00	0,0	1,05
AB	40-76	5,90	4,72		0,1	13	10,9	11,17	2,06	0,00	2,3	13,26	15,56	25,5	85,2	0,00	70,05	0,26
Bw1	76-130	6,73	5,2		0,2	15	10,9	11,56	3,06	0,00	1,7	14,66	16,36	27,8	89,6	0,00	66,62	0,40
Bw2	130-170+	6,87	5,14		0,1	14	17,9	20,04	6,00	0,00	1,7	26,08	27,78	43,2	93,9	0,00	64,34	0,26

COMPLEXO SORTIVO

Hor.	Prof.(cm)	pH (H2O)	pH (KCl)	ΔpH	P	K	Na ⁺⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	AA	V	m	PST	MO
				mg/dm ³			cmol _c dm ⁻³						cmol _c kg ⁻¹		%		dag kg	
Perfil 6- GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico, carbonático																		
A	00-14	7,35	5,78		1,5	12	26,9	36,89	1,66	0,00	0,3	38,58	38,88	57,6	99,2	0,00	69,18	1,71
AC	14-40	7,66	5,99		0,4	9	32,9	39,40	1,54	0,00	0,3	40,96	41,26	54,8	99,3	0,00	79,73	0,92
CAG	40-70	7,76	6,06		0,2	9	37,9	44,19	1,79	0,00	0,7	46,00	46,70	63,1	98,5	0,00	81,15	0,66
Cg1	70-105	7,83	6,13		0,4	8	35,9	39,41	1,61	0,00	0,5	41,04	41,54	60,4	98,8	0,00	86,42	0,40
Cg2	105-141	7,83	5,96		0,4	5	31,9	38,57	1,80	0,00	0,8	40,38	41,18	61,0	98,1	0,00	77,46	0,40
Cg3	141-200+	7,78	5,82		0,3	5	32,9	35,96	1,94	0,00	1,2	37,91	39,11	56,6	96,9	0,00	84,12	0,13
Perfil 7- PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrocoeso típico, dúrico																		
A	00-10	6,22	4,6		2,4	27	13,9	16,14	1,17	0,00	4,6	17,38	21,98	62,9	79,1	0,00	63,23	4,61
Bt1	10-36	6,31	4,5		0,4	13	32,9	23,84	1,40	0,00	3,0	25,27	28,27	41,8	89,4	0,00	113,19	2,90
Bt2	36-60	6,78	5,08		0,1	14	67,9	25,48	1,57	0,00	2,0	29,09	29,09	43,8	93,1	0,00	233,41	1,19
BC	60-81	7,00	5,48		0,0	4	90,8	26,75	1,45	0,00	1,2	29,41	29,41	60,0	95,9	0,00	308,73	0,40
C	81-105+	7,62	5,77		0,3	7	59,9	26,89	1,44	0,00	0,7	29,05	29,05	61,8	97,6	0,00	267,29	0,13
Perfil 8- CAMBISSOLO FLUVICO Ta Eutrofico latossólico, sódico litopetroplíntico																		
Acf	00-15	6,20	4,5		0,4	30	4,9	14,32	5,74	0,00	4,6	20,14	24,74	51,1	81,4	0,00	19,8	2,63
ABcf	15-30	6,48	4,58		0,0	11	9,9	18,76	7,17	0,00	2,6	25,96	28,56	52,9	90,9	0,00	34,66	0,92
Bi	30-50	6,82	4,85		0,0	5	20,9	20,17	7,24	0,00	1,0	27,42	28,42	86,9	96,5	0,00	73,53	0,13
C	50-92	7,16	5,1		0,0	3	22,9	18,85	6,83	0,00	1,3	25,68	26,99	129,1	95,2	0,00	84,86	0,13
2C1	92-120+	7,30	5,1		0,0	1	11,9	16,03	5,58	0,00	0,8	21,61	22,41	183,6	96,4	0,00	53,1	0,13
Perfil 9- PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrófico típico, petroplíntico																		
AEqm	00-10	6,21	4,5		1,0	27	14,9	20,63	3,34	0,00	4,6	24,04	28,64	74,0	83,9	0,00	52,02	3,62
Bt1qm	10-20	6,34	4,67		0,5	24	15,9	19,63	3,27	0,00	3,3	23,10	26,40	60,8	87,5	0,00	68,83	2,30
Bt2qm	20-40	6,60	4,99		0,6	30	2,9	20,33	3,22	0,00	2,5	23,63	26,13	47,2	90,4	0,00	11,09	1,58
Bt3	40-67	7,25	5,55		0,0	22	13,9	25,87	3,68	0,00	1,7	29,61	31,31	45,9	94,6	0,00	44,39	0,92
C1	67-104	7,41	5,94		0,0	20	44,9	28,12	3,48	0,00	1,7	31,65	33,35	57,5	94,9	0,00	134,63	0,66
C2	104-150+	7,65	6,07		0,0	9	49,9	15,41	1,52	0,00	1,2	16,95	18,15	50,5	93,4	0,00	274,93	0,13
Perfil 10- LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Eutrocoeso típico, textura muito argilosa																		
A11	00-15	6,41	5,35		566,9	155	1,9	17,96	0,89	0,00	5,6	19,25	24,85	32,9	77,5	0,00	7,64	4,28
A12	15-40	6,58	5,4		185,8	83	0,0	14,98	0,52	0,00	3,5	15,71	19,21	24,8	81,8	0,00	0,0	1,71
AB	40-70	6,84	5,6		21,1	67	0,0	11,54	0,40	0,00	1,7	12,11	13,81	17,8	87,7	0,00	0,0	0,79
BA	70-93	7,02	5,76		13,0	43	0,0	13,57	0,47	0,00	1,3	14,15	15,45	20,1	91,6	0,00	0,0	0,53
Bw1	93-149	7,13	5,96		2,9	38	0,0	12,02	0,49	0,00	0,7	12,61	13,31	17,3	94,7	0,00	0,0	0,40
Bw2	149-205+	7,10	6,02		0,7	38	0,0	10,06	0,61	0,00	0,7	10,77	11,47	15,4	93,9	0,00	0,0	0,40

Classificação de Solos da Área estudada

Com bases nos dados da descrição morfológica em campo dos perfis e, de posse dos resultados analíticos físico-químicos de solos, foi efetuada a classificação dos solos em conformidade com o SiBCS (EMBRAPA, 2013).

O perfil 1 estudado foi classificado como Vertissolo Hidromórfico sódico típico Ta eutrófico. O mesmo, atendeu aos critérios de presença de horizonte vértico, caracterizado pela existência de superfícies de compressão em quantidade normal e presença de rachaduras com largura maior ou igual 1 cm. O horizonte vértico atendeu a espessura mínima necessária de 25 cm e, insuficiência na sua relação textural para caracterizar um B textural (Bt) o que conferiu ao 1º nível categórico. No 2º nível a presença de horizonte glei dentro dos primeiros 50 cm precedido por horizontes de cores acinzentadas garantiu a denominação hidromórfico.

A alta saturação por bases (>50%) ou seja, o carácter eutrófico, conferiu ao 3º nível taxonômico. O predomínio de alta atividade da argila e uma classe textural muito argilosa, em virtude de seus teores de argila ter sido superiores a 600 g kg^{-1} , valor mínimo exigido para essa classe de solo conferiu ao 4º nível. Por último, o $\text{PST} > 15\%$, legitimou o carácter sódico o que definiu ao 5º nível categórico.

Deste modo, este perfil corresponde ao Vertissolo, que segundo a FAO-WRB (2014) são solos com argila pesada com forte *turnover* dos materiais dos solos e alta proporção de argilas expansivas. Esses solos possuem profundas rachaduras tanto à superfície, quanto em profundidade quando secos e, expandem-se quando úmidos em algumas épocas do ano. O nome Vertisol (do latim, *vertere*, inverter ou virar) refere-se a constante movimentação interna do material do solo. Para EMBRAPA (2013), os vertissolos compreendem solos constituídos por material mineral apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil, nunca suficiente para caracterizar um horizonte B textural. Apresentam pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo, e fendas profundas na época seca e evidências de movimentação da massa do solo sob a forma de superfícies de fricção (*slickensides*). De acordo com a mesma fonte esses solos podem apresentar microrrelevo tipo gilgai e estruturas do tipo cuneiformes inclinadas e formando ângulo com a superfície horizontal. Estas características resultam da grande movimentação da massa do solo que se contrai e fendilha quando seca e se expande quando úmida. São de consistência muito plástica e muito pegajosa devido à presença comum de argilas expansíveis ou mistura destas com outros argilominerais.

Apesar de fértil, com bons teores de cálcio e magnésio, e baixos teores de fósforo e potássio, apresentam-se com problemas de ordem física, tais como: consistência muito plástica e muito pegajosa quando molhados, e muito duro a extremamente duro quando secos decorrentes de altos teores de argila, representando deste modo restrições ao uso de maquinarias motoras e implementos agrícolas, pois isto se constitui em grande dificuldade durante o trabalho.

Devido a sua textura muito argilosa, esta classe possui baixa capacidade de infiltração de água bem como deficiência nas trocas gasosas devido à má aeração e drenagem, o que é uma limitação ao crescimento e desenvolvimento eficiente do sistema radicular das plantas, em particular as espécies arbóreas. Por outro lado, a relação $100\text{Na}^+/\text{T}$ está a 84,3%, o que de acordo com a CFSEMG (1999); Embrapa (2011) e Embrapa (2013) representa uma faixa alta por ser >15% representando, o carácter sódico e, por conseguinte, um fator limitante.

A esse respeito, Amorim et al., (2002) referem que, para além de afetar a disponibilidade dos macronutrientes, a presença de Na^+ no solo em concentrações acima dos recomendados, constitui um fator que interfere negativamente na produção agrícola, pois, seu excesso interfere no potencial osmótico da solução do solo, dificultando, portanto, a absorção de água pela planta e, consequentemente, desbalanço nutricional o que afeta o desenvolvimento das culturas.

O perfil 2 foi classificado como Plintossolo Argilúvico Ta Eutrófico sódico gleissólico que são solos que apresentam materiais minerais endurecidos tais como: plintita, petroplintita e pisólitos, designados também, por solos lateríticos.

A plintita é um material enriquecido em ferro (Fe) ou manganês (Mn), empobrecidos de argilas ou presença elevada de gibbsita resultante do intemperismo. Por sua vez, a petroplintita é uma concreção resultante do endurecimento irreversível da plintita. Esta, contém quartzo e outros constituintes que migram irreversivelmente nas camadas expressando-se com nódulos endurecidos, duripã ou agregados irregulares expostos a contínuo ciclo de umedecimento e secagem. Ao passo que o pisolito corresponde a grãos arredondados constituídos por nódulos fortemente endurecidos e cimentados desenvolvidos a partir da plintita.

Assim, no 1º nível categórico pesou a presença de horizonte plíntico na secção de controle que define a classe, com cores pálidas e variegadas exigidos para esta classe de solos. Foi inserido ao 2º nível pelo fato de ter apresentado o carácter argilúvico, que se caracteriza pela concentração de argila no horizonte B, porém não suficiente para identificar um horizonte B textural, B plânico ou B espódico. Este carácter é expresso por gradiente textural (B/A) igual ou maior que 1,4 (EMBRAPA, 2013).

A alta saturação por bases (>50%) aliado a alta atividade da argila definiu o carácter eutrófico no 3º nível taxonômico. Apesar destes atributos, o perfil evidenciou o carácter sódico, pois, a PST é 47,9 %, demonstrando, portanto, uma concentração de sódio (Na^+) muito elevada.

Foi diagnosticado horizonte glei insuficiente para classificação como Gleissolo, levando-o para o 4º nível categórico. Apesar disso, apresentou rachaduras, indicando o carácter retrátil de seus horizontes, porém insuficiente para ser considerado e/ou classificado de Vertissolo. Além disso, verificou-se, portanto o predomínio de argila de atividade alta em todo o perfil, requisitos estes exigidos para esta classe de solo.

Os Plintossolos são agrupamentos de solos de expressiva plintização com ou sem formação de petroplintita. O critério para a sua identificação é a preponderância e profundidade de ocorrência da plintita, definindo horizonte diagnóstico subsuperficial como plíntico, concrecionário ou litoplíntico (KER et al., 2012).

O perfil 3 classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Ta Eutrófico sódico vertissólico, que são solos com maior conteúdo de argila no horizonte subsuperficial, em relação ao toposolo (horizonte superficial) resultante de processos pedogenéticos (especialmente a migração de argila) conduzindo a um horizonte argiloso (B textural). Estes solos foram classificados no 1º nível pelo fato de apresentar horizonte Bt com teores de argila superiores ao valor requerido (813 g kg^{-1} de solo) para esta classe. Paralelamente, observou a espessura de que atende ao mínimo exigido de 100 cm da superfície do solo, estando localizado acima de horizonte C, além de apresentar ainda, coloração vermelha e amarelada legítima para essa ordem e subordem de solo. No 2º nível categórico levou-se em consideração o predomínio de argila de alta atividade, e no 3º a elevada saturação por bases (90,7 %), caracterizando o solo como eutrófico e, no 4º o alto teor de sódio, indicado pela PST igual a 33,55% assegurou, pelo carácter sódico e, por último, vertissólico no 5º nível por apresentar em algumas seções do perfil fendilhamentos resultante

do carácter retractil das argilas decorrentes da sua alta atividade ($\geq 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), embora, não tenha atendido a todos os requisitos para a classificação como Vertissolo.

Segundo Ker et al., (2012) os Argissolos são grupamentos de solos com B textural, com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou carácter alítico. O critério para sua identificação é o desenvolvimento (expressão) de horizonte diagnóstico B textural em vinculação com atributos que evidenciam a baixa atividade da fração argila ou o carácter alítico. Por sua vez, EMBRAPA (2013) afirma que os Argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou carácter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda os seguintes requisitos:

- a) Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolo;
- b) Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolo.

O Perfil 4 foi classificado por Cambissolo Háplico Ta Eutrófico léptico, conglomerático. Para tanto, foi assim classificado ao 1º nível por atender os critérios de presença de horizonte Bi, em virtude de ter se observado horizonte subsuperficial, subjacente ao AB, que sofreu alteração física e química em grau não muito avançado, porém suficiente para o desenvolvimento de cor ou de unidades estruturais, e no qual mais da metade do volume de todos os sub-horizontes não constituíram em estrutura da rocha original.

Entretanto, atendeu a espessura mínima requerida, apresentou a dominância da cor avermelhada e mosqueados. Foi definido no 2º nível pelo fato do seu carácter háplico, significando a isso, o mais simples em virtude de representar outros solos que não se enquadram nas classes anteriores. Comportou-se ainda, com teores de argila de 161 g kg^{-1} de solo, valor estes mínimos exigidos para essa classe de solo. De igual modo, foi observada predominância de argila de atividade alta e, elevada saturação por bases ($>50\%$) atendendo assim os critérios estabelecidos para esta classe de solo para o 3º nível em conformidade com EMBRAPA (2013). Por sua vez, a presença de rochosidade (blocos conglomeráticos) e endo e epipedregosidade garantiu a denominação léptico e conglomerático que incluíram-se no 4º e 5º nível respectivamente.

Nas partes mais íngremes do relevo (montanhoso e forte ondulado) afloram à superfície do solo rochas de dimensões variadas, incluindo cascalho, calhaus, matacão e até grandes blocos de conglomerados, em quantidade elevada, fator que associado ao maior pendor da vertente impedem ou dificultam o uso agrícola do solo, fato que por excelência propicia a destinação da área para preservação da fauna e flora. De igual modo, o horizonte C é formado por sedimentos mais grosseiros, compostos por nódulos concrecionários de ferro e seixos de quartzo arredondados. Por outro lado, o mesmo perfil apresentou o horizonte Cr, fato que não permitiu sua coleta devido à extrema dureza.

O perfil 5 foi classificado como Latossolos Amarelo Tb Eutrocoeso sódico, textura argilosa atendendo aos critérios de presença de horizonte B latossólico, caracterizado essencialmente pelo avançado estágio de intemperização, textura fina e baixos teores de silte, pouca cerosidade. O horizonte Bw atendeu a espessura mínima exigida de 50 cm para esta classe de solo o que permitiu definir ao 1º nível. Por sua vez, a cloração amarelada fez com que o levasse ao 2º nível, e no 3º nível baseou-se no fato de apresentar atividade baixa da fração argila $< 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, alta saturação por bases bem como carácter coeso dos seus horizontes. O carácter sódico ($\text{PST} > 15\%$) incluiu no 4º nível categórico pelo fato do solo não possuir características extraordinárias ou intermediárias em relação a outras classes. Já no 4º nível O alto teor de argila, superior a 300 g kg^{-1} de solo assegurou o carácter argiloso no 5º nível.

Esta unidade de solos encontra-se distribuída nas áreas de topo plano e terço médio de encostas com relevo plano a suave ondulado e, reúnem melhores características físicas para uso intensivo, sendo constituídos por material mineral com horizonte B latossólico (Bw), imediatamente abaixo de horizonte A moderado. Portanto, são solos bastante profundos e permeáveis, que apresentam características químicas que refletem os intensos processos pedogenéticos e geomorfológicos por que passou o material de origem desses solos (Embrapa, 2013).

O perfil 6 foi classificado como Gleissolo Háplico Ta Eutrófico sódico, carbonático (GXvek), satisfazendo aos critérios de presença de horizonte glei dentro de 50 cm, resultante de processos de gleização, comum em ambiente de acumulação de água; as cores corresponderam ao previsto para ambientes de redução conferindo-o assim no 1º nível categórico. Por sua vez, o fato de não se enquadrar em outros solos das classes anteriores (como não foram satisfeitos os critérios para Gleissolos Tiomórficos, presença de horizonte sulfúrico ou materiais sulfídricos dentro dos 100 cm a partir da superfície), Sálidos ($CE > 7 \text{ dS m}^{-1}$ a 25°C) em um ou mais horizontes dentro dos 100 cm a partir da superfície, ou Melânicos (pois o horizonte hístico tem menos que 20 cm de espessura) foi classificado na subordem como Háplico legitimando-o ao 2º nível e, no 3º a atividade alta da fração argila e elevada saturação por bases $> 50\%$ (eutrófico) respectivamente, ambas na maior parte dos horizontes C dentro dos 100 cm a partir da superfície do solo. Entretanto, o caráter sódico ($PST > 79,73$) legitimaram ao 4º nível categórico. Por último, a presença de nódulos carbonáticos em algumas secções de controlo do perfil definiu o 5º nível em virtude de não apresentar características intermediárias em relação a outras classes.

Para Embrapa (2013), os Gleissolos são solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 50 cm da superfície do solo ou a profundidades entre 50 cm e 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Não apresenta horizonte vértico ou B plânico acima ou coincidente com horizonte glei, tampouco qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei ou textura exclusivamente areia ou areia fina em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico. Horizonte plântico, se presente, deve estar à profundidade superior a 200 cm da superfície do solo. Para Ker et al., (2012).

O perfil 7 foi classificado em Planossolo Nátrico Ta Eutrocoeso típico dúrico. No 1º nível Planossolo por possuir horizonte plânico e, no 2º nível como Nátrico em virtude do caráter sódico ($PST > 15\%$). A alta saturação por bases (91,02%) aliadas a predominância de horizontes pedogenéticos subsuperficiais adensados, muito resistentes à penetração de faca ou martelo pedológico, com consistência variando entre muito duros a extremamente duros e, friáveis ou firmes quando úmidos conferiu assim o caráter eutrocoeso, e por conseguinte, sua integração ao 3º nível categórico em conformidade com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo. Por sua vez, o caráter dúrico levou-o ao 4º nível, pois, seus solos apresentaram cimentação forte em diversos horizontes dentro da seção de controle que define a classe, provavelmente, incluindo-se solos com presença de duripã, e outros horizontes com cimentação forte que não se enquadrem na definição de horizontes litoplânticos, concrecionário e petrocálcico.

Os Planossolos Compreendem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela

formação de lençol d'água sobreposto (suspenso), de existência periódica e presença variável durante o ano (Embrapa, 2013).

Por sua vez, o Perfil 8 foi classificado como Cambissolo Flúvico Ta Eutrófico latossólico, sódico lítopetroplântico, satisfazendo aos critérios de presença de horizonte B incipiente (Bi), pois este observou horizonte subsuperficial, subjacente ao ABcf, que sofreu alteração física-química em grau não muito avançado de intemperismo e apresentou a dominância da cor avermelhada e mosqueados. Entretanto, o horizonte Bi atendeu a espessura mínima necessária de 10 cm, integrando no 1º nível. Foi definido no 2º nível pelo fato do seu caráter flúvico pois, apresentou forte influência de sedimentos de natureza aluvionar e variações irregulares (erráticas) de granulometria em profundidade.

Foi possível ainda, constatar a predominância de argila de atividade alta e, elevada saturação por bases (>50%) atendendo assim os critérios estabelecidos para esta classe de solo para o 3º nível. Por sua vez, observou-se um intenso estágio de intemperismo em um dos horizontes subsuperficiais, associado a PST>15% conferiu deste modo o 4º nível o caráter sódico. Observou-se inclusivamente a presença de material mineral extremamente resistentes subjacentes ao solo (materiais constituídos por rochas duras e fracamente alteradas, bem como concreções) cuja consistência foi de tal ordem que tornou a escavação impraticável mesmo com a pá reta e enxada, fato que impede sobremaneira o livre crescimento do sistema radicular e a circulação da água definindo assim o 5º nível categórico.

O perfil 9 foi classificado como Planossolo Nátrico Ta eutrófico típico, petroplântico (SXve), satisfazendo aos requisitos quanto à presença de Bt, e apresentação de uma transição abrupta, prevista para tal classificação integrando-o no 1º nível categórico. Como apresentou caráter Sódico para Planossolos Nátricos foi classificado no 2º nível como Nátrico. A atividade alta da argila e, alta saturação por bases (>50%) incluiu no 3º nível categórico e, típico no 4º nível categórico, seguindo-se o caráter petroplântico no 5º nível atendendo assim, a existência de nódulos e concreções ferruginosas esferoidais e alongadas.

Para FAO-UNESCO (1977), os *Solonetz* também designados por planossolos são solos com horizonte subsuperficial argiloso, adensados e fortemente estruturados. Tem alta proporção de íons de Sódio (Na) e Magnésio (Mg) adsorvidos no complexo sortivo. Os *Solonetz* (Planossolos) que contém soda livre (Na_2CO_3) são fortemente alcalinos ($\text{pH}>8.5$). Internacionalmente, as designações frequentes que estes solos tomam, são: solos alcalinos e solos sódicos. Na Austrália ele corresponde o nível da subordem de *Sodosols*, *Solonetzic order* (Canada), *Solonetz types* (Federação Russa) e, *natric Great Groups of several Orders* (United States of America).

Na mesma perspectiva, juntam-se a isso, a baixa aeração e, má e/ou moderada drenagem em períodos de inundação. Paralelamente, do ponto vista químico, a elevada concentração de teores de Na^+ constitui uma grande limitação destes.

Apesar das restrições acima apresentadas, possui caráter eutrófico. Porém, é pertinente considerar que, o fato de serem eutróficos não propicia-lhe elevada fertilidade química natural, em virtude como já se referiu a presença de PST>15%.

Fisicamente, caracterizam-se por boa profundidade efetiva, são bem drenados, permeáveis, de elevada fiabilidade, e uma classe textural que varia de argilosa a muito argilosa evidenciando assim, maior coesão dos seus horizontes em decorrência de uma consistência dura a muito dura quando seco, muito plástica e pegajosa quando úmido.

O perfil 10 foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Tb Eutrocoeso típico, textura muito argilosa atendendo os critérios de presença de horizonte B latossólico (Bw), caracterizado essencialmente pelo avançado estágio de intemperização, textura fina e baixos teores de silte, pouca cerosidade. Paralelamente, o horizonte Bw atendeu a espessura mínima exigida de 50 cm para esta classe de solo o que permitiu definir ao 1º nível. Por sua vez, a cloração predominantemente vermelha amarelada fez com que integrasse ao 2º nível, e Tb Eutrocoeso no 3º nível pela atividade baixa da fração argila $< 27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, e alta saturação por bases ($> 50\%$) e, concomitantemente, ao caráter coeso dos seus horizontes.

O caráter típico incluiu no 4º nível categórico pelo fato do solo não possuir características extraordinárias ou intermediárias em relação a outras classes. Finalmente, o alto teor de argila, superior a 600 g kg^{-1} de solo assegurou o caráter textura muito argilosa no 5º nível, valor este exigido para esta classe de solo em conformidade com EMBRAPA (2013).

Embora a maior parte da literatura apresente que os latossolos na sua generalidade sejam solos quimicamente pobres, constata-se que, os resultados da pesquisa evidenciaram que para todas as classes de Latossolos estudados mostraram-se com elevadas somas de bases, maior CTC, elevada saturação por bases ($> 50\%$) em todos horizontes, adequado pH (bom), acidez potencial ($\text{H}^{3+} + \text{Al}^{3+}$) e trocável (Al^{3+}) variando de muito baixo a nulos o que de certa forma influencia para a maior disponibilidade dos nutrientes e, por conseguinte, alta fertilidade natural.

Fertilidade e correção dos solos afetados por sodicidade

Tratar de aspectos relacionados com a fertilidade de solos afetados por sais é relativamente delicado, visto que os sais contêm teores elevados da maioria dos elementos químicos que se encontram em pequenas concentrações nos solos em geral, chegando a ser considerados limitantes ao crescimento e desenvolvimento das plantas (Kelley, 1951; Richards, 1954; Bernstein, 1974; Ferreira et al., 2001). Segundo esses autores, os sais em excesso prejudicam o crescimento das plantas não só pelos efeitos diretos sobre o potencial osmótico da solução do solo e pelos íons potencialmente tóxicos presentes em elevadas concentrações, mas também pela degradação de algumas propriedades físicas dos mesmos, reduzindo a infiltração da água, trocas gasosas, crescimento de raízes e, com isso dificultando o crescimento das plantas.

Os processos de acumulação de sais em solos são decorrentes por lado da riqueza do material de origem, além das condições ambientais reinantes, principalmente no que se refere ao clima e relevo. A salinização torna-se bastante pronunciada em locais de clima árido e semiárido, onde a precipitação pluvial é reduzida e mal distribuída e a elevada taxa de evapotranspiração propicia um déficit hídrico durante quase todo o ano, não permitindo a lixiviação dos sais do perfil do solo. Problemas de drenagem promovidos pelo relevo plano ou algum impedimento subsuperficial também contribuem para a acumulação de sais (FREIRE e FREIRE, 2007).

As áreas afetadas pela sodicidade na região de estudo correspondem, em sua maioria, a solos de boa fertilidade natural, localizadas nas proximidades de mananciais de águas, com facilidade de acesso a irrigação e, portanto, com boa aptidão agrícola, sendo bastante representativas para a economia local. Entretanto, tornam-se subutilizadas pelas limitações ao crescimento vegetal, pelas elevadas concentrações salinas na solução do solo resultantes do uso intensivo de fertilizantes químicos (foto 1 a 4), e pelas condições físicas que dificultam a circulação de água e ar no perfil resultante da coesão, adensamento dos horizontes.

Outra característica de capital relevância encontrada na gênese dos solos da área em estudo é a presença de camadas de impedimento, limitando a drenagem profunda do perfil dos solos e, portanto, tornando-os propensos à salinização, pois alguns perfis estudados a exemplo dos solonetz são caracterizados em profundidade pela presença de duripans e, ou horizontes plínticos, maciços para o cambisol eutric haplic 2, e de consistência firme a muito firme para os ferralsols.

Os solos da área de estudo fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio Maue, submetidos a um clima temperado, com precipitação média anual de 954,2 mm, temperatura média anual de 19,14 °C e evapotranspiração potencial anual de 1494 mm, o que representa um déficit hídrico de 539,8 mm, caracterizando deste modo um balanço hídrico negativo. Vale lembrar ainda que, este comportamento climático torna também os solos da área estudada propenso à salinização.

Freire e Freire (2007) citam que o comportamento dispersivo dos colóides em presença de Na em termos das propriedades físicas dos solos merece ser mais bem compreendido. O Na é um cátion que promove a expansão da dupla camada difusa e, conseqüentemente, acarreta a dispersão dos colóides do solo, seguida de sua movimentação ao longo do perfil do solo. Uma vez dispersos e em movimento, os colóides podem obstruir os poros, o que interfere sobre as propriedades físicas (condutividade hidráulica, infiltração, aeração) e, desta forma, sobre a capacidade produtiva dos solos. De acordo com os autores, altos valores de PST influenciam negativamente as propriedades físicas dos solos, sobretudo quanto à estrutura, condutividade hidráulica e infiltração da água.

Os autores anteriormente referenciados, citam que, quando o controle de salinidade e sodicidade não é efetivo, a degradação deverá ser revertida por meio da correção dos excessos de sais solúveis e de Na trocável em particular. Esta correção, geralmente, é bastante onerosa e nem sempre atinge os objetivos almejados, pelas dificuldades de incorporação dos corretivos em solos com problemas físicos. Portanto, técnicas de recuperação de solos com sais em excesso são de grande importância, à medida que possibilitam o seu retorno ao processo de produção. Contudo, para que a questão seja realmente solucionada, é preciso que os sais sejam removidos do solo e subsolo para a profundidade bem abaixo da zona de penetração das raízes das culturas e haja uma prevenção ao retorno dos sais à camada de solos cultivados.

A correção e o manejo de solos afetados por sais vão depender do tipo de problema ao qual estão associados, em termos de sais solúveis e Na trocável. Quando o solo é apenas salino, a correção limita-se à lixiviação dos sais associada a um sistema de drenagem adequada que propicie a retirada dos sais em excesso do perfil do solo, ou seja, uma redução nos teores de sais na solução do solo.

Bernstein (1974) citado por Freire e Freire (2007), admoesta que para manter os níveis de sais solúveis do solo em uma faixa tolerável, ou mesmo para retirar seu excesso, é utilizada uma lâmina adicional de água, além do uso consultivo da cultura, para promover a retirada destes sais do perfil do solo, a chamada lâmina de lixiviação. Entretanto, para que esta prática obtenha sucesso, faz-se necessária a existência de um sistema de drenagem eficiente, natural ou artificial. Como essa remoção de sais é efetivada por lixiviação, a drenagem interna do solo torna-se extremamente importante para a dessalinização e para o controle da salinidade.

Richards (1954) considera que no cálculo da lâmina de irrigação sobre uma área salina por corrigir, devem ser observados os teores de sais na água de irrigação, os teores tolerados pela cultura e o consumo de água pela planta. Segundo o autor, no caso de os teores de Na trocável estarem elevados (solos sódicos), faz-se necessária a substituição deste por outro cátion, sendo

o Ca o mais utilizado. A correção baseia-se no fornecimento de um sal de Ca ao solo para que este possibilite a saída do Na do complexo de troca, que será lixiviado com uma lâmina de irrigação excedente. Assim, é necessário o uso de um corretivo químico associado a uma lâmina de lixiviação e de um sistema de drenagem para a retirada do Na do perfil do solo.

Na mesma perspectiva, Seatz & Peterson (1967) afirmam que vários corretivos têm sido testados para reduzir o teor de Na trocável em solos sódicos e sua escolha vai depender das características do solo a ser corrigido, bem como da disponibilidade e do custo dos materiais. Para Prather et al., (1978) o gesso é o corretivo mais utilizado pelo seu baixo custo. Contudo, pela reduzida solubilidade, requer mais tempo e quantidade de água do que outros corretivos.

A aplicação do gesso é efetiva na substituição de Na por Ca, sendo caracterizada por dois tipos de reações químicas: (1) íons Ca substituem o Na trocável, convertendo argila-Na em argila-Ca, e (2) o gesso tende a reagir com Na_2CO_3 , originando o CaCO_3 e o Na_2SO_4 , que será lixiviado, obtendo-se, assim, a diminuição dos teores de Na do solo (Kelley, 1951). Neste contexto, o autor considera que podem ser utilizados também o S, ácido sulfúrico, sulfato de Fe ou cloreto de Ca. A efetividade do S depende de sua oxidação e da presença de compostos de Ca no solo, para que haja a substituição do Na trocável pelo Ca. Caso não ocorra a presença deste, o Na poderá ser substituído por H^+ .

Os corretivos devem ser espalhados a lanço e incorporados. A incorporação é especialmente importante quando se usa S, devendo-se ter o cuidado de propiciar rápida oxidação à forma de sulfato. Os solos sódicos devem ser lixiviados após a aplicação dos corretivos, uma vez que a água aplicada dissolve e transporta o corretivo verticalmente, removendo os sais de Na solúveis que se formam após a troca de cátions. Quando o corretivo utilizado é o S, a lixiviação só deve ocorrer de 30 a 60 dias após a aplicação, tempo necessário para que haja oxidação e formação de sulfato de Ca que deslocará o Na do complexo de troca. No entanto, no caso deste corretivo, o solo deve ser umedecido após a aplicação para que o processo de oxidação microbiana seja rapidamente promovido (FREIRE & FREIRE, 2007).

Condicionadores orgânicos (esterco de curral, casca de arroz e vinhaça) também podem contribuir na redução da PST, possivelmente em virtude da liberação de CO_2 e ácidos orgânicos, durante a decomposição da matéria orgânica, quando submetida às condições de lixiviação, além de atuarem como fontes de Ca e Mg, em detrimento de Na (Ibid. 2007).

Evidências destas práticas foram reportadas por Gomes et al., (2000), em que, avaliando a possibilidade de uso desses produtos na recuperação de solos salino-sódicos, relataram reduções na PST, nas camadas de 0 - 20 e 20 - 40 cm de profundidade do solo, com destaque para a camada mais superficial, onde ocorreram diminuições de 48,5 para 14%, no tratamento com esterco de curral; de 46 para 29%, no tratamento com casca de arroz, e de 25 para 17,7%, no tratamento com gesso. Segundo esses autores, no cultivo de arroz sob inundação, a salinidade (CEes), a percentagem de sódio trocável (PST) e o pH do solo tendem a diminuir com o tempo, principalmente na camada superficial (0-20 cm), independente-mente do emprego dos condicionadores químicos ou orgânicos. Os menores valores de PST no solo foram obtidos com o uso de gesso, enquanto os menores valores de salinidade (CEes) no solo foram alcançados com a utilização da vinhaça.

A utilização de plantas fitorremediadoras a exemplo de erva sal (*Atiplex numulária*), algaroba (*Prosopis juliflora*) é uma técnica promissora em virtude destas espécies possuírem capacidade de reduzir a salinidade e sodicidade do solo.

Sempre que necessário, quimicamente, nas amostras de água devem ser determinados: condutividade elétrica (dS m^{-1} a 25°C), sólidos solúveis totais (mg L^{-1}), concentração de cátions Na, Ca, Mg e K, ânions Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} e HCO_3^{2-} (mg L^{-1}). Tais análises permitem monitorar a qualidade da água para irrigação em diferentes épocas do ano, o que poderá sugerir técnica adequadas de manejo, evitando, ou mesmo impedindo, que a água seja um fator agravante no processo de aceleração da salinidade/sodicidade dos solos (FREIRE & FREIRE, 2007).

Foto 1: Uso de fertilizante químico (NPK) pelo agricultor familiar no cultivo de tomate em Angónia



Fonte: Cedido gentilmente por Elídio Carvalho, 2016.

Foto 2: Filhos de agricultor aplicando fertilizantes químicos em cultura de tomate em Angónia.



Fonte: Cedido gentilmente por Elídio Carvalho, 2016.

Foto 3: Cultivo de repolho pelo pequeno agricultor em Angónia



Fonte: Os Autores, 2016.

Foto 4: Uso de fertilizantes químicos (Kung Fu) no cultivo de repolho



Fonte: Os Autores, 2016.

Mapeamento de Solos

Na escala semidetalhada de 1:50.000 foram identificados e mapeados na área de estudo 10 classes de solos, classificados como: 1) VERTISSOLO HIDROMÓRFICO Sódico típico, Ta eutrófico; 2) PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Ta Eutrófico sódico, gleissólico; 3) ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Ta Eutrófico sódico, gleissólico; 4) CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico, conglomerático; 5) LATOSSOLO AMARELO Ta Eutrocoeso sódico, textura argilosa; 6) GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico, carbonático; 7) PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrocoeso latossólico, sódico litopetroplântico; 8) CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Eutrocoeso dúrico, típico; 9) PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrófico típico, petroplântico; e 10) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Eutrocoeso, típico textura muito argilosa (tabela 3 e figura 2).

Tabela 3- Classes de Solos da Bacia Hidrográfica do Rio Maue

Ordem/ Perfil	Unidade de Mapeamento	SiBCS (2013)	Área	
			ha	%
1.	VGnve	VERTISSOLO HIDROMÓRFICO Sódico típico, Ta eutrófico	429,80	9,36
2.	FTveng	PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Ta Eutrófico sódico, gleissólico	259,00	5,65
3.	PVAven	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Ta Eutrófico sódico, vertissólico	747,20	16,27
4.	CXve	CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico léptico, conglomerático	445,19	9,69
5.	LAvexn	LATOSSOLO AMARELO Ta Eutrocoeso sódico, textura argilosa	224,13	4,88
6.	GXvenk	GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico, carbonático	228,88	4,98
7.	SNvex	PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrocoeso típico, dúrico	469,80	10,23
8.	CYvenlf	CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Eutrófico latossólico, sódico litopetroplântico	1104,50	24,05
9.	SNveqm	PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrófico típico, petroplântico	59,10	1,28
10.	LVAbex	LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO Tb Eutrocoeso, típico textura muito argilosa	624,96	13,61
Total		-	4.592,56	100

Fonte: Autores (2017).

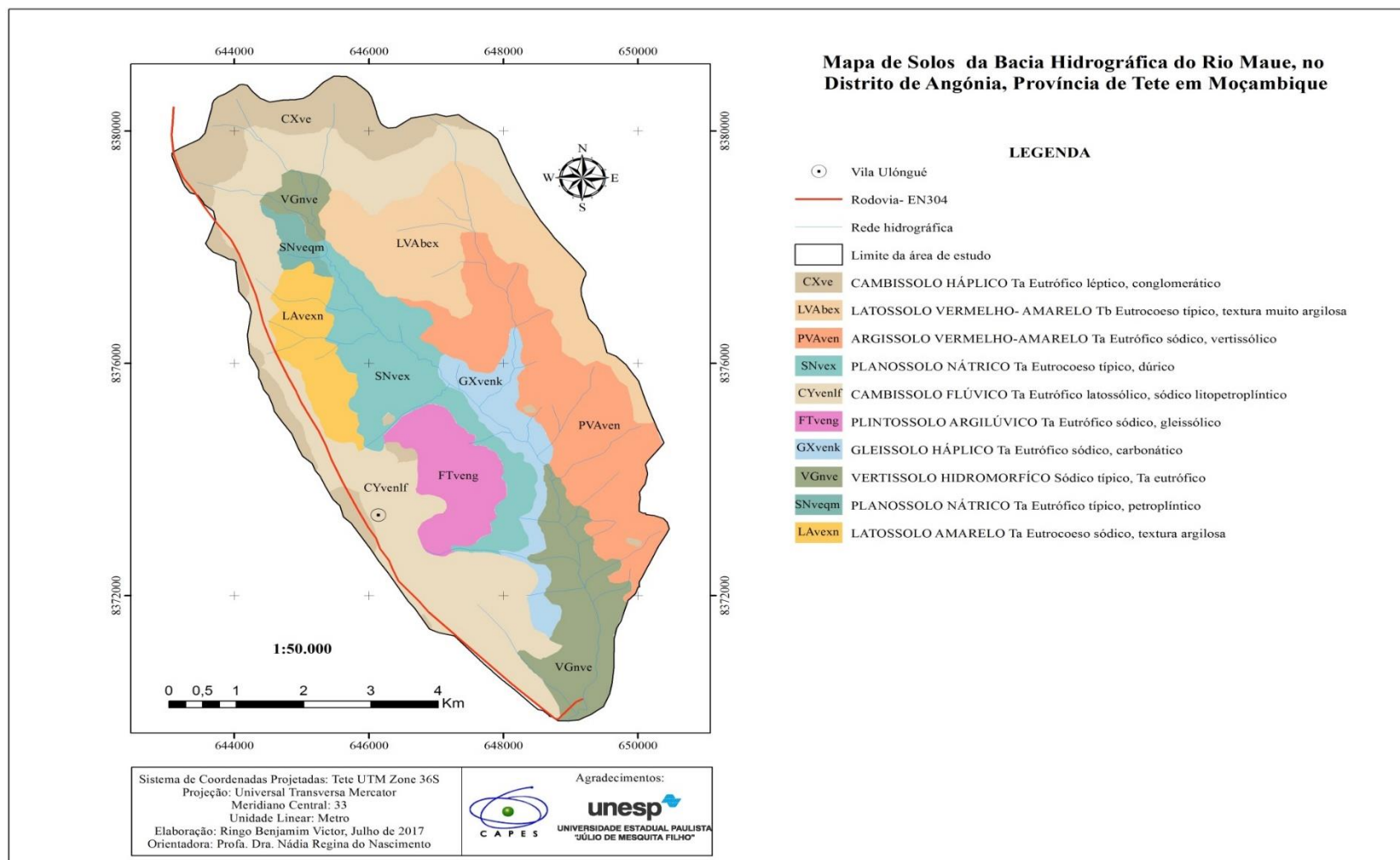


Figura 2 Mapa pedológico da área de estudo segundo SiBCS (EMBRAPA, 2013).

CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa evidenciam solos muito fortemente afetados por sodicidade, pois, 76,7% (3522,41ha) dos solos da Bacia Hidrográfica do Rio Maue em Angónia são sódicos, para os perfis: 1) VERTISSOLO HIDROMÓRFICO Sódico típico, Ta eutrófico; 2) PLINTOSSOLO ARGILÚVICO Ta Eutrófico sódico, gleissólico; 3) ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Ta Eutrófico sódico, gleissólico; 5) LATOSSOLO AMARELO Ta Eutrocoeso sódico, textura argilosa; 6) GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico, carbonático; 7) PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrocoeso latossólico, sódico litopetroplântico; 8) CAMBISSOLO FLÚVICO Ta Eutrocoeso durico, sódico litopetroplântico; 9) PLANOSSOLO NÁTRICO Ta Eutrocoeso típico, petroplântico. Em virtude destes solos possuírem o carácter sódico conferem limitações químicas ao desenvolvimento das culturas.

Por sua vez, 23,3% (1070,15ha) do solos são salino-sódicos, com carácter eutrófico ou seja, de elevada fertilidade natural e sem restrição química, para as classes: 4) CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrocoeso léptico, conglomerático; e 10) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Eutrocoeso, típico textura muito argilosa, respectivamente. Estes solos foram medianamente afectados por sais.

Fisicamente, os solos se apresentam com restrições (coesão, adensamento, cimentação de horizontes e endopedregosidade) para as classes de Cambissolos e Planossolos, respectivamente. Apesar disso, se prestam à lavoura, mas quando submetidos a correções e manejos visando à melhoria de sua estrutura e fertilidade.

Visando a recuperação dos solos, a utilização de plantas fitorremediadoras quais sejam: erva sal (*Atiplex numulária*), algaroba (*Prosopis juliflora*) é uma técnica promissora em virtude destas espécies possuírem capacidade de fitoextractivas de sódio no solo. Ademais, a determinação de condutividade elétrica é deveras importante para a ciência dos elementos químicos presente no solo e o monitoramento da qualidade da água para irrigação, impedindo a aceleração da salinidade/sodicidade dos solos na área estudada.

A calagem, a lavagem e a incorporação da matéria orgânica no solo é efetiva para a recuperação de solos sódicos. A promoção de educação ambiental é por excelência uma das estratégias promissoras para consciencializar o público sobre os efeitos adversos ao nível ecológicos e socioeconómico.

Agradecimentos

À CAPES/PEC-PG pela concessão da bolsa de estudos ao nível de Doutorado do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

AGUIAR Neto et al. **Caracterização morfológica e físico-hídrica de solos representativos do Recôncavo Baiano. I. Determinação de capacidade de campo “in situ” e suas relações com dados obtidos no laboratório.** Cruz das Almas, Universidade Federal da

Bahia. 1988. 59p. Monografia (Dissertação da Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Bahia, 1988.

AMORIM, Júlio Roberto de Araújo, et al. **Efeito da salinidade e modo de aplicação da água de irrigação no crescimento e produção de alho**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, p.167-176, 2002.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6ed. Viçosa; Universidade Federal de Viçosa, 1995.

BERNESTEIN, L. **Crop growth and salinity**. In: Drainage for agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1974. 252p.

CARVALHO, F.G.; STAMFORD, N.P. **Fixação do N₂ em leucena (*Leucaena leucocephala*) em solo da região semi-árida brasileira submetido à salinização**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, p.237-243, 1999.

CFSEMG (Comissão de Fertilidade de Solos do Estado de Minas Gerais). **Recomendações de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 4ª Aproximação**. Viçosa, 1999.

CORDEIRO, G. G. **Salinidade em Agricultura Irrigada (Conceitos básicos e práticos)**. Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE 2001.

DUTRA, I.; MEDEIROS, J.F. de; PORTO FILHO, F. de Q.; COSTA, M. da. C. **Determinação do fator de cobertura do melão cultivado sob diferentes lâminas e salinidades da água de irrigação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, p.146-151, 2000.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Revista. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Revista e ampliada. Brasília: EMBRAPA, 2013.

FAGERA, Nand Kumar. **Resposta de Arroz de Terras Altas a Correcao de Acidez em Solo de Cerrado**. 2000. In: Revista Pesquisa Agropecuária Brasil. Brasília, v. 35, n.11, p2303-2307, nov. 2000.

FAO-UNESCO (Food and Agriculture Organization of the United Nations-Organization of the United Nations to Science, Educations and Culture). **Soil map of the World: 1:5.000.000. Volume VI Africa**. [Prepared by the Food and Agriculture Organization of the United Nations end United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization]. Paris: UNESCO, 1977.

FAO-WRB. **World Reference base for Soil resource 2006-A framerwork for international classification, correlation and comunication**. Roma: FAO, 2006.

FAO-WRB. **World Reference Base for Soil Resource 2014-International Soil classification system for naming soil and creating legends for soil map**. Roma: FAO, 2014.

FERREIRA et al.. **Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetidas a estresse salino**. Pesq. Agropec. Bras., 36:79-78, 2001.

FREIRE, Maria Betânia Galvão dos Santos & FREIRE, Fernando José. **Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais**. In: Fertilidade do Solo. Revis. Bras. de Ciência do Solo. (Editores) NOVAIS, Roberto Ferreira et al. Viçosa- Minas Gerais, 2007.

GOMES, E.M.; GHEYI, H.R.; SILVA, Ê.F. de F. e. **Melhorias nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimento de arroz, sob diferentes tratamentos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, p.355-361, 2000.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Manual Técnico de Pedologia**. IBGE. Rio de Janeiro, 2015.

KELLEY, W.P. **Alkali soils- Their formation, properties and reclamation**. New York, Reinhold Publishing, 1951. 176p.

KER, J. C.et al. **Pedologia: fundamentos**. 1ª ed. SBCS, Viçosa- Minas Gerais, 2012.

LANI, João Luiz et al. **Potencialidades, restrições e alternativas sustentáveis de uso da terra no Acre**. Editora CRV, Curitiba, 2011.

LEBRON, I.; SUAREZ, D.L.; YOSHIDA, T. **Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soils under reclamation**. Soil Science Society of America Journal. v.66, p.92-98, 2002.

MCBRIDE, M.B.; BAVEYE, P. **Diffuse double-layer models, long range forces, and ordering in clay colloids**. Soil Science Society of America Journal, v.66, p.1207-1217, 2002.

MUNSELL SOIL COLOR BOOK. Munsell Soil Color Charts. Michigan/USA: X-Rite, 2013.

PRADO, H. do. Manejo dos Solos: **descrições pedológicas e suas implicações**. Livraria Nobel, São Paulo, 1991.

PRATHER, R. J. , RHOADES, J. D., FRENKEL, H. Frenkel. **Efficient Amendment Use in Sodic Soil Reclamation**. Soil Science Society of America Journal: Volume 42, Issue 5. pp: 671-844, NP. September-October, 1978.

REZENDE, J. O. **A compactação e adensamento de solos: métodos para avaliação e práticas agrícolas recomendadas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE SOLO, 26. 1997, Rio de Janeiro. Anais. RJ:SBCS, CD-ROM, 1997.

REZENDE, J. O. **Solos coesos dos tabuleiros costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Cruz das Almas, 2000.

RICHARDS, L.A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, USDepartment of Agriculture, 1954. 160p. (USDA Agriculture Handbook, 60).

SANTOS, R. D. dos et al., **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 6ª edição, Revista e Ampliada, Editora SBCS, Minas-Gerais, 2013.

SEATZ, F.L.; PETERSON, H.B. **Acid, alkaline, saline and sodic soils**. In: BEAR, F.E., ed. **Chemistry of the soil**. 2ed. New York, Reinhold, 1967.

VIANA, S.B.A.; FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R. **Germinação e formação de mudas de alface em diferentes níveis de salinidade de água.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, p.259-264, 2001.

WHITEMORE, J. **Saline and sodic soils.** S.I., s.ed., 1975. 7p. Mimeografado.