

JANYELLE DE OLIVEIRA LEMOS

**CARACTERIZAÇÃO DE GLEISSOLOS COM E SEM TIOMORFISMO DA
REGIÃO LITORÂNEA DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

**RECIFE – PE
JUNHO DE 2013**

JANYELLE DE OLIVEIRA LEMOS

**CARACTERIZAÇÃO DE GLEISSOLOS COM E SEM TIOMORFISMO DA
REGIÃO LITORÂNEA DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao programa da Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

Orientador: Valdomiro Severino de Souza Júnior, Dr.

Co-orientadores: Caroline Miranda Biondi, Dra.

Mateus Rosas Ribeiro, PhD. (*in memoriam*)

**RECIFE – PE
JUNHO DE 2013**

JANYELLE DE OLIVEIRA LEMOS

**CARACTERIZAÇÃO DE GLEISSOLOS COM E SEM TIOMORFISMO DA
REGIÃO LITORÂNEA DO ESTADO DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao programa da Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

Dissertação defendida e aprovada em 17 de junho de 2013.

Orientador:

Dr. Valdomiro Severino de Souza Júnior

Examinadores:

Dr. Tiago Osório Ferreira

Dr. José Coelho de Araújo Filho

Dr. Mateus Rosas Ribeiro Filho

A Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de realizar mais um sonho.

“Senhor, em ti se encontram todas as minhas fontes” (Sl 87:7)

Ao meu esposo José Filho, que com seu amor e dedicação pôde me dar alegria e força para lutar em prol dos meus ideais.

Aos meus pais Josimar Inácio de Oliveira e Lêda Maria Alves de Lemos que me deu a vida e me ensinou a vivê-la com dignidade. Que me acompanhou em cada momento, me dando força e coragem quando precisava.

Aos meus irmãos Tayron, Jayrla e Josimara pelo companheirismo e amor fraterno que sempre estiveram à minha disposição.

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS/UFRPE) pela qualidade que ele apresenta e pelo apoio durante a realização do curso.

Ao CNPq pela concessão da bolsa durante o curso de mestrado.

Às Usinas Nossa Senhora das Maravilhas, Trapiche e Salgado pela concessão das áreas para estudo.

Ao meu orientador, prof. Valdomiro Severino de Souza Júnior, pela orientação, ensinamentos, dedicação e confiança.

Ao professor Mateus Rosas Ribeiro (*in memoriam*) pela grande contribuição no início do trabalho e pelo exemplo de profissional dedicado que deixou para cada aluno que teve o privilégio de tê-lo como professor.

À professora Caroline Miranda Biondi pela co-orientação, ensinamentos e auxílio no trabalho.

Aos professores Clístenes, Betânia, Brivaldo, Mário Lira e Marcelo Corrêa pelos ensinamentos, os quais contribuíram na minha formação.

À Eloise Mello Viana pela enorme contribuição no desenvolvimento do trabalho e pela sua dedicação ao grupo de mineralogia.

À Regilene pelos conselhos, ensinamentos e por se mostrar sempre disposta a ajudar.

Aos estagiários do Laboratório de Mineralogia do Solo Juliet, Henrique, Elis Regina e Deivêrson pelo auxílio no desenvolvimento do trabalho e pela amizade consolidada ao longo dessa trajetória.

Aos colegas de curso: Maria, Aníbia, Monaliza, Camila, Maykon, Gerson, Diego, Igor Tenório, Ygor Jacques, Yuri, Flávio, Elaine, Stephany, Edivan e Suzana pela oportunidade de convívio e troca de experiências.

Aos funcionários Camilo, José Fernando (Zeca), Maria do Socorro e Josué pela atenção e profissionalismo.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Hipóteses.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Geologia do litoral Pernambucano.....	5
2.2. Gleissolos	6
2.3. Gleissolos Tiomórficos.....	7
2.4. Gleissolos Sálícos.....	10
2.5. Gleissolos Háplícos	11
2.6. Propriedades físicas de Gleissolos.....	11
2.7. Propriedades químicas de Gleissolos.....	12
2.8. Especiação de Ferro.....	13
2.9. Mineralogia	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. Localização e caracterização da área de estudo.....	15
3.2. Seleção, coleta e preparo das amostras de solo	18
3.3. Análise granulométrica	22
3.4. Análises químicas.....	23
3.4.1. Química de rotina para fins de classificação	23
3.4.2. Análise de C e S totais	23
3.4.3. Pasta saturada	24
3.4.4. Materiais sulfídricos.....	24

3.4.5. Extração sequencial e análise total de ferro.....	24
3.5. Análise mineralógica.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Propriedades Morfológicas	28
4.2. Granulometria dos solos	36
4.3. Propriedades químicas	38
4.3.1. pH, bases trocáveis, alumínio trocável e capacidade de troca de cátions.....	38
4.3.2. Carbono orgânico e fósforo disponível	44
4.3.3. pH de incubação, sulfato solúvel e enxofre total	46
4.3.4. Pasta saturada	48
4.3.5. Extração sequencial de ferro.....	53
4.4. Atributos mineralógicos	61
4.4.1. Fração areia grossa e areia fina.....	61
4.4.2. Fração silte.....	65
4.4.3. Fração argila	68
4.5. Classificação dos solos	74
5. CONCLUSÕES.....	77
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXO	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização das três áreas de várzeas estudadas.	16
Figura 2. Mapa da localização do perfil coletado na várzea do rio Goiana.	20
Figura 3. Mapa da localização dos perfis coletados na várzea do rio Sirinhaém.	21
Figura 4. Mapa da localização dos perfis coletados na várzea do rio Ipojuca.	22
Figura 5: Perfil 1 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Goiana.	31
Figura 6: Perfil 2 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Sirinhaém.	32
Figura 7: Perfil 3 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Sirinhaém.	33
Figura 8: Perfil 4 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Sirinhaém.	33
Figura 9: Perfil 5 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Ipojuca.	35
Figura 10: Perfil 6 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Ipojuca.	35
Figura 11: Perfil 7 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Ipojuca.	36
Figura 12. Relações entre pH e C.E. nos sete perfis de solos de várzea (a); em solos tiomórficos (b); e em solos não tiomórficos (c).	51
Figura 13. Relações entre SO_4^{2-} e pH nos sete perfis de solos de várzea (a); em solos tiomórficos (b); e em solos não tiomórficos (c).	52
Figura 14. Relações entre SO_4^{2-} e C.E. nos sete perfis de solos de várzea (a); em solos tiomórficos (b); e em solos não tiomórficos (c).	52
Figura 15. Relações entre Cl^- e C.E. no perfil 1, várzea do rio Goiana (a); nos perfis 2, 3 e 4, várzea do rio Sirinhaém (b); e nos perfis 5, 6 e 7, várzea do rio Ipojuca (c).	53
Figura 16. Fracionamento do ferro e grau de piritização (DOP) do perfil 1, localizado na várzea do rio Goiana.	58

Figura 17. Fracionamento do ferro e grau de piritização (DOP) dos perfis 2, 3 e 4, localizados na várzea do rio Sirinhaém.....	59
Figura 18. Fracionamento do ferro e grau de piritização (DOP) dos perfis 5, 6 e 7, localizados na várzea do rio Ipojuca.	60
Figura 19. DRX das frações areia grossa e areia fina do perfil 1, várzea do rio Goiana. Q = Quartzo; Fd = Feldspato; M = Mica; Ct = Caulinita.....	62
Figura 20. DRX das frações areia grossa e areia fina dos perfis 2, 3 e 4 da várzea do rio Sirinhaém. Q = Quartzo; Fd = Feldspato; M = Mica; Ct = Caulinita.	63
Figura 21. DRX das frações areia grossa e areia fina dos perfis 5, 6 e 7 da várzea do rio Ipojuca. Q = Quartzo; Fd = Feldspato; M = Mica; Ct = Caulinita.	64
Figura 22. DRX da fração silte do perfil 1, várzea do rio Goiana. Q = Quartzo; M = Mica; Fd = Feldspato; Ct = Caulinita.....	65
Figura 23. DRX da fração silte dos perfis 2, 3 e 4 da várzea do rio Sirinhaém. Q = Quartzo; M = Mica; Fd = Feldspato; Ct = Caulinita.	66
Figura 24. DRX da fração silte dos perfis 5, 6 e 7 da várzea do rio Ipojuca. Q = Quartzo; M = Mica; Fd = Feldspato; Ct = Caulinita.	67
Figura 25. DRX da fração argila natural do perfil 1, várzea do rio Goiana. I = Ilita; Ct = Caulinita; Gt = Goethita.	69
Figura 26. DRX da fração argila natural dos perfis 2, 3 e 4 da várzea do rio Sirinhaém. I = Ilita; Ct = Caulinita; Gt = Goethita.	70
Figura 27. DRX da fração argila natural dos perfis 5, 6 e 7 da várzea do rio Ipojuca. I = Ilita; Ct = Caulinita; Gt = Goethita.....	71
Figura 28: DRX da fração argila tratada do perfil 1, várzea do rio Goiana. Es = Esmectita; I = Ilita; Ct = Caulinita.....	72
Figura 29. DRX da fração argila tratada dos perfis 2, 3 e 4 da várzea do rio Sirinhaém. Es = Esmectita, I = Ilita; Ct = Caulinita.....	72

Figura 30. DRX da fração argila tratada dos perfis 5, 6 e 7 da várzea do rio Ipojuca. Es = Esmectita; I = Illita; Ct = Caulinita73

Figura 31. DRX referente ao Teste de Greene Kelly da fração argila dos perfis 1, 3 e 5 das várzeas do rio Goiana, Sirinhaém e Ipojuca, respectivamente. B/N = Beidelita/Nontronita; Mt = Montmorilonita; Ct = Caulinita.....74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coordenadas e altitude dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.....	19
Tabela 2. Propriedades morfológicas dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.....	29
Tabela 3. Granulometria e classe textural dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.....	37
Tabela 4. Propriedades químicas dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.....	39
Tabela 5. Valores de enxofre total e pH de incubação dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.	47
Tabela 6. Análise de ânions solúveis (SO_4^{2-} e Cl^-), pH e C.E. do extrato da pasta saturada dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.....	50
Tabela 7. Teores de ferro nas frações da extração sequencial e teor total nos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.	57

RESUMO

Os solos de várzeas do litoral Pernambucano têm sido bastante utilizados na agricultura e o seu manejo inadequado tem promovido, naqueles que apresentam materiais sulfídricos, o processo de sulfurização, gerando acidez no solo, além de liberação de metais a exemplo do ferro. O objetivo deste trabalho foi caracterizar Gleissolos em áreas de várzeas litorâneas ao longo do litoral Pernambucano cultivadas com cana-de-açúcar, buscando compreender sua gênese e a ocorrência de solos Tiomórficos. Para tanto, foram avaliados solos de três várzeas ao longo do litoral Pernambucano: várzea do rio Goiana (perfil 1), várzea do rio Sirinhaém (perfis 2, 3 e 4) e várzea do rio Ipojuca (perfis 5, 6 e 7). Foi realizada a caracterização morfológica dos solos, análises químicas para fins de classificação do solo, extração sequencial e total do ferro, além de análise mineralógica utilizando DRX. Observou-se predominância da fração argila em todos os perfis, que condiz com o ambiente de deposição em águas com baixa energia cinética. Os perfis 2, 3 e 4 apresentaram reação extremamente ácida, chegando a atingir valores de pH inferiores a 2,5, evidenciando a presença de horizonte sulfúrico. A presença de materiais sulfídricos nos perfis 2, 3 e 4, confirmou a existência de horizonte sulfúrico. Os horizontes sulfúricos dos perfis 2, 3 e 4 apresentaram alta C.E., com valores variando entre 9 e 21 dS m⁻¹, estando condizente com as altas concentrações de sulfato gerado pelo processo de sulfurização. Os maiores teores de ferro foram encontrados associados às formas de oxihidróxidos de baixa cristalinidade, apresentando valores entre 0,03 e 1,56 mmol kg⁻¹. A assembléia mineralógica dos solos apresentou-se bastante influenciada pela geologia da bacia dos rios que banham as várzeas. Na fração argila os minerais identificados foram: illita, caulinita, goethita e esmectita (beidelita/nontronita e montmorilonita); na fração silte foram: illita, caulinita, quartzo e feldspato; na fração areia foram: quartzo, feldspato, mica e caulinita. Os solos de várzeas apresentaram propriedades morfológicas, física, químicas e mineralógicas relacionadas à origem dos sedimentos e sua posição na paisagem. A ocorrência de Gleissolos Tiomórficos foi constatada somente na várzea do rio Sirinhaém.

Palavras-chave: Solos de várzea, horizonte sulfúrico, materiais sulfídricos.

ABSTRACT

The floodplain soils of Pernambuco state - Brazil have been widely used to agriculture and their improperly management has promoted, in those with sulphidric materials, the sulfurization process, generating acidity in the soil, and release of heavy metals such iron. The aim of this study was to characterize Gleysol in areas of coastal wetlands along the shoreline of Pernambuco state cultivated with sugar cane, trying to understand genesis and occurrence of acid sulphate soils. Thus, we studied three floodplain soils along the shoreline of Pernambuco: floodplain soil in Goiana river (profile 1), floodplain soils in Sirinhaém river (profiles 2, 3 and 4) and floodplain soils in Ipojuca river (profiles 5, 6 and 7). Were realized a morphological characterization of soils, chemical analyzes for the purpose of soil classification, sequential extraction and total content of iron, and mineralogical analysis using XRD. Was observed predominance of the clay fraction in all profiles, which is consistent with the depositional environment in waters with low kinetic energy. The profiles 2, 3 and 4 showed extremely acidic reaction, with pH values below 2.5, indicating the presence of sulfuric horizon. The presence of sulphidric materials in the profiles 2, 3 and 4, confirmed the presence of sulfuric horizon. The sulfuric horizons in the profiles 2, 3 and 4 had high EC values between 9 and 21 dS m^{-1} , being consistent with the high concentrations of sulphate generated by sulfurization process. The higher levels of iron were found associated with forms of poorly crystalline oxyhydroxides, values between 0.03 and 1.56 mmol kg^{-1} . The assembly mineralogical soil had become very influenced by the geology of the basin of the rivers that bathe the floodplains. In the clay fraction were identified illite, kaolinite, goethite and smectite (beidellite/montmorillonite and nontronite), the silt fraction were: Illite, kaolinite, quartz and feldspar, in the sand fraction were: quartz, feldspar, mica and kaolinite. The floodplain soils showed morphological, physical, chemical and mineralogical related to the origin of the sediments and their position in the landscape. The occurrence of acid sulphate soils was detected only in the floodplain of Sirinhaem river.

Keywords: floodplain soils, sulfuric horizon, sulphidric materials.

1. INTRODUÇÃO

A região litorânea do estado de Pernambuco apresenta grande destaque na produção da cultura da cana-de-açúcar. Essa atividade agrícola é desenvolvida basicamente na região da Zona da Mata, em áreas de terras altas, tais como tabuleiros costeiros e áreas de Mar de Morro, sendo que uma parte da produção está inserida em áreas de várzeas (CPRH, 1999; 2003). A maioria destas áreas se encontra nas proximidades do litoral e apresenta condições propícias para a formação de solos hidromórficos, a exemplo dos Gleissolos.

Solos formados próximo ao litoral, sob influência marinha, podem apresentar material sulfídrico, caracterizando assim os solos tiomórficos. Esse material é formado em decorrência do fornecimento de íons sulfato pela água do mar, pelas condições de drenagem impedida, acúmulo de matéria orgânica, presença de bactérias redutoras de sulfato e íons metálicos, principalmente ferro, provenientes dos sedimentos de origem continental (Pons et al., 1982).

A implantação do sistema de drenagem nestes solos induz o processo de sulfurização. Neste processo ocorre a oxidação dos materiais sulfídricos, resultando na formação de ácido sulfúrico, além de promover a elevada concentração de ferro na solução do solo (Smith & Melville, 2004).

Em ambientes costeiros o ferro geralmente apresenta-se em grande concentração e desempenha importante papel nos processos biogeoquímicos (Ferreira, 2007b). O conhecimento das diversas formas deste elemento tem auxiliado na interpretação da pedogênese, além de proporcionar o entendimento do comportamento físico e químico do solo (Inda Júnior & Kämpf 2003; Costa & Bigham, 2009), sendo então indispensável o conhecimento mais detalhado de suas formas específicas.

O emprego da extração sequencial para o estudo da geoquímica do ferro em solos de ambientes estuarinos tem aumentado bastante por permitir a avaliação deste elemento nas diversas frações do solo (matéria orgânica, óxidos e oxihidróxidos de baixa e de alta cristalinidade e sulfetos de ferro) (Ferreira et al., 2007a; Otero et al., 2009; Claff et al., 2010). Sendo utilizada especialmente em solos tiomórficos, uma vez que o ferro apresenta grande influência nos processos pedogenéticos responsáveis por sua formação (Claff et al., 2010; 2011).

A severidade dos problemas resultantes do processo de sulfurização nos solos tiomórficos afeta vários outros aspectos da utilização das terras (Dent, 1986). Apesar disso, estes solos têm sido utilizados em várias partes do mundo sem o conhecimento prévio de suas propriedades, resultando em inúmeras consequências agrícolas e ambientais (Seiller, 1992; Souza Junior et al., 2001b; Nordmyr et al., 2008).

O conhecimento sobre solos de regiões litorâneas do estado de Pernambuco, especialmente os tiomórficos tem despertado grande interesse, pois o seu uso incorreto tem promovido prejuízos agrícolas. Isto tem despertado a necessidade de estudos, vislumbrando conhecer a extensão da área de ocorrência, gênese e suas propriedades, potencialidades e limitações. Para tanto, o objetivo deste trabalho foi caracterizar Gleissolos em áreas de várzeas litorâneas ao longo do litoral Pernambucano cultivadas com cana-de-açúcar, buscando compreender sua gênese e a ocorrência de solos Tiomórficos, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de técnicas de manejo sustentável ou recomendação para preservação como área de reserva legal.

1.1. Hipóteses

1. Os Gleissolos ao longo das várzeas litorâneas apresentam propriedades químicas, físicas, morfológicas e mineralógicas específicas, condicionadas pelas distintas posições fisiográficas e a origem dos sedimentos;
2. Ao longo das várzeas do litoral Pernambucano ocorrem Gleissolos Tiomórficos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Geologia do litoral Pernambucano

A zona costeira de Pernambuco estende-se do município de Goiana, ao norte, no limite com o Estado da Paraíba, até o município de São José da Coroa Grande, ao sul, na divisa com o Estado de Alagoas (CPRH, 1999). O litoral norte Pernambucano possui extensas áreas formadas por sedimentos recentes que abrangem depósitos aluviais, depósitos de brejos e pântanos, depósitos de mangue, depósitos de praia atual, terraços marinhos, flechas litorâneas e recifes (CPRH, 2003).

Além de sedimentos recentes, existem outras estruturas geológicas que afloram no litoral norte e integram a Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba tais como, Formação Barreiras, constituída por sedimentos areno-argilosos não consolidados; Formação Beberibe, formada por arenitos finos e siltitos; Formação Gramame, a qual apresenta fácies fosfática e calcária e Formação Maria Farinha, representada pelos calcários detríticos (CPRH, 2003).

O litoral sul do estado de Pernambuco abrange a Bacia do Cabo, rochas cristalinas do Pré-Cambriano e sedimentares da Formação Barreiras. A Bacia Cabo é constituída por rochas sedimentares e magmáticas que afloram no litoral sul Pernambucano, sendo representada estratigraficamente pelas Formações Cabo, Estiva e Algodois e pelos litotipos da Suíte Vulcânica de Ipojuca (Nascimento et al., 2004).

A Formação Cabo é constituída por um sistema de leques aluviais, compreendendo três fácies designadas de proximal, mediana e distal (Lima Filho, 1998; Cruz et al., 2003). A proximal é constituída por conglomerados de rochas como granitos, gnaisses, xistos e pegmatitos, tendo sua ocorrência próxima às falhas de borda da bacia, desde a região do Cabo até Sirinhaém. A mediana ocorre interdigitada com a fácies proximal e/ou diretamente acima do embasamento cristalino. A fácies distal é constituída por folhelhos, siltitos e arenitos médios a fino.

A Formação Ipojuca é representada por rochas como riolitos, traquitos e basaltos, que se formaram durante o período Cretáceo (Miranda, 1999), além de rochas de fluxo piroclástico (ignimbritos), e álcali-feldspato granito,

distribuídos em praticamente toda a bacia, predominando na região de Cabo-Ipojuca e Sirinhaém, na forma de diques, derrames, soleiras, *plugs*, lacólitos ou corpos semicirculares (Nascimento et al., 2009).

Sobrepostas às Formações Cabo e Ipojuca se encontram sequências carbonáticas da Formação Estiva e siliciclásticas da Formação Algodoads, sendo esta última representada por conglomerados mono a polimíticos com fragmentos e blocos de rochas vulcânicas; além da Formação Barreiras representada por arenitos argilosos com intercalações variadas siltico-argilosas e conglomeráticas. (Nascimento et al., 2004).

2.2. Gleissolos

As planícies costeiras são formadas por sedimentos recentes depositados durante as flutuações do nível médio dos mares ao longo do Quaternário (Bittencourt et al., 1979) e encontram-se associadas à ambientes estuarinos, onde os solos são formados sob condições de hidromorfismo, à exemplo dos Gleissolos.

Segundo o SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos), os Gleissolos são solos hidromórficos, constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos.

Estes solos ocorrem em áreas de baixadas ou depressões localizadas e apresentam saturação por água, permanente ou em determinado período do ano. Apresentam horizonte superficial apresentando cores desde cinzentas até pretas, com espessura normalmente entre 10 e 50 cm. Além disso, ainda podem apresentar horizonte sulfúrico, caráter carbonático, caráter solódico, caráter sódico, caráter sálico, caráter alítico, caráter alumínico, ou plintita (Embrapa, 2006).

O processo de gleização implica na redução e solubilização do ferro, permitindo a expressão das cores neutras dos minerais de argila, ou ainda a precipitação de compostos ferrosos (Fanning & Fanning, 1989). Além deste processo, é frequente em Gleissolos que ocorrem em ambientes costeiros, o desenvolvimento do processo de sulfidização, o qual está relacionado à

formação de materiais sulfídricos, a exemplo da pirita e de sulfetos de ferro menos estáveis como a greigita e mackinawita (Otero & Macias - Vásquez, 2002). A exposição desses materiais a condições aeróbicas podem resultar no brusco abaixamento do pH promovendo o desenvolvimento do horizonte sulfúrico, evidenciando assim a formação de solos tiomórficos (Dent, 1986).

Solos de regiões costeiras, comumente apresentam problemas de salinidade em consequência da ação das marés, uma vez que a água dos oceanos contém cerca de 3,5 % de sais dissolvidos (Ré, 2000). Outra forma de transporte de sais nestes solos se dá através do lençol freático, em decorrência da invasão das águas oceânicas (cunha salina). Em áreas de drenagem restrita com elevada concentração de sais são predominantes os Gleissolos Sálícos, que além de salinidade podem apresentar sodicidade em decorrência da elevada PST ($\geq 15\%$) (Embrapa, 2006).

A estreita relação dos Gleissolos com a geomorfologia e com o processo de sedimentação favorece o acúmulo de materiais minerais e orgânicos de grande heterogeneidade, refletindo em propriedades químicas, físicas e mineralógicas bastante diversificadas. Desta forma, podem apresentar variações nos valores de CTC, soma de bases, composição granulométrica, além de apresentar distribuição errática destes parâmetros ao longo do perfil (Fagéria et al., 1994; Coringa et al., 2012). A assembléia mineralógica destes solos encontra-se associada às condições de relevo rebaixado ou suavizado, favorecendo processo de deposição de sedimentos das áreas adjacentes e a neogênese de minerais, que ocorre em condição de drenagem dificultada, com suprimento de cátions básicos e de Si (Kämpf et al., 2009).

2.3. Gleissolos Tiomórficos

As regiões costeiras representam o ambiente mais favorável ao desenvolvimento de solos tiomórficos. As condições de formação destes solos estão relacionadas às variações ocorridas no nível médio relativo do mar, resultando em fornecimento de sedimentos marinhos às áreas adjacentes à costa (Pons et al., 1982).

Os solos tiomórficos são caracterizados pela presença de horizonte sulfúrico e/ou materiais sulfídricos, dentro de 100 cm a partir da superfície do

solo, estando agrupado nas ordens dos Gleissolos e Organossolos (Embrapa, 2006).

Segundo o SiBCS (Embrapa, 2006), os materiais sulfídricos são aqueles que contêm compostos de enxofre oxidáveis e ocorrem em solos de natureza mineral ou orgânica, localizados em áreas encharcadas, com valor de pH maior que 3,5. Sendo evidenciados pelo decréscimo no pH de 0,5 ou mais unidades para o valor de 4,0 ou menor quando os solos são submetidos a condições aeróbicas.

O horizonte sulfúrico é um horizonte subsuperficial que apresenta 15 cm ou mais de espessura, constituído de material mineral ou orgânico, cujo valor de pH em água é igual ou inferior a 3,5, evidenciando a presença de ácido sulfúrico. Para que um horizonte seja sulfúrico deve apresentar além da extrema acidez, uma ou mais das seguintes características: concentração de jarosita; materiais sulfídricos imediatamente subjacentes ao horizonte; 0,05% ou mais de sulfato solúvel em água (Embrapa, 2006).

Os solos tiomórficos passam por processos pedogenéticos de transformação que estão associados às reações de oxirredução, representados pelos processos de sulfidização e sulfurização (Fanning & Fanning, 1989). O processo de sulfidização está relacionado com o acúmulo de sulfeto no solo, principalmente na forma de pirita e ocorre em ambientes onde há baixas concentrações de oxigênio (aeração limitada), presença de sulfato, ferro, matéria orgânica metabolizável e bactérias redutoras de sulfato (Pons et al., 1982).

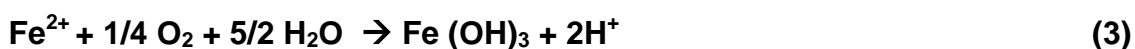
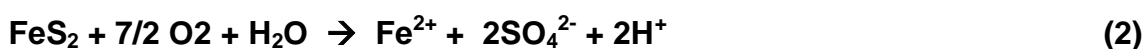
Durante a decomposição da matéria orgânica na ausência de O₂, outros elementos passam a ser receptores de elétrons (Ponnamperuma, 1972; Schulz, 2000). Desta forma, os microrganismos reduzem sulfatos a sulfetos e ferro férrico (Fe³⁺) a ferro ferroso (Fe²⁺), resultando na formação de sulfetos de ferro, a exemplo da pirita (Dent, 1986), como pode ser observado na Equação 1.



A pirita, que é um mineral bastante estável, é o principal produto deste processo; além dela, há também a formação de sulfetos de ferro pouco

estáveis, como a mackinawita (FeS) e a greigita (Fe₃S₄), que são referidos como sulfetos voláteis em meio ácido (AVS) (Goldhaber & Kaplan, 1982).

A sulfurização é outro processo pedogenético na formação de solos tiomórficos. Neste processo, ocorre a oxidação de materiais sulfídricos promovendo a concentração de Fe²⁺, SO₄²⁻ e H⁺ na solução do solo, como pode ser observado na Equação 2 (Dent, 1986). A condição de acidez se dá, principalmente, pelo caráter extremamente ácido do H₂SO₄ que é a forma mais estável do enxofre sob condições oxidantes (Fitzpatrick et al., 1999). Em condições de forte oxidação, o ferro ferroso (Fe²⁺) passa para forma oxidada, ou seja, ferro férrico (Fe³⁺), com consequente liberação de H⁺ (Equação 3), ocasionando extrema acidificação do solo. Além disso, o processo de sulfurização favorece a dissolução de sulfetos e a liberação de metais pesados associados a eles, podendo ser transportados para as áreas circunvizinhas através da água de drenagem (Morse, 1994; Nordmyr et al., 2008).



Sob condições de acidez severa ocorre a hidrólise ácida (acidólise) dos aluminossilicatos, aumentando a solubilidade do alumínio na solução do solo (Dent, 1986). Os elevados teores de alumínio promovem o impedimento da divisão celular e alongamento das raízes, pois atuam inibindo a atividade de enzimas responsáveis pela síntese da parede celular (Rorison, 1973), além de causar o decréscimo nos teores de fósforo (Dent, 1986). Há também a indisponibilidade de outros nutrientes, como Mg, Ca e Na que são lixiviados juntamente com o sulfato presente na solução do solo (Van Breemen, 1982).

A realização de drenagem em solos de várzeas com ocorrência de solos tiomórficos tem despertado grande atenção devido aos impactos negativos provocados por esta prática (Souza-Júnior et al., 2001a). A exposição dos materiais sulfídricos às condições aeróbicas, além de causar condições desfavoráveis para a agricultura, tem causado enormes impactos de ordem

ambiental, em decorrência da liberação de metais pesados, podendo afetar as áreas circunvizinhas (Nordmyr et al., 2008).

2.4. Gleissolos Sálícos

Em solos de ambientes costeiros é comum a ocorrência do processo de salinização, em decorrência da influência marinha no aporte de sais associada à mínima lixiviação em terrenos baixos. Solos salinos comumente encontrados em regiões costeiras são os Gleissolos Sálícos, que além de salinidade podem apresentar sodicidade ($PST \geq 15\%$), sendo de difícil correção. Segundo o SiBCS (Embrapa, 2006), o caráter sálico refere-se à presença de sais em quantidades tóxicas à maioria das culturas, sendo identificado por condutividade elétrica no extrato de saturação maior que ou igual a 7dS/m (a 25°C).

A salinidade encontrada nestes solos impõe sérias limitações à agricultura, visto que a elevada concentração de sais promove a plasmólise das células inibindo o crescimento vegetal (Freire & Freire, 2007).

Em consequência do desenvolvimento em áreas com influência das marés, os Gleissolos sálícos geralmente apresentam elevados teores de Na, Mg, Ca e íons Cl^- e SO_4^{2-} , a exemplo dos solos estudados no sul da Austrália (Fitzpatrick, 1993). A elevada concentração de bases encontradas nestes solos reflete em altos valores de soma e saturação de bases. Outra característica típica destes solos é a elevada CTC, em virtude da ocorrência de argilominerais do tipo 2:1, uma vez que o ambiente de formação destes solos propicia o acúmulo de bases trocáveis e sílica.

A formação desses solos é regida pela dinâmica das marés, bem como pela natureza do material de origem, promovendo características distintas. Abreu et al. (2007) estudaram solos de várzeas no norte do Brasil, os quais estavam submetidos à inundações periódicas, sob influência das marés. Neste estudo, os autores observaram que as propriedades químicas do solo foram influenciadas pela sazonalidade, em que no período de maior umidade do solo houve aumento no pH e decréscimo nos teores de Al.

2.5. Gleissolos Háplicos

Áreas de planícies aluviais, conhecidas como várzeas, possuem como característica marcante as inundações frequentes, em decorrência da sua posição na paisagem. Nestas áreas são comuns a formação de Gleissolos Háplicos, que são solos que apresentam perfil pouco desenvolvido, sendo bastante influenciado pelas condições hidromórficas impostas pelo lençol freático. Segundo o SiBCS (Embrapa, 2006), os Gleissolos são classificados como háplicos quando não se enquadram nas classes do Gleissolos Tiomórficos, Sállicos ou Melânicos.

Vários estudos realizados com solos hidromórficos têm dado ênfase na relação entre suas propriedades e o ambiente em que foram formados (Valladares, 2009; Coringa et al., 2012), uma vez que a geomorfologia associada às condições de hidromorfismo é capaz de mudar radicalmente a dinâmica dos elementos no solo, bem como o equilíbrio dos minerais (Ponnamperuma, 1972; Lima et al., 2005).

De forma análoga aos demais Gleissolos, a condição de formação deste solo em relevos predominantemente planos promove a deposição de sedimentos provenientes de áreas situadas em posições mais altas e da água de drenagem. Desta forma, suas propriedades químicas e mineralógicas são bastante influenciadas pela natureza do material de origem, podendo apresentar grande variabilidade em decorrência do tipo de material depositado (Fagéria et al., 1994; Valladares, 2009; Coringa et al., 2012).

As propriedades morfológicas destes solos, a exemplo dos demais Gleissolos, são resultantes do processo de gleização, em decorrência do regime de umidade redutor. Esta condição favorece a redução e a solubilização do ferro (Ponnamperuma, 1972; Fanning & Fanning, 1989) e, conseqüente manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas (Embrapa, 2006).

2.6. Propriedades físicas de Gleissolos

A formação de Gleissolos a partir de sedimentos recentes depositados através do regime das águas faz com que sua constituição granulométrica seja dependente da energia cinética do sistema hídrico, o qual promove a

deposição de partículas levando em consideração sua densidade. Assim a granulometria destes solos pode apresentar ampla variação dependendo do seu ambiente de formação (Yamashita et al., 2009). Em ecossistema de manguezais, onde prevalecem as águas com baixa energia cinética, os solos tendem a apresentar, normalmente, predomínio de partículas finas, como silte e argila, além de favorecer o acúmulo de matéria orgânica, como foi observado por Berrêdo et al. (2008).

Souza-Júnior et al. (2007) estudaram a distribuição de partículas em manguezais e observaram solos com diferentes texturas, desde arenosa até argilosa, variando de acordo com posicionamento dos manguezais no estuário. Estes autores ainda observaram que os manguezais que apresentaram partículas finas localizavam-se em compartimentos mais protegidos à ação das ondas, isto é em um sistema hídrico de baixa energia. Ao passo que, os manguezais de constituição mais grosseira foram influenciados pelos depósitos arenosos deixados pelos eventos transgressivos/regressivos pleistocênico e holocênico.

2.7. Propriedades químicas de Gleissolos

As propriedades químicas de solos hidromórficos são influenciadas pela natureza do material de origem e pelo regime de inundações periódicas, uma vez que sua formação encontra-se associada às áreas de baixadas ou depressões localizadas. Desta forma, esses solos apresentam propriedades diversificadas, podendo apresentar variação nos valores de pH, CTC e soma de bases, como foi observado por Fagéria et al. (1994) ao analisar solos de várzeas de vários estados brasileiros.

Prada-Gamero et al. (2004) estudando solos de manguezais encontraram altos valores de CTC, os quais foram atribuídos, principalmente, à elevada quantidade de matéria orgânica presente nestes solos. Em ambientes de mangue, os solos geralmente são ricos em bases apesar dos altos teores de alumínio trocável, como observado por Rossi & Mattos et al. (2002).

Os Gleissolos desenvolvidos em regiões costeiras sob influência constante das marés geralmente apresentam elevadas concentrações de sulfetos de ferro, principalmente na forma de pirita, a qual ocorre em condições

anaeróbicas (sob baixas concentrações de oxigênio) (Pons et al., 1982). As condições aeróbicas propiciadas pela drenagem do solo promovem a oxidação da pirita resultando na formação do ácido sulfúrico e conseqüente redução no pH do solo.

Valores de pH inferiores a 3,5 proporcionam maior solubilidade do ferro e alumínio; e quando encontrados em grande concentração no solo inibem o crescimento das plantas (Dent, 1986). A toxidez por alumínio representa a principal causa desta inibição, pois quando este elemento se acumula nos tecidos das raízes das plantas inibe enzimas envolvidas na síntese da parede celular (Rorison, 1973).

Os altos valores de condutividade elétrica (C.E.) encontrados nestes solos são resultantes do aporte de sais por influência marinha e fluvial e/ou pelo processo de oxidação da pirita (Dent, 1986). Souza-Júnior et al. (2001b) verificaram elevada condutividade elétrica nos solos de várzea, a qual foi atribuída à elevada concentração de H^+ e SO_4^{2-} resultante da oxidação da pirita e não ao aporte de sais promovido pela ação das marés.

2.8. Especiação de Ferro

Em solos de ambientes estuarinos, mais especificamente nos solos ácidos sulfatados, alguns estudos têm sido realizados buscando compreender a geoquímica e o fracionamento dos metais, a exemplo do ferro (Sohlenius & Öborn, 2004; Ferreira et al., 2007a; Claff et al., 2011). O estudo do ferro nestes ambientes torna-se de grande importância, pois além deste elemento ser encontrado, geralmente, em concentrações tóxicas nestes ambientes, interfere nos processos biogeoquímicos, e ainda proporcionam o entendimento dos processos redox que ocorrem no ambiente (Inda Júnior & Kämpf 2003).

No Brasil, esses trabalhos têm sido realizado, principalmente em ambientes de manguezais (Ferreira et al., 2007b; Otero et al., 2009), visto que nestas áreas o ferro e o enxofre apresentam grande influência nos processos biogeoquímicos, em virtude de suas transformações e formação de sulfetos de ferro, principalmente na forma de pirita (Otero et al., 2009).

O estudo da geoquímica do ferro em solos de ambientes estuarinos teve grande avanço com o desenvolvimento de técnicas analíticas capazes de

quantificar este elemento de forma mais precisa. A técnica da extração sequencial consiste em avaliar as formas geoquímicas específicas de metais no solo e tem sido bastante utilizada em solos ácidos sulfatados (Claff et al., 2010).

Nesta técnica, é utilizada uma série de reagentes em uma única amostra de solo, onde cada reagente extrai uma forma específica do metal. Desta forma, vários trabalhos têm avaliado os metais como o ferro nas suas frações específicas no solo, tais como associados à matéria orgânica, associados aos óxidos e oxihidróxidos de baixa e de alta cristalinidade e na forma de sulfetos de ferro (Tessier et al., 1979; Huerta-Diaz & Morse, 1990; Claff et al., 2010).

De acordo com o contexto apresentado, a utilização da extração sequencial para determinação de ferro aumentou bastante, em detrimento da utilização de técnicas que consistem na determinação de teores totais deste elemento. Pois a compreensão do ferro em suas diversas formas auxilia na identificação dos efeitos das variações de seus teores em cada fração, possibilitando melhor interpretação da pedogênese (Otero et al., 2009; Claff et al., 2011).

2.9. Mineralogia

Em ambientes costeiros os argilominerais podem ser originados de duas formas: autóctone ou alóctone (detrital). No primeiro caso, a formação ocorre através da precipitação de íons na solução, ou da transformação de minerais precursores. Enquanto que no segundo, os argilominerais são transportados de outros ambientes através de processos erosivos, podendo sofrer pequenas modificações (Hillier, 1995; Prada-Gamero et al., 2004; Fagel, 2007).

Os minerais comumente encontrados em solos estuarinos são caulinita, illita, esmectita e minerais primários, tais como quartzo e feldspato. Além destes, são frequentes também pirita, hematita, jarosita e halita, a exemplo dos encontrados nos manguezais do norte do Brasil (Vilhena et al., 2010).

Souza-Júnior et al. (2008) ao estudarem solos de manguezais do Estado de São Paulo encontraram uma assembléia mineralógica bastante complexa. Na fração silte os minerais identificados foram quartzo, feldspato, gibbsita, caulinita, illita e vermiculita. Enquanto que na fração argila continha esmectita, caulinita, illita, gibbsita, quartzo e feldspato, além da presença, em alguns

pontos, de vermiculita, anatásio, haloisita e goethita. Quanto à origem dos minerais os autores constataram que a maioria era de origem alóctone, sendo transportados pelos rios, bem como através de correntes de marés ou dos eventos transgressivos ocorridos no Quaternário.

Faria & Sanchez (2001) estudando a mineralogia de áreas estuarinas do Rio de Janeiro, verificaram que os argilominerais micáceos eram predominantes no alto curso do rio próximo à área-fonte primária, enquanto que a caulinita, advinha de alterações de diversos minerais, apresentando maior concentração em direção ao estuário.

Estudando solos de manguezais, Prada-Gamero et al. (2004) observaram que a assembleia mineralógica era composta tanto por argilominerais alóctones (caulinita, micas e esmectitas) como por argilominerais autóctones (micas, esmectitas e pirita). Segundo Gálan (2006), ambientes aquáticos continentais, a exemplo dos estuários, contêm altas proporções de argilas e a quantidade e variedades de minerais de argila são resultantes das diferentes áreas de origem, podendo ocorrer mudanças durante o transporte e deposição, além de mudanças após a sedimentação (diagênese).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área de estudo

O trabalho foi desenvolvido ao longo do litoral pernambucano compreendendo três áreas de várzeas, conforme apresentado na Figura 1.

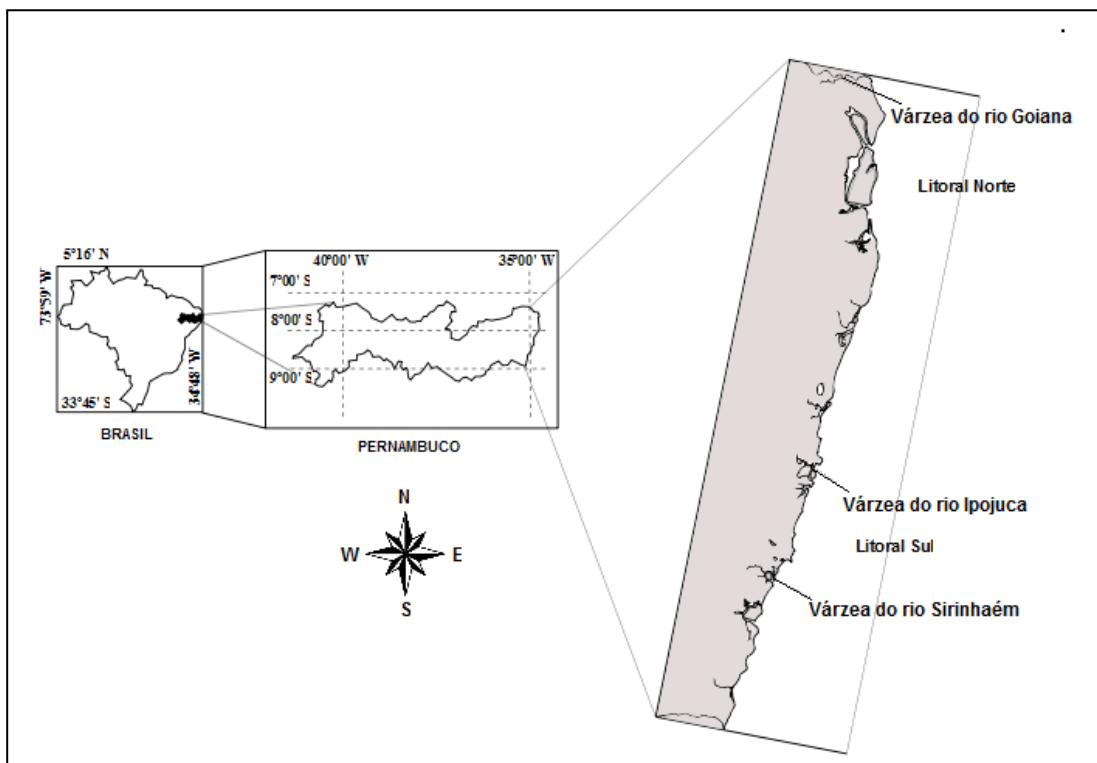


Figura 1. Mapa de localização das três áreas de várzeas estudadas.

No litoral norte, o estudo foi realizado na várzea do rio Goiana (município de Goiana), em área pertencente à Usina Nossa Senhora das Maravilhas, cujas coordenadas da área são $07^{\circ} 33' 05,5''$ de latitude sul e $34^{\circ} 58' 23''$ de longitude a oeste de Greenwich.

A bacia do rio Goiana estende-se desde a região Agreste até a Zona da Mata, sendo representada em grande parte por rochas cristalinas e cristalofílica, as quais são representadas pelo Complexo Migmatítico-Granitóide, secundados pelos xistos e gnaisses. Nas rochas sedimentares predominam os sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras, além de aluviões recentes areno-argilosos do Rio Goiana (CONDEPE, 2005a).

No litoral norte o clima é tropical úmido do tipo As' ou pseudo-tropical da classificação climática de Köppen. A precipitação pluviométrica média anual varia de 1.610 mm em Abreu e Lima para pouco mais de 2.000 mm na cidade de Igarassu, reduzindo-se, gradativamente, ao norte (1.932 mm na Estação Experimental do IPA em Itapirema, município de Goiana e 1.147 mm em Itambé, na divisa de Pernambuco com a Paraíba). As temperaturas médias anuais oscilam em torno de 24°C , nos meses de julho e agosto (considerados

os menos quentes do ano) e de 27°C, em fevereiro (o mês mais quente) (CPRH, 2003).

A vegetação predominante do litoral norte Pernambucano é a Floresta Tropical Subperenifolia (Embrapa, 2006). É uma formação densa, alta, rica em espécies, e que cada vez mais cede lugar à cultura da cana-de-açúcar na zona úmida costeira (Manso et al., 2006).

As estruturas geológicas que afloram no litoral norte são: Formação Barreiras, Formação Beberibe, Formação Gramame, Embasamento Cristalino, Sedimentos recentes e Formação Maria Farinha. Sendo que os depósitos terciários e quaternários constituem a maior parte da área, enquanto que o Embasamento Cristalino ocupa uma estreita faixa (CPRH, 2003).

No litoral sul, o estudo foi realizado na várzea do rio Sirinhaém e na várzea do rio Ipojuca. Na várzea do rio Sirinhaém (município de Sirinhaém) o trabalho foi desenvolvido em áreas pertencentes à Usina Trapiche, cujas coordenadas da área são 08° 34' 17,6" de latitude sul e 35° 04' 15" de longitude a oeste de Greenwich.

A bacia do rio Sirinhaém está nos domínios morfo-estruturais de rochas cristalinas e sedimentares da zona leste do Estado de Pernambuco, no qual os vales fluviais seguem a direção de antigas fraturas das rochas cristalinas e deposição dos sedimentos provenientes do Planalto da Borborema. Dentre as rochas cristalinas os tipos que prevalecem são as suítes magmáticas que correspondem a rochas metaplutônicas (AMBITEC, 2008).

Na várzea do rio Ipojuca (município de Ipojuca) o trabalho foi realizado em áreas pertencentes à Usina Salgado, cujas coordenadas da área são 08° 24' 48,6" de latitude sul e 35° 00' 35,4" de longitude a oeste de Greenwich.

A maior parte da área da bacia do rio Ipojuca é representada por rochas cristalinas e cristalofilianas do pré-Cambriano, cuja unidade litoestratigráfica dominante é o Complexo Migmatítico-Granitóide, onde os granitos e granodioritos são predominantes sobre os migmatitos. Em pequenas áreas, associados a metagrauvacas, quartzitos e calcários cristalinos, encontram-se xistos e gnaisses indiferenciados do pré-Cambriano Superior, que são correlatos do Grupo Salgueiro. Com relação aos sedimentos, percebe-se que dominam os depósitos aluviais recentes, seguidos de afloramentos da

Formação Cabo, que se apresenta através de conglomerados, arenitos, siltitos e argilas, além de vulcanitos sob a forma de diques sills, necks ou derrames, de constituição ácida (riolitos) a básica (traquito e basalto) (CONDEPE, 2005b).

O litoral sul de Pernambuco tem clima tropical úmido com chuvas de inverno antecipadas no outono - clima As' (pseudo tropical) da Classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 2.400 mm e a temperatura média anual da área é de 24°C, variando entre a mínima de 18°C e a máxima de 32° C (CPRH, 1999).

A vegetação predominante do litoral sul Pernambucano é a Floresta Tropical Subperenifólia (Embrapa, 2006), a qual cada vez mais cede lugar à cultura da cana-de-açúcar (Mano et al., 2006).

O relevo do litoral sul de Pernambuco é marcado pela predominância de morros e colinas. Os morros são formas de relevo modeladas em rochas muito antigas, constitutivas do embasamento cristalino, ao passo que as colinas foram modeladas em estruturas mais recentes, pertencentes às Formações Barreiras, Cabo, Algoduais e Ipojuca. Permeando morros e colinas ocorrem planícies fluviais formadas pelas várzeas e terraços dos rios que cortam a área (CPRH, 1999).

3.2. Seleção, coleta e preparo das amostras de solo

Na várzea do rio Goiana foi selecionado apenas um ponto (Figura 2), devido à homogeneidade da área. Nas várzeas do rio Ipojuca e do rio Sirinhaém foram selecionados três pontos em cada uma (Figuras 3 e 4). Todas as áreas estudadas (Tabela 1) estavam com cultivo de cana-de-açúcar e com implantação do sistema de drenagem.

Tabela 1. Coordenadas e altitude dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.

Várzea	Perfil	Coordenada	Altitude (m)
Goiana	Perfil 1	S 07° 33' 18,4"	16 m
		W 034° 57' 52,4"	
Sirinhaém	Perfil 2	S 08° 34' 27,6"	15 m
		W 035° 04' 18,3"	
	Perfil 3	S 08° 34' 17,6"	12 m
		W 035° 04' 15,0"	
Perfil 4	S 08° 34' 00,6"	8 m	
	W 035° 04' 11,3"		
Ipojuca	Perfil 5	S 08° 24' 48,6"	21 m
		W 035° 00' 35,4"	
	Perfil 6	S 08° 24' 35,9"	17 m
W 035° 00' 44,3"			
Perfil 7	S 08° 24' 38,4"	18 m	
		W 035° 00' 50,2"	

Os perfis foram descritos segundo o manual de descrição e coleta de solo no campo (Santos et al., 2005). Após descrição dos perfis foram retiradas amostras por horizonte, com vistas às análises laboratoriais que foram realizadas com a terra fina seca ao ar. Parte das amostras coletadas foi armazenada em sacos plásticos com lacre de zíper e resfriadas imediatamente, mantendo-as assim até o início das análises para evitar a oxidação das mesmas.

As análises físicas e químicas para fins de classificação de solos e mineralógica foram realizadas utilizando as amostras secas ao ar, que foram destorroadas e peneiradas em peneira com malha de 2 mm de abertura, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). Para a realização das análises de pH de incubação, extração total e extração sequencial de ferro foram utilizadas as amostras que foram mantidas refrigeradas.

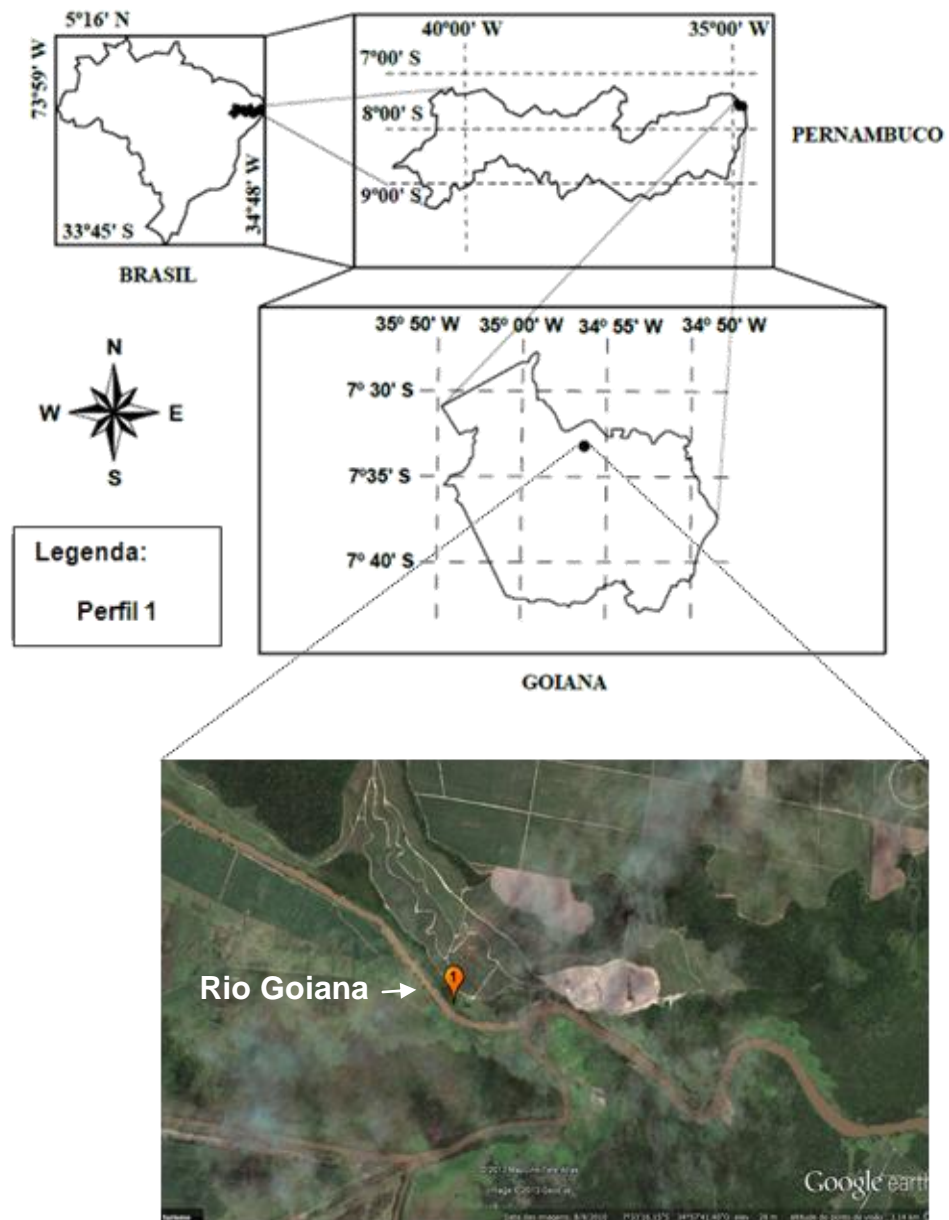


Figura 2. Mapa da localização do perfil coletado na várzea do rio Goiana.

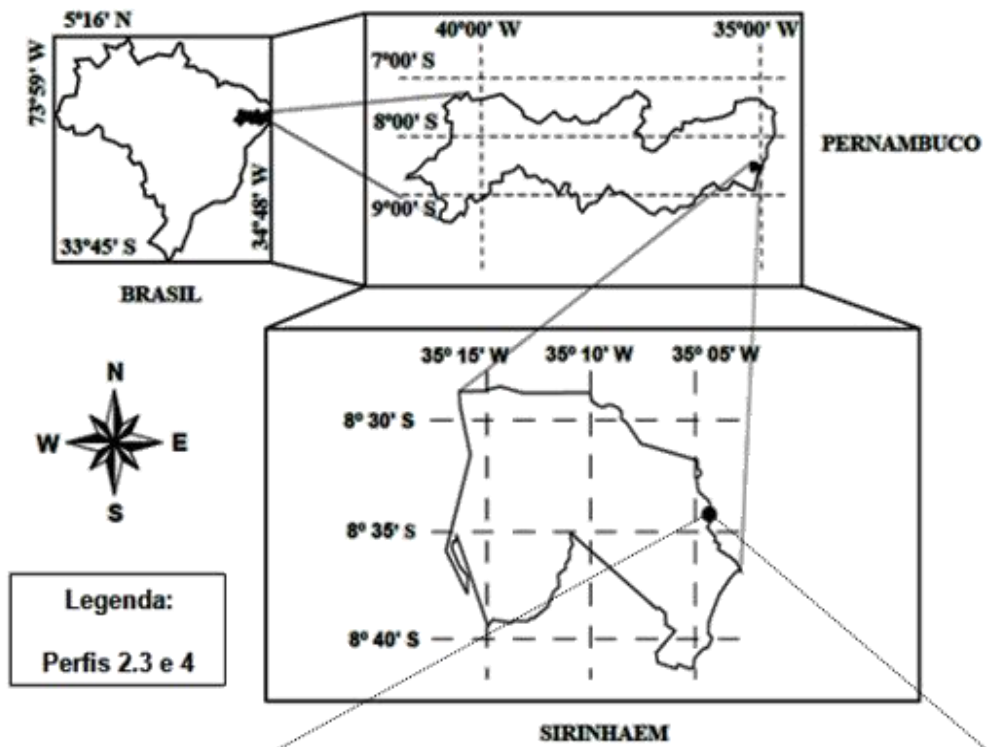


Figura 3. Mapa da localização dos perfis coletados na várzea do rio Sirinhaém.

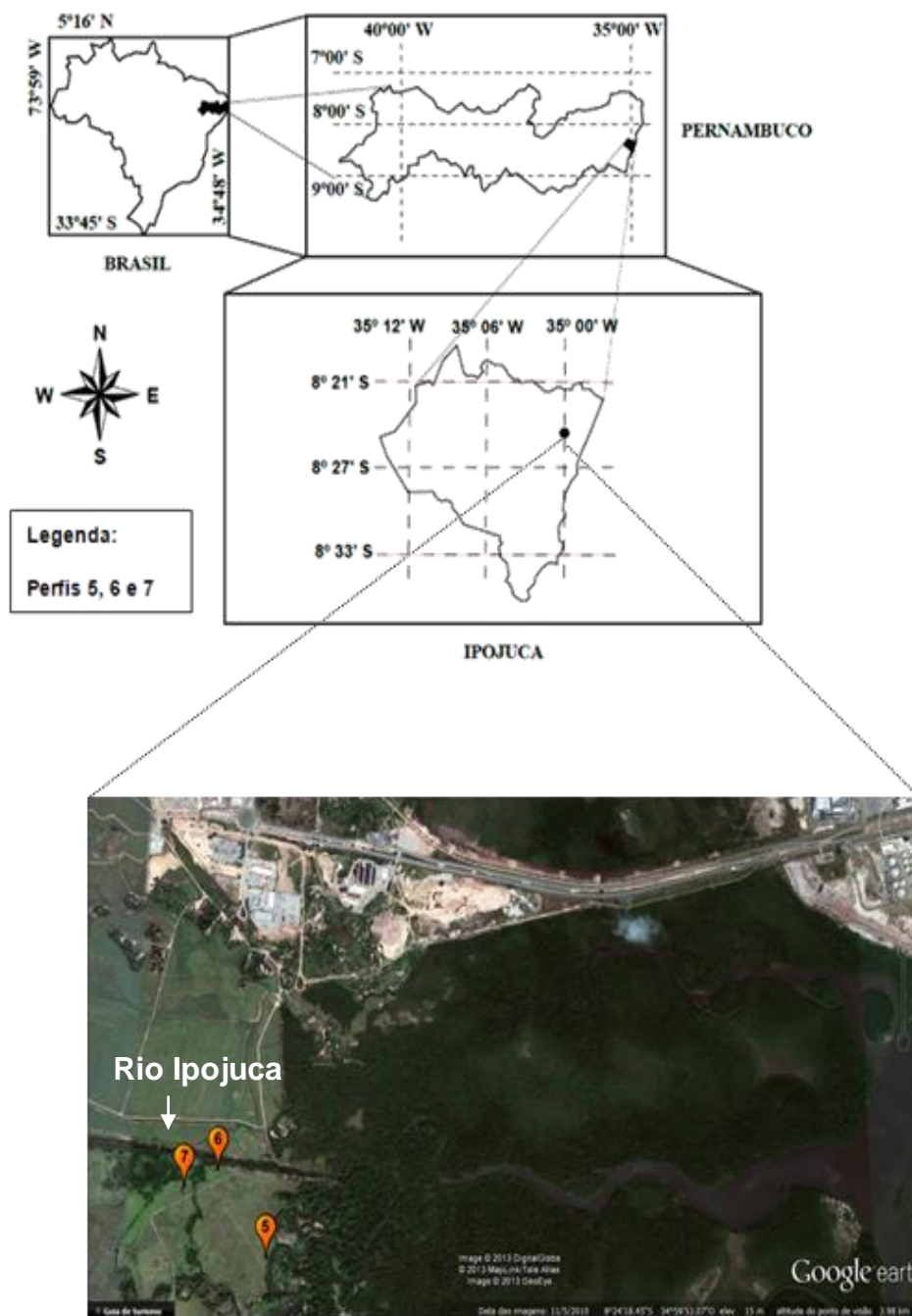


Figura 4. Mapa da localização dos perfis coletados na várzea do rio Ipojuca.

3.3. Análise granulométrica

Na análise granulométrica foi utilizado o método do densímetro, precedido pela etapa da eliminação dos sais com álcool etílico 60% e da matéria orgânica com peróxido de hidrogênio (50%) (Embrapa, 1997). Para realizar a dispersão das amostras de solos foi utilizado hexametáfosfato de sódio tamponado com carbonato de sódio (calgon) como dispersante químico, empregando agitação

lenta através do agitador rotatório tipo Wagner a 50 rpm por 16 horas (Ruiz, 2005). Após a dispersão separou-se a fração areia das frações silte e argila. A fração areia foi obtida através de peneiramento úmido, enquanto as frações silte e argila, em suspensão, foram transferidas para proveta de 1000 ml, agitadas com bastão e após 24 horas realizou-se a leitura do densímetro. O teor de silte foi obtido por diferença.

3.4. Análises químicas

3.4.1. Química de rotina para fins de classificação

As análises químicas de rotina para fins de classificação de solos foram realizadas conforme Embrapa (2009). O pH foi determinado em água e em KCl 1 mol L⁻¹; O cálcio, magnésio e o alumínio trocáveis foram extraídos por solução de KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectroscopia de absorção atômica. A acidez potencial (H + Al) foi determinada por extração com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0, na proporção 1:15 (10 g de solo: 150 mL de solução extratora) e quantificada por titulação com NaOH 0,025 mol L⁻¹; O fósforo, sódio e o potássio foram extraídos com solução de Mehlich-1, sendo que o fósforo foi quantificado por colorimetria, enquanto que o sódio e o potássio foram quantificados por fotometria de chama.

Com os resultados analíticos obtidos foram calculados: variação de pH (Δ pH), soma de bases trocáveis (S), capacidade de troca de cátions (CTC), percentagem de saturação por bases (V), percentagem de saturação por alumínio (m), atividade de argila (T arg) e percentagem de saturação por sódio (PST).

3.4.2. Análise de C e S totais

O carbono orgânico e o enxofre total foram quantificados utilizando analisador elementar (LECO-CNS model 2000), após pré-tratamento das amostras de solo (TFSA) com HCl 6 mol L⁻¹ para eliminar a possível presença de carbonatos.

3.4.3. Pasta saturada

Para avaliação de sulfato e cloreto solúveis foi obtido o extrato de saturação. Os teores de Cl^- foram determinados por titulação de Mohr (Richards, 1954; Bower & Wilcox, 1965), empregando o cromato de potássio como indicador e nitrato de prata como solução titulante, enquanto os teores de SO_4^{2-} foram quantificados por cromatografia iônica. Também foi determinada a condutividade elétrica (C.E.) e pH, os quais foram quantificados diretamente no extrato de saturação, utilizando o condutivímetro digital para medir a C.E e o potenciômetro para medir o pH.

3.4.4. Materiais sulfídricos

A caracterização da presença de materiais sulfídricos foi realizada através da incubação das amostras de solos durante 8 semanas, na forma de camada com 1 cm de espessura e sob condições aeróbicas úmidas (capacidade máxima de retenção de água), de acordo com a metodologia preconizada pela Embrapa (2006).

3.4.5. Extração sequencial e análise total de ferro

A metodologia utilizada para a realização da extração sequencial de ferro neste estudo foi adaptada a partir de métodos propostos por Claff et al. (2010), Huerta-Diaz & Morse (1990), Shuman (1985) e Tessier et al. (1979).

Utilizou-se 2 g de solo de cada amostra refrigerada para serem extraídas as seguintes frações:

(F1) = Extração por $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ 1 mol L^{-1} (Tessier et al., 1979): ferro associado a formas solúveis e trocáveis. As amostras de solo juntamente com 20 mL do extrator foram agitadas por duas horas e em seguida centrifugada (4.000 rpm por 10 minutos) e o sobrenadante filtrado. Ao final de cada fração as amostras foram lavadas com 20 mL de água ultrapura e o sobrenadante das lavagens foi descartado.

(F2) = Extração por NaClO 5-6 dag L^{-1} , pH 8,5 (Shuman, 1985): ferro associado à matéria orgânica. Foram adicionados 10 mL da solução extratora à amostra e em seguida aquecida em banho-maria a 100°C, durante 30 minutos,

ocasionalmente agitadas. Posteriormente, as amostras foram centrifugadas (4.000 rpm por 10 minutos), filtradas e os extratos reservados. Em seguida, foram adicionados 10 mL de água ultrapura às amostras, sendo agitadas por 3 minutos, centrifugadas e filtradas, e o filtrado foi adicionado ao extrato coletado anteriormente. Após esta etapa, foi realizada a quantificação do resíduo da matéria orgânica repetindo todo o procedimento acima e reservando o filtrado em outro frasco.

(F3) = Extração por HCl 1 mol L⁻¹ (Claff et al., 2010): ferro associado às formas de óxidos e oxihidróxidos de baixa cristalinidade. Foram adicionados 40 mL da solução extratora à amostra. Em seguida as amostras foram agitadas por 4 horas em temperatura ambiente, centrifugadas (4.000 rpm por 10 minutos) e filtradas.

(F4) = Extração por DCB (Claff et al., 2010): ferro associado às formas cristalinas de óxidos e oxihidróxidos. Adicionou-se à amostra 20 mL da solução de citrato de sódio 0,25 mol L⁻¹ + bicarbonato de sódio 0,11 mol L⁻¹, em seguida as amostras foram encaminhadas para o banho-maria a 75°C, após chegar a esta temperatura adicionou-se 3 g de ditionito de sódio em cada amostra e agitou-se esporadicamente por 30 minutos. Após esse período as amostras foram centrifugadas (4.000 rpm por 10 minutos) e filtradas.

Antes de se proceder a F5, as amostras foram mantidas sob agitação durante 16 horas com 30 mL de HF 10 mol L⁻¹ para eliminar o Fe associado aos silicatos e, posteriormente, centrifugado (4.000 rpm por 10 minutos). Em seguida, adicionou-se 5g de ácido bórico e agitadas por 8 horas em temperatura ambiente, centrifugado e o sobrenadante descartado. Adicionou-se por duas vezes 20 mL de água ultrapura fervendo às amostras para lavagem, sendo agitadas, centrifugadas e o sobrenadante descartado.

(F5) = Extração por HNO₃ concentrado (Huerta-Diaz & Morse, 1990): extração da pirita. Adicionou-se 10 mL de HNO₃ concentrado nas amostras. Posteriormente, as amostras foram agitadas por 2 horas em temperatura ambiente, centrifugadas (4.000 rpm por 10 minutos), filtradas e o extrato armazenado. Após este procedimento, adicionou-se à amostra 15 mL de água

ultrapura, agitou-se por 3 min e centrifugou-se, sendo o extrato armazenado no mesmo frasco do extrato anterior.

O grau de piritização do Fe (DOP) foi determinado de acordo com a seguinte equação:

$$\text{DOP (\%)} = (\text{Fe pirítico} / \text{Fe reativo} + \text{Fe pirítico}) \times 100$$

Esta equação estabelece a porcentagem de Fe incorporada na fração piritica (Berner, 1970). Neste estudo, considerou-se como ferro reativo o somatório do Fe extraído nas frações F1, F2, F3 e F4 (Ferreira et al., 2010).

A extração total de ferro foi realizada utilizando uma nova amostra de solo. Para esta análise foi realizado o ataque triácido (HCl+HF+HNO₃) e digestão em microondas segundo metodologia preconizada pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América – USEPA 3052 (USEPA, 2012). Posteriormente o Fe extraído em todas as frações acima citadas, foi quantificado por espectroscopia de absorção atômica (modelo AAnalyst 200).

3.5. Análise mineralógica

As análises mineralógicas foram realizadas nas frações: areia grossa, areia fina, silte e argila.

Inicialmente foi realizada a eliminação da matéria orgânica na TFSA, utilizando peróxido de hidrogênio a 50% (Jackson, 1975). Posteriormente, foi feita a dispersão (química com NaOH e mecânica com agitador tipo “Wagner” por 16 h) das frações granulométricas, que possibilitou a separação da areia por peneiramento úmido.

A separação da fração argila da fração silte foi realizada por sifonação. Após cada coleta, o volume de cada proveta era completado com o dispersante NaOH, mantendo o pH entre 8,0 e 8,5. Esse procedimento repetiu-se por várias vezes até a total retirada da fração argila e limpeza da fração silte.

Os difratogramas foram obtidos empregando-se o Difratômetro de Raios X modelo Shimadzu XRD 6000, operando a uma tensão de 40 kv, com corrente de 30 mA, radiação de Cu K α , com monocromador de grafite. As amostras de areia grossa, areia fina e silte foram analisadas apenas na forma de pó não orientado depois de macerada em almofariz de ágata e passadas em peneira

de 48 mesh, enquanto a fração argila também foi analisada como argila natural (pó não orientado) e como agregados orientados sobre lâminas de vidro após serem submetidas aos pré-tratamentos de eliminação de carbonatos e óxidos de ferro, de acordo com os métodos preconizados por Jackson (1975). A análise nas frações areia e silte foi realizada num intervalo de varredura de 5 a $70^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$ e velocidade de $1,0^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$, utilizando fenda de 1,0. Enquanto que na fração argila natural foi realizada num intervalo de varredura de 2 a $70^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$, velocidade de $1,0^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$ e fenda de 0,5.

Com o objetivo de caracterizar os filossilicatos nas amostras, a fração argila submetida aos pré-tratamentos supracitados foram saturadas com KCl e analisadas sob temperatura ambiente e aquecidas a 550°C . As amostras também foram saturadas por MgCl_2 e, posteriormente, solvatadas com glicerol. A disposição das argilas sobre a lâmina de vidro foi realizada sob a forma de esfregaço, obtendo-se assim a amostra orientada. Para estas amostras foi utilizado uma amplitude de varredura entre 2 e $35^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$ e velocidade de registro de $1,0^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$, utilizando fenda de 0,5.

As amostras em que foram identificadas com minerais esmectíticos foram submetidas ao teste de Greene Kelly (Greene Kelly, 1953) com o objetivo de verificar o efeito *Hofmann e Klemen*, o qual permite a distinção entre esmectitas com predomínio de cargas na camada octaédrica (montmorilonita) e as que apresentam predomínio de cargas na camada tetraédrica (beidelita ou nontronita). O tratamento consta da saturação da amostra com $\text{LiCl } 1\text{mol L}^{-1}$, seguido de aquecimento a 270°C durante 9 horas. Ao final, os DRXs foram realizados com os agregados orientados após o aquecimento (Li270) e solvatadas em glicerol (Li270Gli) para análise por difração de raios X (Lim & Jackson, 1986). Para estas amostras foi utilizado intervalo de varredura de 3 a $15^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$, velocidade $1^\circ 2\theta \text{ min}^{-1}$ e fenda de 1,0 .

Os critérios empregados para interpretação dos difratogramas e na identificação dos minerais constituintes das frações areia fina e grossa, silte e argila foram baseados no espaçamento interplanar (d) e no comportamento dos picos de difração conforme apresentado por Jackson (1979), Brown & Brindley (1980) e Moore & Reynolds (1989).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Propriedades Morfológicas

As propriedades morfológicas estão descritas na Tabela 2, e as imagens dos perfis estão apresentadas nas Figuras de 5 a 11. Todos os solos foram enquadrados na ordem dos Gleissolos e apresentaram sequência de horizontes A - C, com exceção dos perfis 3 e 6. No perfil 3 houve a presença do horizonte hístico em subsuperfície (71-100 cm), enquanto que o perfil 6 apresentou horizonte O em superfície (0-5 cm).

De modo geral os solos apresentaram propriedades morfológicas bastante semelhantes. Todos os perfis localizam-se em áreas de relevo plano, característico de ambientes de várzeas; apresentaram coloração acinzentada, indicando intenso processo de gleização e apresentaram predomínio da classe argila, estando condizente com o ambiente de deposição em águas com baixa energia cinética. Os horizontes subsuperficiais apresentaram estrutura maciça e em quase todos os horizontes dos perfis a consistência apresentou-se muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

O perfil 1, localizado na várzea do rio Goiana, apresentou sequência de horizontes Ap, Cgnz1, Cgnz2, 2Cgnz3, 3Cgnz4, sendo bastante influenciado pelo lençol freático a partir de 98 cm de profundidade, o que dificultou a identificação do horizonte mais profundo. Este perfil foi desenvolvido a partir de material holocênico, constituído por sedimentos argilosos fluviais. Está localizado em relevo plano e apresenta condição de má drenagem, refletindo pelo processo de gleização na maior parte do perfil, expressa pelas cores bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2) nos dois primeiros horizontes e cinzento escuro (2,5Y 4/1) no horizonte 3Cgnz4, limitando-se ao lençol freático. Apresenta textura argila-siltosa até 50 cm de profundidade passando para franco-argilo-arenosa no horizonte 2Cgnz3. Na maior parte do perfil a estrutura apresenta-se maciça e a consistência apresenta-se muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

Tabela 2. Propriedades morfológicas dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.

Horiz.	Prof. Cm	Cor úmida	Textura	Estrutura	Consistência	Transição
P1. GLEISSOLO – Várzea do rio Goiana						
Ap	0-16	10YR 4/2	Argila siltosa	Moderada pequena granular	Extremamente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e ondulada
Cgnz1	16-34	10YR 4/2	Argila siltosa	Maciça	Extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Gradual e plana
Cgnz2	34-50	2,5Y 3/1	Argila siltosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Abrupta e ondulada
2Cgnz3	50-75	2,5Y 5/2	Franco-argilo-arenosa	Maciça	Firme, plástica e pegajosa	Abrupta e ondulada
3Cgnz4	75-98	2,5Y 4/1	Argila siltosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	-
-	98-118+		Muito argilosa	-	-	-
P2. GLEISSOLO – Várzea do rio Sirinhaém						
Ap	0-8	10YR 4/2	Argila	Fraca pequena a média e blocos subangulares	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana
AC	8-27	10YR 4/2	Muito argilosa	Fraca média e blocos subangulares	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana
Cg1	27-45	2,5Y 6/2	Argila	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Gradual e plana
Cg2	45-74	10YR 5/2	Argila siltosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana
Cgj	74-115+	5Y 5/1	Franco-argilo-arenosa	Maciça	Muito firme, plástica e pegajosa	-
P3. GLEISSOLO - Várzea do rio Sirinhaém						
Ap	0-8	10YR 3/2	Argila	Fraca, pequena e blocos subangulares	Firme, plástica e pegajosa	Clara e plana
AC	8-25	7,5YR 3/2	Argila	Fraca média e blocos subangulares	Muito firme, plástica e pegajosa	Clara e plana
Cg1	25-56	10YR 3/2	Muito argilosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e ondulada
Cg2	56-71	7,5YR 4/2	Muito argilosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Abrupta e ondulada
2Hoj	71-100	7,5YR 3/2	Franca	Maciça	Friável, plástica e pegajosa	Abrupta e ondulada
3Cgj	100-120+	10YR 3/1	Franco argilosa	-	Muito firme, plástica e muito pegajosa	-

Tabela 2. Continuação...

Horiz.	Prof. Cm	Cor úmida	Textura	Estrutura	Consistência	Transição
P4. GLEISSOLO - Várzea do rio Sirinhaém						
Ap	0-10	10YR 4/2	Franca	Maciça a fraca, média e blocos subangulares	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana
AC	10-17	10YR 4/2	Argila	Fraca, média e blocos subangulares a blocos angulares	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Gradual e plana
Cg1	17-66	7,5YR 4/2	Argila	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana
Cg2	66-100	2,5Y 5/2	Muito argilosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	-
Cg3	100-112	-	-	-	-	-
2Cgj	112-120	-	-	-	-	-
P5. GLEISSOLO - Várzea do rio Ipojuca						
Ap	0-12	10YR 3/2	Muito argilosa	Fraca média a grande e blocos subangulares	Extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana
Cg1	12-30	10YR 3/2	Muito argilosa	Maciça a fraca, grande e blocos subangulares	Extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Gradual e plana
Cg2	30-57	10YR 5/2	Muito argilosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana
Cg3	57-100	2,5Y 5/2	Muito argilosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	-
Cg4	100-115+	-	-	-	-	-
P6. GLEISSOLO - Várzea do rio Ipojuca						
Oo	0 - 5	10YR 5/1	Muito argilosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Clara e plana
Agn	5-15	10YR 3/1	Argila	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	Gradual e plana
Cgn1	15-54	5Y 4/1	Muito argilosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	-
Cgn2	54-85	5Y 4/1	Muito argilosa	-	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	-
Cgn3	85-100	-	-	-	Muito firme, muito plástica e muito pegajosa	-
P7. GLEISSOLO - Várzea do rio Ipojuca						
Ap	0-10	10YR 3/1	Argila	Fraca pequena a média e blocos subangulares	Extremamente dura, muito firme, muito plástica e pegajosa	Clara e plana
AC	10-30	10YR 4/2	Argila	Fraca, média e blocos subangulares	Extremamente duro, muito firme, muito plástica e pegajosa	Gradual e plana
Cg1	30-80	10YR 2/2	Muito argilosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e pegajosa	Abrupta e ondulada
Cg2	80-120+	2,5Y 5/2	Muito argilosa	Maciça	Muito firme, muito plástica e pegajosa	-



Figura 5: Perfil 1 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Goiana.

Os perfis 2, 3 e 4, os quais estão localizados na várzea do rio Sirinhaém, foram desenvolvidos a partir de material holocênico compreendendo sedimentos aluviais. Todos esses perfis foram considerados mal drenados, sendo que o perfil 2 por localizar-se em posição mais alta, próxima do rio, apresentou lençol freático a uma profundidade maior (115 cm+) em relação aos perfis 3 e 4.

O perfil 2 apresentou sequência de horizontes Ap, AC, Cg1, Cg2 e Cgj, com cores bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2) nos dois primeiros horizontes e cinzento (5Y 5/1) no horizonte mais subsuperficial. Enquanto que o perfil 3 apresentou sequência de horizontes Ap, AC, Cg1, Cg2, 2Hoj e 3Cgj, com cores bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2) e bruno-escuro (7,5YR 3/2) nos horizontes mais superficiais e cinzento muito escuro (10YR 3/1) em subsuperfície. Estes dois perfis (2 e 3) apresentam as demais propriedades morfológicas semelhantes, como classe textural argila nos primeiros horizontes e franca nos horizontes subsuperficiais; estrutura maciça na maior parte do perfil e consistência muito firme, muito plástica e muito pegajosa. A elevada

quantidade de matéria orgânica nesta área conferiu ao perfil 3 o aparecimento de horizonte hístico com 29 cm de espessura.

O perfil 4 apresentou sequência de horizontes Ap, AC, Cg1, Cg2, Cg3 e 2Cgj, com cores bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2) nos primeiros horizontes e bruno-acinzentado (2,5Y 5/2) no horizonte Cg2. A forte influência do lençol freático impossibilitou a descrição morfológica dos horizontes Cg3 e 2Cgj. Observou-se textura franca em superfície passando para argila a partir de 10 cm; estrutura maciça a fraca, média e blocos subangulares em superfície passando para maciça aos 17 cm de profundidade e consistência muito firme, muito plástica e muito pegajosa ao longo do perfil. Por localizar-se em posição mais baixa da paisagem sofre forte influência do lençol freático, o qual se apresenta a partir de 100 cm de profundidade.



Figura 6: Perfil 2 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Sirinhaém.



Figura 7: Perfil 3 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Sirinhaém.



Figura 8: Perfil 4 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Sirinhaém.

Os perfis 5, 6 e 7 estão localizados na várzea do rio Ipojuca e foram formados a partir de sedimentos aluviais holocênicos desta várzea. O perfil 5 apresentou sequência de horizontes Ap, Cg1, Cg2, Cg3 e Cg4, com cores bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2) nos dois primeiros horizontes e bruno-acinzentado (2,5Y 5/2) no horizonte Cg3. A sua localização próxima à ombreira do rio, na parte mais alta, favorece melhor condição de drenagem em relação aos demais perfis desta várzea, sendo considerado um solo imperfeitamente a mal drenado. Este perfil apresenta como material de origem os sedimentos argilosos, refletindo em textura muito argilosa ao longo do perfil. Observou-se estrutura fraca média a grande e blocos subangulares em superfície passando de forma clara e plana para maciça a partir dos 30 cm de profundidade. Quanto à consistência apresentou-se extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa em superfície, enquanto que em subsuperfície apresentou-se muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

O perfil 6 apresentou sequência de horizontes Oo, Agn, Cgn1, Cgn2 e Cgn3, com cores cinzento (10YR 5/1) e cinzento muito escuro (10YR 3/1) nos dois primeiros horizontes e cinzento-escuro (5Y 4/1) nos horizontes subjacentes. O horizonte Oo trata-se de um horizonte orgânico que foi apenas descrito e não coletado. A presença do lençol freático ocorre a partir de 85 cm de profundidade, sendo considerado um solo muito mal drenado. Apresenta textura muito argilosa; estrutura maciça e consistência muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

O perfil 7 apresentou sequência de horizontes Ap, AC, Cg1 e Cg2. É considerado um solo imperfeitamente a mal drenado. Apresentou textura argila a muito argilosa ao longo do perfil; estrutura fraca pequena a média e blocos subangulares em superfície passando de forma abrupta e ondulada para maciça em subsuperfície. Quanto à consistência, apresentou-se extremamente dura, muito firme, muito plástica e pegajosa nos primeiros horizontes e muito firme muito plástica e pegajosa em profundidade.



Figura 9: Perfil 5 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Ipojuca.



Figura 10: Perfil 6 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Ipojuca.



Figura 11: Perfil 7 - GLEISSOLO, localizado na várzea do rio Ipojuca.

4.2. Granulometria dos solos

De acordo com os resultados das análises granulométricas (Tabela 3), observou-se maior predominância da fração argila em todos os perfis, com teores de argila variando de 235 g kg^{-1} a 947 g kg^{-1} , apresentando predomínio das classes texturais muito argilosa e argila. A fração silte também se destaca com valores de 48 a 500 g kg^{-1} de solo, sobretudo nos perfis 1, 2 e 3. Este resultado condiz com o sistema hidrodinâmico dos rios, uma vez que a energia cinética das águas tende a decrescer próximo à sua foz, favorecendo a deposição de materiais de menor granulometria (Qiao et al., 2010). Yamashita et al. (2009) estudando a distribuição dos sedimentos ao longo de um estuário verificaram predomínio de partículas finas nos locais mais protegidos à ação das ondas, onde a deposição era efetuada através do sistema hídrico fluvial de baixa energia.

O elevado teor de areia encontrada no horizonte 2Cgnz3 do perfil 1 (495 g kg^{-1}) e no horizonte Cgj do perfil 2 (505 g kg^{-1}), localizados na várzea do rio Goiana e do rio Sirinhaém, respectivamente, deve-se provavelmente à contribuição de antigos cordões arenosos de eventos pretéritos de regressões/transgressões marinhos durante o Quaternário. Souza-Júnior et al. (2007) estudando a distribuição de partículas em solos de manguezais,

observaram que os depósitos de areia eram associados aos eventos transgressivos e regressivos marinhos ocorridos no Quaternário.

Tabela 3. Granulometria e classe textural dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.

Horizonte	Profund. cm	Areia		Areia total	Silte	Argila	Classe textural
		Grossa	Fina				
-----g kg ⁻¹ -----							
P1. GLEISSOLO - Várzea do rio Goiana							
Ap	0-16	8	65	74	428	498	Argila Siltosa
Cgnz1	16-34	14	109	124	429	448	Argila Siltosa
Cgnz2	34-50	14	50	65	500	435	Argila Siltosa
2Cgnz3	50-75	10	484	495	270	235	Franco-Argilo-Arenosa
3Cgnz4	75-98	2	17	20	415	565	Argila Siltosa
-	98-118+	7	8	16	353	631	Muito Argilosa
P2. GLEISSOLO - Várzea do rio Sirinhaém							
Ap	0-8	17	122	140	267	593	Argila
AC	8-27	10	73	83	289	627	Muito Argilosa
Cg1	27-45	6	77	84	375	541	Argila
Cg2	45-74	20	72	94	431	476	Argila Siltosa
Cgj	74-115+	63	441	505	146	349	Franco-Argilo-Arenosa
P3. GLEISSOLO - Várzea do rio Sirinhaém							
Ap	0-8	249	103	353	120	527	Argila
AC	8-25	145	101	247	207	546	Argila
Cg1	25-56	23	26	50	296	654	Muito Argilosa
Cg2	56-71	31	22	54	263	683	Muito Argilosa
2Hoj	71-100	100	189	290	469	241	Franca
3Cgj	100-120+	8	201	210	438	352	Franco-Argilosa
P4. GLEISSOLO - Várzea do rio Sirinhaém							
Ap	0-10	202	125	328	427	245	Franca
AC	10-17	281	105	387	74	540	Argila
Cg1	17-66	245	151	398	92	510	Argila
Cg2	66-100	55	83	140	179	681	Muito Argilosa
P5. GLEISSOLO - Várzea do rio Ipojuca							
Ap	0-12	9	40	50	247	703	Muito Argilosa
Cg1	12-30	8	36	46	107	847	Muito Argilosa
Cg2	30-57	1	7	9	142	850	Muito Argilosa
Cg3	57-100	1	5	6	68	926	Muito Argilosa
Cg4	100-115+	2	7	10	62	928	Muito Argilosa
P6. GLEISSOLO - Várzea do rio Ipojuca							
Agn	5-15	21	25	47	335	618	Muito Argilosa
Cgn1	15-54	96	38	135	282	583	Argila
Cgn2	54-85	4	4	9	191	800	Muito Argilosa
Cgn3	85-100	2	2	5	48	947	Muito Argilosa
P7. GLEISSOLO - Várzea do rio Ipojuca							
Ap	0-10	109	111	220	348	431	Argila
AC	10-30	100	103	203	261	536	Argila
Cg1	30-80	7	19	28	137	835	Muito Argilosa
Cg2	80-120+	0	2	3	256	741	Muito Argilosa

4.3. Propriedades químicas

4.3.1. pH, bases trocáveis, alumínio trocável e capacidade de troca de cátions.

Os menores valores de pH em KCl em relação ao pH em água resultaram em ΔpH negativo, indicando predominância de cargas negativas em todos os solos (Tabela 4).

Em relação aos valores de pH em água, o perfil 1, localizado na várzea do rio Goiana, apresentou valores variando entre 4,5 e 3,7. Os perfis 2 e 3, os quais estão localizados na várzea do rio Sirinhaém, apresentaram reação extremamente ácida com valores de pH decrescendo em profundidade. No perfil 2 os valores variaram entre 4,2 e 2,3, enquanto que no perfil 3, a variação foi de 4,1 a 1,9, evidenciando nestes perfis a presença de horizonte sulfúrico, o qual é caracterizado por valores de pH igual ou inferior a 3,5. Souza-Júnior et al. (2001a) e Toivonen & Österholm (2011) estudando solos ácidos sulfatados no Brasil e Finlândia, respectivamente, observaram valores de pH inferiores a 3,5. O perfil 4 apresentou valores de pH muito baixos, variando de 4,1 a 2,4. No entanto, a evidência de horizonte sulfúrico neste solo a partir de 112 cm de profundidade (abaixo da seção de controle), não permitiu enquadrá-lo como tiomórfico, mas apenas como solos tiônicos. A extrema acidez encontrada nos solos da várzea do rio Sirinhaém (perfis 2, 3 e 4) deve-se a oxidação da pirita, em decorrência do sistema de drenagem instalado na área de cultivo.

Os perfis 5, 6 e 7, referentes à várzea do rio Ipojuca, apresentaram valores de pH mais elevados em relação aos demais perfis, variando de 4,3 a 6,0. Valores próximos à neutralidade foram encontrados nos horizontes mais superficiais dos perfis 5 e 7, o que podem estar relacionados com a aplicação superficial de calcário nesta área.

Tabela 4. Propriedades químicas dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.

Horiz.	Esp. cm	pH		Δ pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³	(H+Al)	SB	CTC	T arg g kg ⁻¹ argila	V	m	PST	C.O g kg ⁻¹	P (disp.) mg kg ⁻¹
		H ₂ O	KCl															
P1. GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico																		
Ap	0-16	4,5	3,8	-0,7	6,61	5,25	0,31	0,70	0,6	11,5	12,9	24,4	49	53	5	3	27,21	9,19
Cgnz1	16-34	4,0	3,4	-0,6	6,63	5,66	0,12	2,59	1,5	14,1	15,0	29,2	65	51	9	9	23,79	7,89
Cgnz2	34-50	3,7	3,3	-0,4	15,08	5,51	0,13	3,89	2,4	16,2	24,6	40,9	93	60	9	10	21,26	17,58
2Cgnz3	50-75	3,9	3,2	-0,6	2,24	2,92	0,05	2,09	1,0	5,3	7,3	12,7	53	58	13	17	6,35	5,22
3Cgnz4	75-98	4,1	3,4	-0,7	4,33	5,14	0,15	3,67	0,8	10,7	13,3	24,0	42	55	6	15	13,50	5,00
-	98-118+	4,4	3,7	-0,7	5,16	6,12	0,52	3,77	0,3	10,8	15,6	26,4	41	59	2	14	18,20	12,68
P2. GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico																		
Ap	0-8	4,2	3,9	-0,3	1,55	2,44	0,24	0,70	2,1	15,6	4,9	20,6	34	24	30	3	54,80	14,13
AC	8-27	4,1	3,6	-0,5	1,71	2,26	0,16	0,58	2,0	18,2	4,7	23,0	36	20	30	3	56,40	6,78
Cg1	27-45	3,9	3,3	-0,6	1,15	2,16	0,13	0,61	1,9	9,5	4,1	13,6	25	30	32	5	20,89	2,16
Cg2	45-74	3,6	3,2	-0,4	1,08	2,56	0,11	1,08	3,4	15,4	4,8	20,3	42	24	41	5	44,47	1,42
Cgj	74-115+	2,3	2,2	-0,1	1,10	3,79	0,01	0,33	10,1	31,0	5,2	36,3	103	14	66	1	34,70	1,49
P3. GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico																		
Ap	0-8	4,1	3,8	-0,3	1,34	1,57	0,38	0,91	2,0	19,4	4,2	23,7	44	18	33	4	60,20	13,52
AC	8-25	3,9	3,6	-0,3	1,35	1,79	0,25	0,53	3,9	22,5	3,9	26,5	47	15	50	2	68,90	11,94
Cg1	25-56	3,9	3,6	-0,3	1,48	1,91	0,23	0,79	4,7	24,5	4,4	29,0	43	15	52	3	74,80	16,85
Cg2	56-71	3,6	3,2	-0,4	1,28	2,53	0,14	0,62	3,5	11,9	4,6	16,5	23	28	44	4	32,60	1,52
2Hoj	71-100	2,8	2,7	-0,1	2,60	4,06	0,07	2,09	31,1	76,1	8,8	85,0	355	10	78	2	200,00	1,61
3Cgj	100-120+	1,9	1,9	0,0	1,16	4,76	0,01	0,32	23,9	74,5	6,3	80,8	223	8	79	0	49,40	1,13

T arg = atividade de argila.

Tabela 4. Continuação...

Horiz.	Esp. cm	pH		Δ pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	CTC	T arg g kg ⁻¹ argila	V -----%-----	m	PST	C.O g kg ⁻¹	P (disp.) mg kg ⁻¹
		H ₂ O	KCl															
P4. GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tíônico																		
Ap	0-10	4,0	3,7	-0,3	0,54	0,29	0,20	0,08	2,6	11,8	1,1	12,9	50	9	70	1	24,93	7,85
AC	10-17	3,9	3,6	-0,3	0,65	0,20	0,07	0,08	2,2	13,3	1,0	14,4	26	7	69	1	26,28	9,22
Cg1	17-66	3,6	3,4	-0,2	0,48	0,15	0,03	0,07	2,6	12,9	0,7	13,6	26	5	78	1	19,92	9,19
Cg2	66-100	4,0	3,6	-0,4	1,43	1,31	0,14	0,20	1,5	16,7	3,1	19,9	28	16	34	1	31,38	9,28
Cg3	100-112	4,1	3,6	-0,4	1,41	1,27	0,13	0,36	1,1	15,5	3,2	18,7	-	17	27	2	34,94	11,70
2Cgj	112-120	2,4	2,4	0,0	0,32	0,59	0,01	0,03	7,7	16,9	1,0	17,9	-	5	89	0	6,37	14,43
P5. GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico																		
Ap	0-12	5,4	4,4	-1,0	8,58	7,03	0,17	0,45	0,5	6,5	16,2	22,7	31	71	3	2	18,18	5,59
Cg1	12-30	6,0	4,8	-1,2	8,97	7,65	0,09	0,43	0,4	4,7	17,1	21,9	25	78	2	2	13,90	9,97
Cg2	30-57	4,4	3,4	-1,0	5,08	3,87	0,03	0,40	1,7	8,6	9,4	18,1	21	52	15	2	6,78	0,54
Cg3	57-100	4,3	3,2	-1,1	4,00	3,59	0,05	0,53	7,5	10,5	8,2	18,7	20	44	48	3	5,02	0,75
Cg4	100-115+	4,2	3,1	-1,1	3,22	2,96	0,06	0,60	9,0	15,6	6,8	22,5	24	30	57	3	5,90	0,62
P6. GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico																		
Agn	5-15	4,3	3,8	-0,5	3,82	6,93	0,52	3,39	2,3	16,5	14,7	31,2	50	47	14	11	48,20	12,32
Cgn1	15-54	4,9	4,0	-0,9	2,81	7,17	0,32	2,85	0,7	7,4	13,2	20,6	35	64	5	14	13,87	17,17
Cgn2	54-85	4,4	3,6	-0,8	2,88	6,90	0,26	3,86	1,0	6,9	13,9	20,8	26	67	7	19	7,23	7,03
Cgn3	85-100	4,8	3,9	-0,9	3,30	8,69	0,22	3,96	0,9	5,5	16,2	21,7	22	75	6	18	9,09	5,62
P7. GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico																		
Ap	0-10	5,2	4,2	-1,0	4,87	2,88	0,31	0,27	0,5	6,5	8,3	14,9	34	56	6	2	17,07	29,45
AC	10-30	4,8	3,6	-1,1	3,66	2,24	0,16	0,16	1,4	7,9	6,2	14,2	26	44	18	1	12,97	21,02
Cg1	30-80	4,4	3,4	-0,9	2,99	3,20	0,05	0,26	5,9	13,8	6,5	20,4	24	32	48	1	11,50	16,29
Cg2	80-120+	4,4	3,4	-1,0	1,80	3,65	0,06	0,24	7,5	9,32	5,8	15,1	20	38	57	2	4,47	2,30

T arg = atividade de argila.

Os teores de cálcio apresentaram os maiores valores no perfil 1 (várzea do rio Goiana) , variando entre 2,24 e 15,08 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Tabela 4). As elevadas concentrações de cálcio encontradas neste perfil podem ser atribuídas aos anfibólitos constituintes do Complexo Migmatítico - Granitóide, o qual compõe a bacia do rio Goiana (CONDEPE, 2005a).

Nos perfis 2, 3 e 4 (várzea do rio Sirinhaém) foram encontrados os menores teores de cálcio, com valores médios de 1,31 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, 1,53 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e 0,80 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. Já nos perfis 5, 6 e 7 (várzea do rio Ipojuca) os valores de cálcio apresentaram-se elevados, principalmente nos horizontes mais superficiais, os quais apresentaram valores de 8,58 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, 3,82 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e 4,87 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. Elevadas concentrações de cálcio nos perfis 5, 6 e 7 pode estar associado aos calcários cristalinos constituintes da bacia do rio Ipojuca (CONDEPE, 2005b), além da aplicação de calcário, por se tratar de uma área sob intenso cultivo de cana-de-açúcar.

Em relação ao magnésio, os maiores teores deste elemento foram encontrados nos horizontes subsuperficiais de quase todos os perfis, com exceção do perfil 5. O perfil 1 apresentou elevados teores de magnésio com valores variando entre 2,92 e 6,12 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ao longo do perfil. Este resultado é reflexo tanto do aporte marinho-fluvial, como da presença de minerais fontes deste elemento, como mica do tipo biotita e esmectita, identificadas por DRX (Figura 19 e 28).

Nos Gleissolos Tiomórficos, perfis 2 e 3, o magnésio foi o cátion dominante entre as bases trocáveis, apresentando os maiores valores nos horizontes sulfúricos destes perfis (3,79 e 4,76 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente). Isto vem a corroborar com os resultados encontrados por Souza-Júnior et al. (2001b) em solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe no estado de Alagoas. Os perfis 5, 6 e 7, localizados na várzea do rio Ipojuca, apresentaram os maiores teores de magnésio em relação aos perfis localizados nas várzeas do rio Goiana e do rio Sirinhaém, chegando a atingir valores da ordem de 8,69 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no perfil 6. As fontes de magnésio nos solos estão relacionadas à sua mineralogia, dotada de minerais micáceos, além de esmectita nos perfis 1, 3 e 5.

Os teores de potássio no perfil 1 variaram entre 0,05 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no horizonte 2Cgnz3 e 0,52 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no horizonte mais subsuperficial (98-118

cm+). Nos perfis 2, 3 e 4 os teores de potássio foram maiores nos horizontes superficiais, os quais apresentaram valores de 0,24, 0,38 e 0,20 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. Condição semelhante foi encontrada nos perfis 5, 6 e 7, em que os horizontes superficiais destes perfis apresentaram os maiores teores, com valores de 0,17; 0,52 e 0,31 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. As fontes de potássio nos solos podem ser atribuídas à ilita, identificadas por DRX.

Em relação ao sódio trocável, os valores variaram de baixos a altos ao longo dos perfis, apresentando os maiores teores em subsuperfície. No complexo de troca houve dominância do sódio em relação ao potássio, chegando até mesmo a apresentar valores compatíveis com os de cálcio. Os perfis 1 e 6, referentes à várzea do rio Goiana e várzea do rio Ipojuca, respectivamente, apresentaram os maiores teores de sódio trocável. No perfil 1 o horizonte sob forte influência do lençol freático (98 - 118 cm+) apresentou valor de sódio trocável de 3,77 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Enquanto que no perfil 6, o horizonte mais subsuperficial apresentou valor de 3,96 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

As elevadas concentrações de sódio encontradas nos horizontes subsuperficiais dos perfis 1 e 6 podem ser atribuídas à intrusão salina marinha no lençol freático (cunha salina), uma vez que este elemento representa um dos principais constituintes das águas oceânicas, como se pode observar na seguinte sequência de dominância: $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} = \text{K}^+$ (Culkin & Cox, 1966).

A percentagem de saturação por sódio (PST) encontrada no perfil 1 foi de 17 e 15% nos horizontes 2Cgnz3 e 3Cgnz4, respectivamente (Tabela 4), o que permite classificá-lo com caráter sódico (PST \geq 15%) no terceiro nível categórico (GLEISSOLO SÁLICO Sódico). No perfil 6 os valores de PST variaram de 11 a 19%, o que também permite a classificação do caráter sódico no quarto nível categórico (GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico). Por outro lado, os perfis 2, 3, 4, 5 e 7 não apresentam problemas de saturação por sódio, pois os valores não ultrapassaram 5%.

Em relação à soma de bases (SB), o perfil 1 apresentou os maiores valores, variando entre 7,3 e 24,6 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, tendo o cálcio como principal contribuinte para sua elevação (Tabela 4).

Nos perfis 2 e 3, ambos tiomórficos, foi observado relação inversa entre a soma de bases e os valores de pH, apresentando nos horizontes sulfúricos os maiores valores de soma de bases (5,2 e 8,8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente) em relação aos demais horizontes destes perfis. Isto corrobora com os resultados encontrados por Souza-Júnior et al. (2001b), em solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe. O valor de soma de bases mais elevado nesses horizontes ocorreu, provavelmente, devido à hidrólise ácida promovida pela forte acidez de minerais fontes de elementos básicos, a exemplo da illita e feldspato promovendo a liberação de potássio, além de esmectitas liberando cálcio e magnésio.

Nos perfis 5 e 7 os valores de soma de bases decresceram em subsuperfície. Isto pode ter ocorrido devido à aplicação de calcário na área, uma vez que nos horizontes superficiais destes perfis o cálcio foi o cátion dominante entre as bases no complexo de troca.

A saturação por bases (V) variou bastante entre os perfis, resultando em solos eutróficos e solos distróficos. Apesar dos horizontes sulfúricos dos solos tiomórficos (perfis 2 e 3) apresentarem os maiores valores de soma de bases dentro do perfil, apresentaram baixa saturação por bases, com valores menores que 15%. Ritsema et al. (1992) estudando solos ácidos sulfatados verificaram permuta catiônica no complexo de troca de cátions básicos como Ca e Mg por Al. Os menores valores de saturação por bases encontrados em solos tiomórficos devem-se ao predomínio de cátions ácidos (H + Al) nos sítios de troca em detrimento dos elementos básicos.

Quanto ao alumínio trocável, os menores teores foram encontrados no perfil 1, com valores variando entre 0,3 e 1,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Tabela 4). Já os horizontes sulfúricos dos perfis 2, 3 e 4 apresentaram elevados teores, com valores aproximados de 10, 31 e 8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente, refletindo em elevada saturação por alumínio (66, 78 e 89 %, respectivamente). Souza-Júnior et al. (2001a) e Anda et al. (2009), estudando solos ácidos sulfatados do Brasil e da Indonésia, respectivamente, encontraram valores de saturação por alumínio superiores a 80%. As elevadas concentrações de alumínio encontradas nos solos com presença tiomorfismo (perfis 2, 3 e 4) estão

relacionadas com hidrólise ácida de aluminossilicatos (feldspato e caulinita), que ocorreu devido à extrema acidez promovida pelo processo de sulfurização.

Os perfis 5, 6 e 7, referentes à várzea do rio Ipojuca, apresentaram valores máximos de alumínio de 9,0, 2,3 e 7,5 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, respectivamente. No perfil 7, valores de alumínio maiores que 4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ na maior parte do perfil proporcionaram caráter alítico ao solo. Os elevados teores de alumínio encontrados nestes perfis devem-se, provavelmente à presença de caulinita e feldspato oriundos do complexo de gnaisses da bacia do rio Ipojuca.

Os maiores valores de acidez potencial (H+Al) foram encontrados nos horizontes sulfúricos dos solos tiomórficos, os quais apresentaram valores de 31,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no perfil 2 e de 76,1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no perfil 3 (Tabela 4). Isto está relacionado com a liberação de H^+ na solução do solo em consequência da oxidação da pirita. O elevado valor de acidez potencial encontrado no horizonte hístico do perfil 3 (76,1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) deve-se, além do H^+ resultante da oxidação da pirita, aos íons H^+ provenientes dos grupos carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica.

Quanto aos valores de CTC, o perfil 1 apresentou valores variando entre 12,7 e 40,9 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, com os maiores valores em superfície. Os perfis 2, 3 e 4 apresentaram valores de CTC variando entre 12,9 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no horizonte Ap do perfil 4 e 85,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no horizonte 2Hoj do perfil 3. Os perfis 5, 6 e 7 apresentaram valores máximos de 22,7, 31,2 e 20,4 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, respectivamente, apresentando-se nos horizontes mais superficiais. Os valores de CTC nos perfis podem ser atribuídos à presença de matéria orgânica, a qual possui elevada área superficial específica, permitindo maior capacidade de troca catiônica, além da presença de minerais de argila do tipo 2:1, tais como a mica, illita e esmectita, sendo esta última encontrada nos perfis 1, 3 e 5.

4.3.2. Carbono orgânico e fósforo disponível

No perfil 1, referente à várzea do rio Goiana, os teores de carbono orgânico decresceram em profundidade, apresentando valor máximo de 27,21 g kg^{-1} no horizonte Ap (Tabela 4). Nos perfis 2, 3 e 4, referentes à várzea do rio

Sirinhaém, os valores de carbono orgânico variaram ao longo do perfil, chegando a atingir valores da ordem de 200 g kg^{-1} no horizonte subsuperficial (71-100 cm) do perfil 3, permitindo enquadrá-lo como horizonte hístico. O elevado teor de carbono orgânico coincidindo no horizonte sulfúrico encontra-se coerente, uma vez que a matéria orgânica é um dos principais componentes na formação de solos ácidos sulfatados (Pons, 1982). Nos perfis 5, 6 e 7, referentes à várzea do rio Ipojuca, os maiores valores de carbono orgânico foram encontrados nos horizontes superficiais, apresentando valores de 18 g kg^{-1} , 48 g kg^{-1} e 17 g kg^{-1} , respectivamente. Elevados teores de carbono na superfície destes solos podem ser atribuídas ao acúmulo de matéria orgânica em superfície.

Quanto aos teores de fósforo, os valores decresceram em profundidade em quase todos os perfis, com exceção dos perfis 1 e 4. O perfil 1 (várzea do rio Goiana), apresentou elevados teores de fósforo, com valores variando entre $5,0$ e $17,58 \text{ mg kg}^{-1}$. O elevado teor de fósforo encontrado nesta área deve-se, provavelmente, à presença das jazidas de fosforita, constituintes da Formação Gramame, a qual aflora, em parte, na margem do rio Goiana (CPRH, 2003).

Na várzea do rio Sirinhaém os horizontes sulfúricos dos perfis 2 e 3 apresentaram baixos teores de fósforo, com valores de $1,49 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte Cgj do perfil 2 e de $1,61 \text{ mg kg}^{-1}$ no horizonte 2Hoj do perfil 3. Resultado semelhante foi observado por Souza-Júnior et al. (2001b) ao analisar solos tiomórficos da várzea do estado de Alagoas. Os menores teores de fósforo encontrados nestes horizontes podem estar associados à extrema acidez resultante do processo de sulfurização, favorecendo a insolubilidade deste elemento (Dent, 1986).

Na várzea do rio Ipojuca (perfis 5, 6 e 7) os maiores teores de fósforo apresentaram-se em superfície, com valores variando entre $5,59$ e $29,45 \text{ mg kg}^{-1}$. Isto se deve, provavelmente, à elevada quantidade de matéria orgânica encontrada nos horizontes mais superficiais, uma vez que este elemento representa um dos principais constituintes da estrutura de moléculas orgânicas (Zech et al., 1997), ou da adição de fertilizantes, já que esta área encontra-se em intenso cultivo de cana-de-açúcar.

4.3.3. pH de incubação, sulfato solúvel e enxofre total

A presença de materiais sulfídricos, avaliados através do teste do pH de incubação, foi confirmada apenas para os perfis 2, 3 e 4 (Tabela 5), os quais estão localizados na várzea do rio Sirinhaém. No perfil 2, os materiais sulfídricos foram identificados no horizonte Cgj, em virtude do decréscimo no pH de 2,51 durante o período de 8 semanas de incubação do solo. Enquanto que no perfil 3, foi constatada nos horizontes 2Hoj e 3Cgj, apresentando decréscimo no pH de 1,18 e 1,47, respectivamente. A presença de materiais sulfídricos associada aos valores de pH inferiores a 3,5 (Tabela 4) nestes horizontes permitiu classificá-los como sulfúricos, justificando o enquadramento destes solos como tiomórficos.

Apesar do horizonte Cg3 do perfil 4 apresentar decréscimo no pH superior a 0,5 (de 5,06 a 4,29), não foi constatada a presença de materiais sulfídricos no referido horizonte, pois o decréscimo no pH durante o período de incubação, não foi suficiente para atingir valor final igual ou menor que 4,0, conforme Embrapa (2006). Por outro lado, constatou-se a presença de materiais sulfídricos no horizonte 2Cgj do mesmo perfil, confirmando a ocorrência de horizonte sulfúrico na profundidade de 112 a 120 cm, o que permitiu a classificação deste solo como tiônico. A presença de materiais sulfídricos nos perfis 2, 3 e 4, referentes à várzea do rio Sirinhaém, pode ser devido ao aporte de sedimentos ricos em sulfato, que em condições anaeróbica são reduzidos formando os materiais sulfídricos.

Tabela 5. Valores de enxofre total e pH de incubação dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.

Horizonte	Profundidade cm	Enxofre Total %	pH de incubação	
			1º dia	60º dia
P1. GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico				
Ap	0-16	0,07	4,63	4,66
Cgnz1	16-34	0,07	4,33	4,35
Cgnz2	34-50	0,08	4,05	4,06
2Cgnz3	50-75	0,03	4,61	4,55
3Cgnz4	75-98	0,04	4,95	4,90
	98-118+	0,05	4,94	4,55
P2. GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico				
Ap	0-8	0,07	4,60	4,54
AC	8-27	0,08	4,50	4,61
Cg1	27-45	0,04	4,50	4,41
Cg2	45-74	0,15	4,60	4,20
Cgj	74-115+	0,70	5,10	2,59
P3. GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico				
Ap	0-8	0,14	4,15	4,11
AC	8-25	0,15	4,19	4,16
Cg1	25-56	0,16	4,06	4,13
Cg2	56-71	0,11	3,91	4,00
2Hoj	71-100	1,95	3,67	2,49
3Cgj	100-120+	2,06	3,85	2,38
P4. GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tiônico				
Ap	0-10	0,04	4,14	4,10
AC	10-17	0,08	4,06	4,11
Cg1	17-66	0,05	4,02	4,03
Cg2	66-100	0,06	4,93	4,58
Cg3	100-112	0,08	5,06	4,29
2Cgj	112-120	0,04	5,29	3,47
P5. GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico				
Ap	0-12	0,02	5,30	5,47
Cg1	12-30	0,02	5,42	5,34
Cg2	30-57	0,03	4,66	4,52
Cg3	57-100	0,01	4,63	4,42
Cg4	100-120	0,04	4,49	4,53
P6. GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico				
Agn	5-15	0,08	4,73	4,66
Cgn1	15-54	0,02	5,25	5,10
Cgn2	54-85	0,03	5,29	4,90
Cgn3	85-100	0,02	5,69	5,28
P7. GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico				
Ap	0-10	0,02	5,37	5,28
AC	10-30	0,01	5,02	4,80
Cg1	30-80	0,02	4,70	4,56
Cg2	80-120+	0,02	4,81	4,58

As maiores concentrações de sulfato foram observadas nos perfis 2, 3 e 4 em horizontes que apresentaram pH inferiores a 3,0, com valores variando entre 171,20 e 802,82 mmol_c L⁻¹, o que corresponde a 1,64 e 7,71%, respectivamente (Tabela 6). Estes horizontes obedeceram ao requisito para enquadramento como horizonte sulfúrico, o qual estabelece que esta concentração seja igual ou superior a 0,05% (Embrapa, 2006). Anda et al. (2009) estudando solos ácidos sulfatados da Indonésia observaram aumento do íon sulfato após oxidação da pirita. A elevada concentração de sulfato encontrada na várzea do rio Sirinhaém (perfis 2, 3 e 4) é resultante da oxidação da pirita em virtude da drenagem, uma vez que o sulfato é um dos principais produtos deste processo. Pode-se ainda observar que os horizontes dos perfis 2 e 3 que apresentaram elevada concentração de sulfato solúvel apresentaram também os maiores teores de enxofre total, com valores de 0,70 e 2,06 % (Tabela 5), respectivamente.

Nas várzeas do rio Goiana (perfil 1) e do rio Ipojuca (perfis 5, 6 e 7) as concentrações de sulfato foram menores, quando comparadas com os solos sujeitos à sulfurização. Apesar disso, os perfis 1 e 6 apresentaram horizontes com valores de sulfato superiores a 0,05%, porém não foram classificados como horizontes sulfúricos, pois não apresentaram pH igual ou inferior a 3,5 em amostras TFSA (Tabela 4).

4.3.4. Pasta saturada

A determinação de íons solúveis no extrato de saturação tem grande importância na classificação de Gleissolos, uma vez que este solo desenvolve-se principalmente em áreas sob influência marinha, podendo apresentar caráter salino (C.E. ≥ 4 e menor que 7dS m⁻¹) ou sálico (C.E. ≥ 7 dS m⁻¹).

No perfil 1 (várzea do rio Goiana), a alta salinidade indicada pela condutividade elétrica maior que 7 dS m⁻¹ encontrado no horizonte Cgnz2 (Tabela 6), permitiu a classificação deste solo como Gleissolo Sálico. Os altos valores de condutividade elétrica neste perfil estão relacionados, principalmente, com a elevada concentração de cloreto em subsuperfície, indicando possivelmente a ocorrência de intrusão salina marinha no lençol freático (cunha salina).

Os maiores valores de condutividade elétrica (C.E.) foram encontrados nos horizontes sulfúricos dos perfis 2, 3 e 4, com valores de 15 dS m⁻¹, 21 dS m⁻¹ e 9 dS m⁻¹, respectivamente. Contrariamente ao que ocorreu no perfil 1, onde a elevada condutividade elétrica é consequência da concentração de sais solúveis provenientes da água do mar por processo de intrusão salina, a condutividade elétrica nos perfis 2, 3 e 4 está relacionada às elevadas concentrações de H⁺ e SO₄²⁻ resultantes da oxidação da pirita. Isto pode ser confirmado pelas elevadas concentrações de sulfato e ausência de cloreto nos horizontes sulfúricos destes perfis. Lin & Melville (1993) estudando solos de ambientes estuarinos da Austrália observaram que a relação SO₄²⁻/Cl⁻ foi mais alta nas camadas em que houve a oxidação da pirita promovida pela drenagem.

A condutividade elétrica encontrada nos perfis 5, 6 e 7 (várzea do rio Ipojuca) apresentaram valores máximos de 0,46 dS m⁻¹, 5,05 dS m⁻¹ e 0,39 dS m⁻¹, respectivamente, com predominância de valores muito baixos.

Nas Figuras de 12 a 15 observa-se uma série de relações demonstrando o efeito do processo de oxidação dos materiais sulfídricos na geração da acidez e de ânions sulfato, refletindo na elevada C.E.; além de comprovar a ausência do processo de salinização por influência marinha na várzea do rio Sirinhaém. Para tanto, foram feitas relações entre as variáveis nos sete perfis de solos; somente nos solos tiomórficos; e nos solos não tiomórficos.

Na Figura 12 observa-se forte correlação (R²=0,88) entre pH e C.E. nos solos tiomórficos, demonstrando que a acidez do solo influencia fortemente os valores de condutividade elétrica. Pode-se notar ainda nesta figura a baixa correlação (R²=0,41) destas variáveis para os solos não tiomórficos. A elevada C.E. encontrada nos solos tiomórficos está associada com o processo de sulfurização promovido pelo sistema de drenagem, resultando em elevadas concentrações de H⁺ e íons sulfato. Esta afirmação pode ser reforçada quando se observa as fortes correlações entre SO₄²⁻ e pH (Figura 13), e entre SO₄²⁻ e C.E. (Figura 14) em solos tiomórficos.

Tabela 6. Análise de ânions solúveis (SO_4^{2-} e Cl^-), pH e C.E. do extrato da pasta saturada dos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.

Horizonte	Profund. cm	pH do extrato	C.E. dS m ⁻¹	SO ₄ ²⁻		Cl ⁻ mmol _c L ⁻¹
				mmol _c L ⁻¹	%	
P1. GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico						
Ap	0-16	4,3	2,12	7,55	0,07	15,28
Cgnz1	16-34	4,4	6,03	-	-	-
Cgnz2	34-50	4,0	7,95	45,95	0,44	54,73
2Cgnz3	50-75	4,4	6,62	-	-	-
3Cgnz4	75-98	4,9	4,80	4,43	0,04	56,74
-	98-118+	-	-	-	-	-
P2. GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico						
Ap	0-8	5,6	1,76	2,03	0,02	15,42
AC	8-27	4,5	1,37	-	-	-
Cg1	27-45	5,1	1,16	3,53	0,03	7,36
Cg2	45-74	3,6	2,37	-	-	-
Cgj	74-115+	2,3	15,43	346,34	3,33	N.D.
P3. GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico						
Ap	0-8	4,2	2,47	9,38	0,09	23,73
AC	8-25	4,1	1,69	-	-	-
Cg1	25-56	4,1	1,68	7,89	0,08	11,23
Cg2	56-71	3,9	1,18	-	-	-
2Hoj	71-100	2,6	11,41	253,05	2,43	N.D.
3Cgj	100-120+	1,8	21,38	802,82	7,71	N.D.
P4. GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tiônico						
Ap	0-10	4,3	0,24	0,51	0,00	1,81
AC	10-17	4,5	0,22	-	-	-
Cg1	17-66	4,2	0,37	1,15	0,01	1,55
Cg2	66-100	4,3	0,48	-	-	-
Cg3	100-112	-	-	-	-	-
2Cgj	112-120	2,3	9,35	171,20	1,64	N.D.
P5. GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico						
Ap	0-12	6,7	0,46	0,96	0,01	4,05
Cg1	12-30	6,3	0,44	-	-	-
Cg2	30-57	4,8	0,21	-	-	-
Cg3	57-100	5,0	0,18	0,50	0,00	2,34
Cg4	100-115+	-	-	-	-	-
P6. GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico						
Agn	5-15	4,4	5,05	13,49	0,13	51,39
Cgn1	15-54	5,0	3,21	-	-	-
Cgn2	54-85	5,0	3,19	12,12	0,12	18,82
Cgn3	85-100	-	-	-	-	-
P7. GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico						
Ap	0-10	6,3	0,39	0,64	0,01	2,95
AC	10-30	5,4	0,17	-	-	-
Cg1	30-80	5,7	0,12	0,36	0,00	0,75
Cg2	80-120+	5,7	0,11	-	-	-

N.D. = Não detectado.

A baixa correlação entre íon Cl^- e C.E. (Figura 15) nos perfis 2, 3 e 4 ($R^2=0,26$), os quais apresentaram timorfismo, demonstra a ausência da influência marinha atual na várzea do rio Sirinhaém. Já nos demais perfis, localizados na várzea do rio Goiana (P1) e várzea do rio Ipojuca (P5, P6 e P7) apresentaram alta correlação entre íon Cl^- e C.E, podendo ser atribuído à cunha salina.

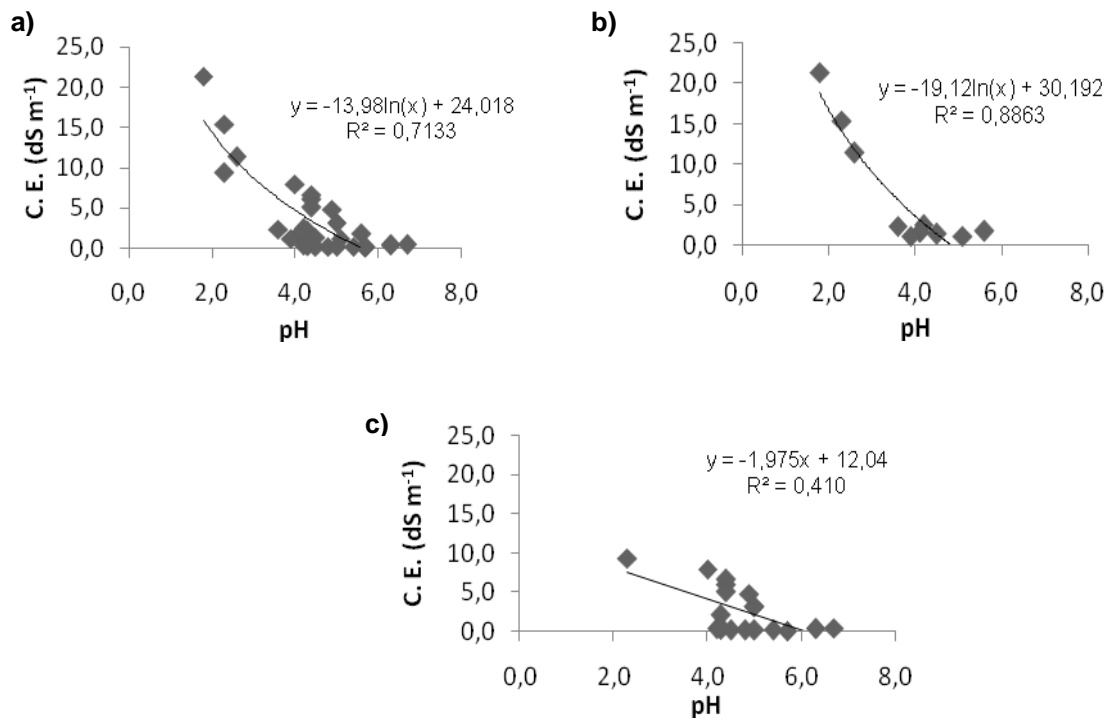


Figura 12. Relações entre pH e C.E. nos sete perfis de solos de várzea (a); em solos timórficos (b); e em solos não timórficos (c).

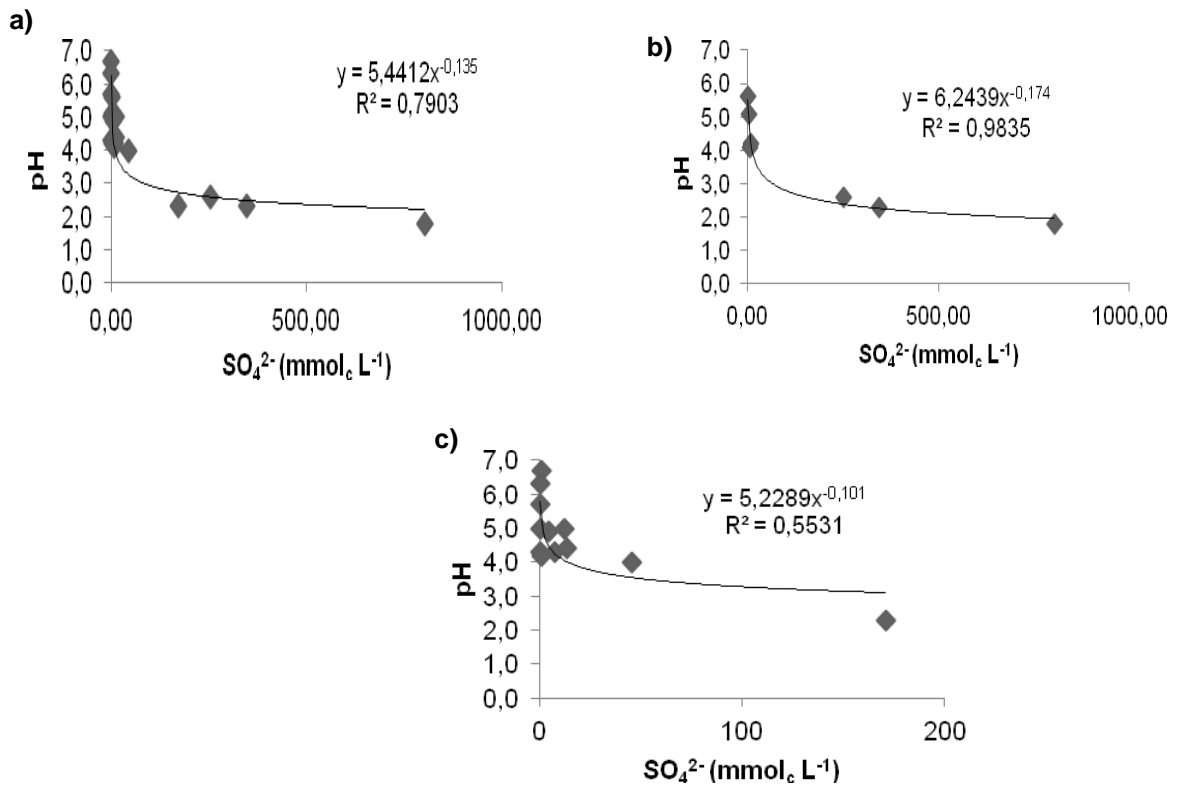


Figura 13. Relações entre SO_4^{2-} e pH nos sete perfis de solos de várzea (a); em solos tiomórficos (b); e em solos não tiomórficos (c).

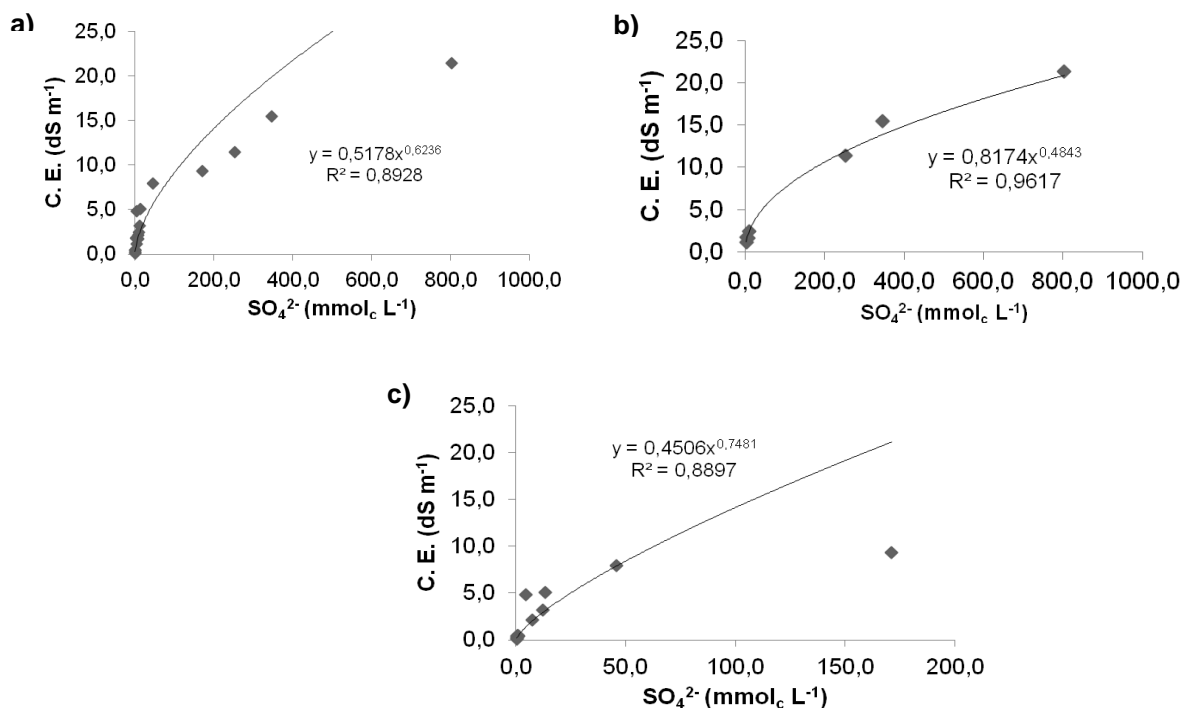


Figura 14. Relações entre SO_4^{2-} e C.E. nos sete perfis de solos de várzea (a); em solos tiomórficos (b); e em solos não tiomórficos (c).

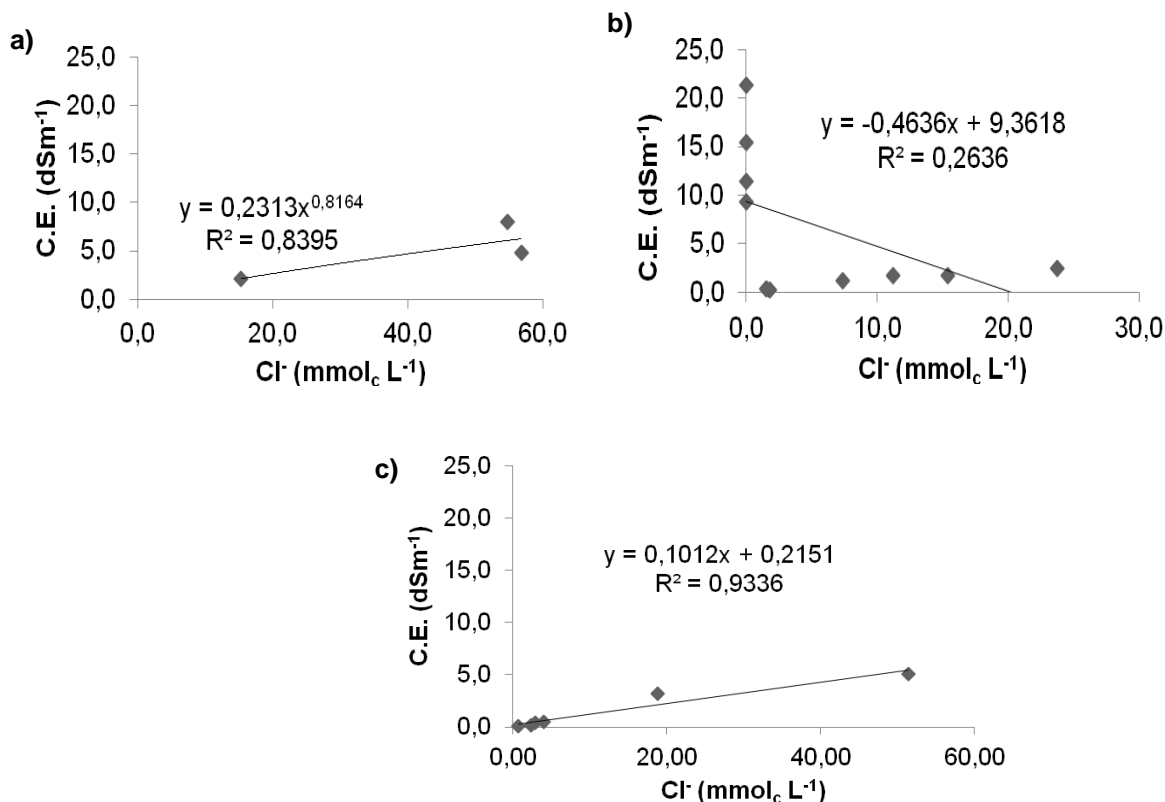


Figura 15. Relações entre Cl^- e C.E. no perfil 1, várzea do rio Goiana (a); nos perfis 2, 3 e 4, várzea do rio Sirinhaém (b); e nos perfis 5, 6 e 7, várzea do rio Ipojuca (c).

4.3.5. Extração sequencial de ferro

Os teores de ferro solúveis e trocáveis apresentaram valores abaixo do nível de detecção em todos os perfis, apresentando teores apenas nos horizontes subsuperficiais dos perfis 1, 3 e 4, com valor de $0,1 \text{ mmol kg}^{-1}$ (Tabela 7). Baixas concentrações de ferro costumam ser observadas nesta fração (Tessier et al., 1979; Claff et al., 2010). O fato dos horizontes subsuperficiais destes perfis terem apresentado as maiores concentrações de ferro pode ser atribuído à condição de intenso hidromorfismo promovendo a redução do ferro e consequente desestabilização estrutural, ocorrendo então seu deslocamento para a solução do solo (Costa & Bigam, 2009).

Quanto aos teores de ferro associados à matéria orgânica, todos os perfis apresentaram valores abaixo do nível de detecção, com exceção do perfil 3, que apresentou nos horizontes 2Hoj e 3Cgj valores de $0,02$ e $0,08 \text{ mmol kg}^{-1}$,

respectivamente (Tabela 7). Claff et al. (2010) ao estudar fracionamento de ferro nos solos ácidos sulfatados da Austrália encontraram baixos teores de ferro associado à matéria orgânica, com valores inferiores a 1 % do ferro extraído. Os maiores teores de ferro encontrados no perfil 3 devem-se ao elevado teor de carbono orgânico na várzea correspondente a este perfil, principalmente na planície de inundação, onde este perfil se encontra localizado, indicando então a ocorrência da complexação de ferro por compostos orgânicos.

Os maiores teores de ferro foram encontrados associados às formas de oxihidróxidos de baixa cristalinidade em relação às demais frações (Tabela 7). No perfil 1 (várzea do rio Goiana) os valores variaram entre 1,17 mmol kg⁻¹ no horizonte Ap e 0,07 mmol kg⁻¹ no horizonte mais subsuperficial (98 - 118 cm+). Os perfis 2, 3 e 4 (várzea do rio Sirinhaém) apresentaram valores médios de 0,22 mmol kg⁻¹, 0,46 mmol kg⁻¹ e 0,77 mmol kg⁻¹, respectivamente. Enquanto que os valores médios de ferro nos perfis 5, 6 e 7 foram de 0,06 mmol kg⁻¹, 0,13 mmol kg⁻¹ e 0,09 mmol kg⁻¹, respectivamente. Claff et al. (2010) estudando solos ácidos sulfatados da Austrália, obtiveram os maiores teores de ferro nesta fração, encontrando cerca de 60 % do ferro extraído.

As maiores concentrações de ferro associados às formas de oxihidróxidos de baixa cristalinidade nos perfis podem estar relacionados com o ambiente de formação destes solos, onde prevalece o hidromorfismo e constante acúmulo de matéria orgânica, a qual atua inibindo a cristalização dos óxidos de ferro (Schwertmann, 1966), a exemplo da ferridrita e schwertmannita (Otero et al., 2009; Claff et al., 2010).

Além das condições supracitadas, os teores de ferro encontradas nos perfis 2, 3 e 4 estão associados com a situação geoquímica destes solos imposta pelo sistema de drenagem implantado na área, favorecendo a oxidação da pirita e conseqüente aumento nas concentrações de ferro (Van Breemen, 1973).

Em relação aos teores de ferro associados às formas de oxihidróxidos de alta cristalinidade, o perfil 1 apresentou os maiores teores, com valores variando entre 0,06 mmol kg⁻¹ no horizonte Ap e 0,16 mmol kg⁻¹ no horizonte mais subsuperficial (98 - 118 cm+). Os demais perfis apresentaram valor médio

de 0,01 mmol kg⁻¹, com exceção do perfil 4, que apresentou valor de 0,03 mmol kg⁻¹. A condição oxidante destes solos imposta pela drenagem pode estar contribuindo na cristalização dos óxidos de ferro. Claff et al. (2011) ao estudar solos ácidos sulfatados da Austrália, verificaram aumento nos teores de ferro associados aos oxihidróxidos de alta cristalinidade à medida em que os solos foram oxidados. As concentrações de ferro nos perfis 2, 3 e 4 ainda podem estar relacionadas com o processo de sulfurização, resultando na liberação de íons ferro, que em condições oxidantes precipitam formando minerais oxídicos de alta cristalinidade, a exemplo da goethita.

Os teores de ferro associados à pirita foram maiores nos perfis 2 e 3. No perfil 2 os valores variaram entre 0,01 e 0,14 mmol kg⁻¹. Enquanto no perfil 3, a variação foi de valores abaixo do nível de detecção a 0,15 mmol kg⁻¹, apresentando os maiores valores em profundidade. Altos teores de ferro na forma pirítica em subsuperfície foram observados em solos de manguezais do Estado de São Paulo (Ferreira et al., 2007b; Otero et al., 2009). As concentrações de ferro associados à pirita nos perfis 2 e 3 estão relacionadas ao fato de, durante as transgressões marinhas, estes solos terem acumulado sedimentos ricos em sulfato, que sob condições hidromórficas e presença de matéria orgânica foi reduzido, ocorrendo então a formação dos materiais sulfídricos, no caso, pirita. Isto condiz com os elevados teores de carbono orgânico e de sulfato nos horizontes subsuperficiais destes solos (Tabelas 4 e 6).

Em relação ao grau de piritização (DOP) o perfil 1 (várzea do rio Goiana) apresentou valores variando entre 2,4 % no horizonte Cgzn1 e 16,0 % no horizonte 2Cgzn3 (Figura 16). Os perfis 2 e 3 (várzea do rio Sirinhaém) apresentaram piritização mais intensa nos horizontes subsuperficiais, apresentando valores máximos de 31,5 % e 25,9 %, respectivamente. Estes valores estão próximos aos encontrados em solos de manguezais no sudeste do Brasil, os quais apresentaram valores de DOP variando entre 19 e 32 % (Otero et al., 2009). O grau de piritização nos perfis 5, 6 e 7 apresentaram valores máximos de 42,8 %, 37,9 % e 39,3 %, respectivamente. Os valores de DOP foram maiores em profundidade em quase todos os perfis, com exceção

dos perfis 5 e 6. Isto condiz com os valores de ferro associados à pirita, a qual se mantém estável em condição de redução (Pons & Van Breemen, 1982).

Quanto aos teores de ferro total, o perfil 1, localizado na várzea do rio Goiana, apresentou os maiores teores, com valores variando entre 0,59 mmol kg⁻¹ no horizonte 2Cgnz3 e 1,56 mmol kg⁻¹ no horizonte mais subsuperficial (98-118 cm+). Nos perfis 2, 3 e 4, localizados na várzea do rio Sirinhaém, os valores médios foram de 0,35 mmol kg⁻¹, 0,28 mmol kg⁻¹ e 0,51 mmol kg⁻¹, respectivamente. Os perfis 5, 6 e 7, referentes à várzea do rio Ipojuca, apresentaram valores médio de 0,59 mmol kg⁻¹, 0,55 mmol kg⁻¹ e 0,44 mmol kg⁻¹, respectivamente. Os teores de ferro encontrados no perfil 1 deve-se, provavelmente, à biotita do Complexo Migmatítico-Granitóide, constituinte da bacia do rio Goiana (CONDEPE, 2005a). Enquanto que os teores de ferro nos demais perfis podem ser atribuídos às rochas vulcânicas básicas, tais como traquito e basalto, oriundos da Bacia Cabo (Nascimento et al., 2009).

Tabela 7. Teores de ferro nas frações da extração sequencial e teor total nos sete perfis de várzea do litoral de Pernambuco.

Horiz.	Prof. cm	Fe Mg(NO ₃) ₂	Fe NaClO	Fe HCl	Fe DCB	Fe HNO ₃	Fe (HCl+HF+ HNO ₃)
-----mmol kg ⁻¹ de solo-----							
P1. GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico							
Ap	0-16	N.D.	N.D.	1,17	0,06	0,03	1,36
Cgnz1	16-34	N.D.	N.D.	0,99	0,11	0,03	1,21
Cgnz2	34-50	N.D.	N.D.	0,72	0,13	0,03	1,25
2Cgnz3	50-75	N.D.	N.D.	0,18	0,08	0,05	0,59
3Cgnz4	75-98	N.D.	N.D.	0,65	0,07	0,03	1,05
-	98-118+	0,01	N.D.	0,07	0,16	0,01	1,56
P2. GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico							
Ap	0-8	N.D.	N.D.	0,47	0,01	0,01	0,59
AC	8-27	N.D.	N.D.	0,21	0,02	0,01	0,29
Cg1	27-45	N.D.	N.D.	0,05	N.D.	0,02	0,24
Cg2	45-74	N.D.	N.D.	0,10	N.D.	0,01	0,28
Cgj	74-115+	N.D.	N.D.	0,27	0,02	0,14	0,35
P3. GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico							
Ap	0-8	N.D.	N.D.	0,42	0,02	0,01	0,25
AC	8-25	N.D.	N.D.	0,18	0,01	N.D.	0,12
Cg1	25-56	N.D.	N.D.	0,17	0,01	0,01	0,21
Cg2	56-71	N.D.	N.D.	0,16	N.D.	0,01	0,26
2Hoj	71-100	N.D.	0,02	0,25	0,01	0,10	0,24
3Cgj	100-120+	0,01	0,08	1,56	0,02	0,15	0,60
P4. GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tiônico							
Ap	0-10	N.D.	N.D.	0,90	0,03	0,01	0,46
AC	10-17	N.D.	N.D.	0,73	0,03	0,01	0,38
Cg1	17-66	N.D.	N.D.	0,96	0,03	0,01	0,45
Cg2	66-100	N.D.	N.D.	1,01	0,09	N.D.	0,84
Cg3	100-112	0,01	N.D.	0,57	0,01	0,01	0,60
2Cgj	112-120	N.D.	N.D.	0,46	0,01	0,01	0,30
P5. GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico							
Ap	0-12	N.D.	N.D.	0,03	0,01	0,03	0,49
Cg1	12-30	N.D.	N.D.	0,11	0,01	0,01	0,58
Cg2	30-57	N.D.	N.D.	0,05	0,01	0,02	0,56
Cg3	57-100	N.D.	N.D.	0,04	0,02	0,01	0,67
Cg4	100-115+	N.D.	N.D.	0,05	0,01	0,02	0,65

Fe - Mg(NO₃)₂ (ferro associado às formas solúveis e trocáveis), Fe - NaClO (ferro associado à matéria orgânica), Fe - HCl (ferro associado às formas de óxidos e oxihidróxidos de baixa cristalinidade), Fe - DCB (ferro associado a formas cristalinas de óxidos e oxihidróxidos), Fe - HNO₃ (ferro associados à pirita), Fe - HCl+HF+HNO₃ (ferro total).

N.D. = Não detectado.

Tabela 7. Continuação...

Horiz.	Prof. cm	Fe Mg(NO ₃) ₂	Fe NaClO	Fe HCl	Fe DCB	Fe HNO ₃	Fe (HCl+HF+ HNO ₃)
-----mmol kg ⁻¹ de solo-----							
P6. GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico							
Agn	5-15	N.D.	N.D.	0,24	0,01	0,02	0,59
Cgn1	15-54	N.D.	N.D.	0,03	N.D.	0,02	0,40
Cgn2	54-85	N.D.	N.D.	0,14	0,02	0,02	0,52
Cgn3	85-100	N.D.	N.D.	0,13	0,03	0,01	0,67
P7. GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico							
Ap	0-10	N.D.	N.D.	0,17	0,02	0,04	0,39
AC	10-30	N.D.	N.D.	0,07	0,01	0,03	0,42
Cg1	30-80	N.D.	N.D.	0,08	0,02	0,02	0,59
Cg2	80-120+	N.D.	N.D.	0,04	0,01	0,03	0,35

Fe - Mg(NO₃)₂ (ferro associado às formas solúveis e trocáveis), Fe - NaClO (ferro associado à matéria orgânica), Fe - HCl (ferro associado às formas de óxidos e oxihidróxidos de baixa cristalinidade), Fe - DCB (ferro associado a formas cristalinas de óxidos e oxihidróxidos), Fe - HNO₃ (ferro associados a pirita), Fe - HCl+HF+HNO₃ (ferro total).

N.D. = Não detectado.

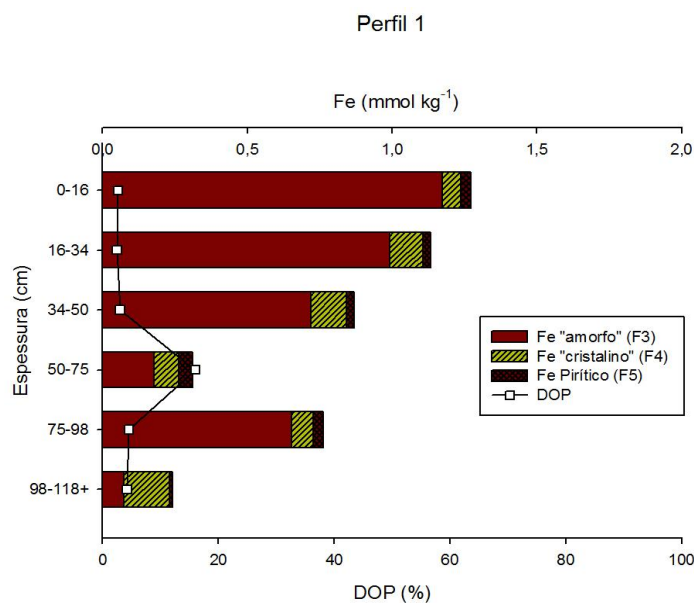


Figura 16. Fracionamento do ferro e grau de piritização (DOP) do perfil 1, localizado na várzea do rio Goiana.

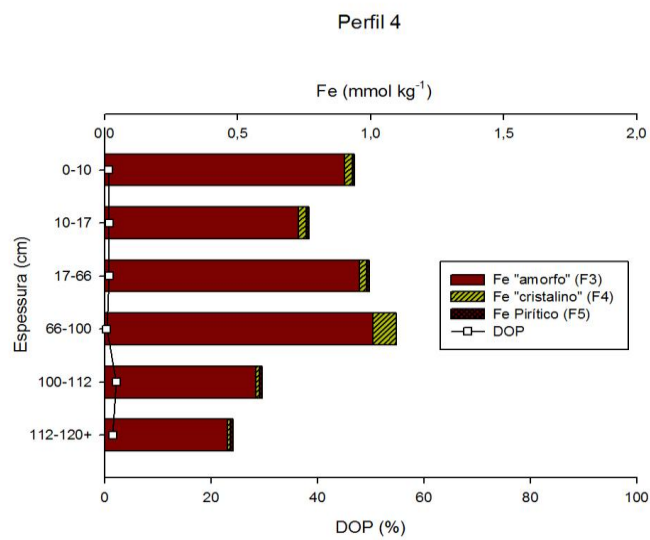
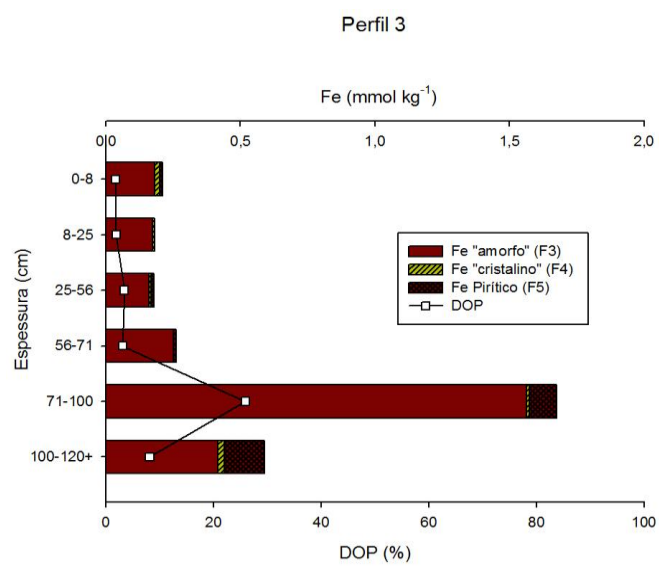
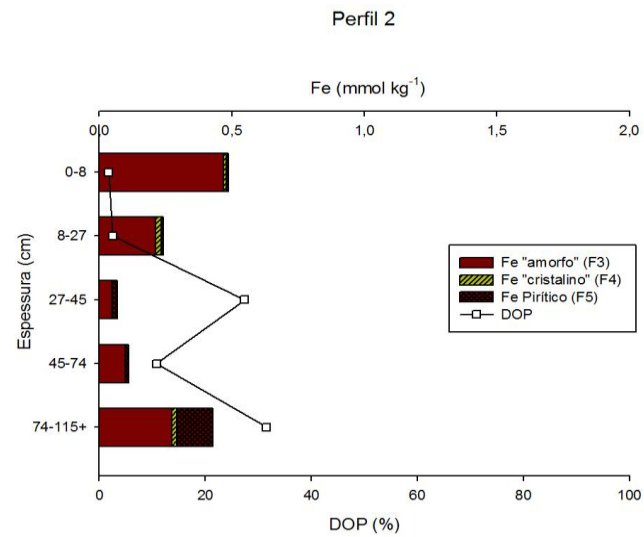


Figura 17. Fracionamento do ferro e grau de piritização (DOP) dos perfis 2, 3 e 4, localizados na várzea do rio Sirinhaém.

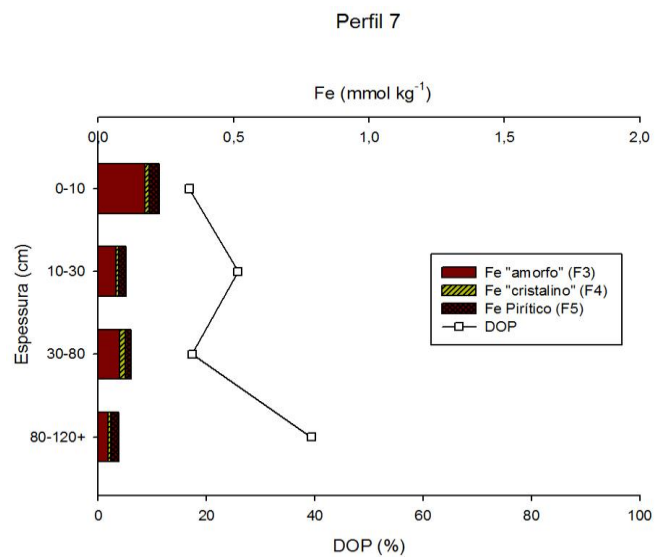
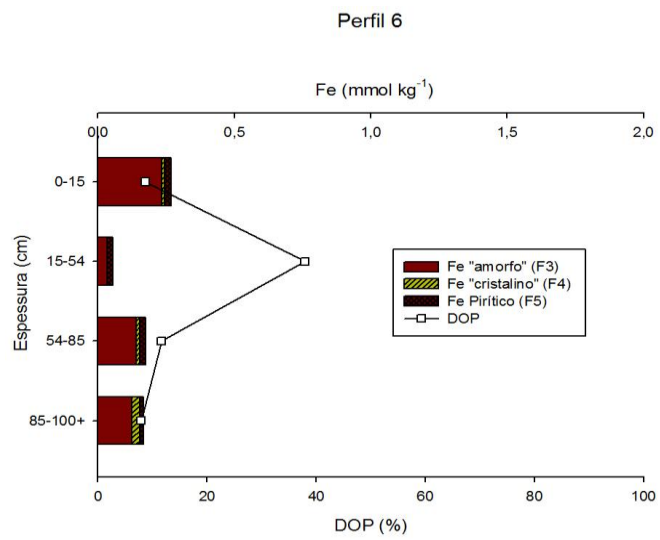
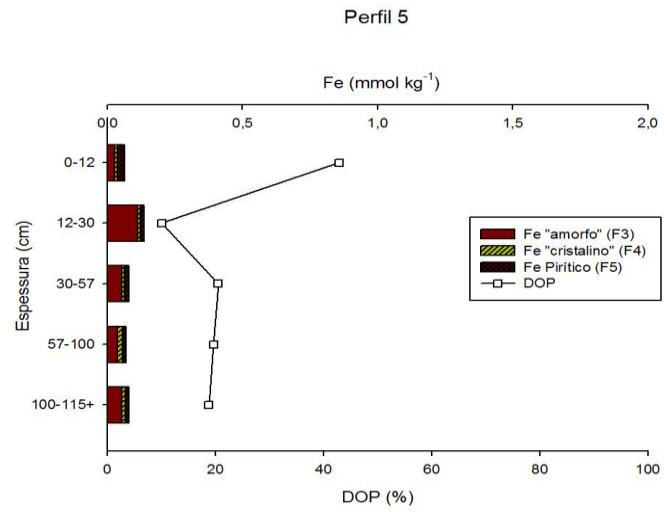


Figura 18. Fracionamento do ferro e grau de piritização (DOP) dos perfis 5, 6 e 7, localizados na várzea do rio Ipojuca.

4.4. Atributos mineralógicos

Pode-se observar que há diversidade mineralógica nos solos das áreas avaliadas, ocorrendo minerais primários (quartzo e feldspato) e filossilicatos do tipo 1:1 (caulinita) e 2:1 (ilita e esmectita), além de óxido de ferro. O quartzo foi identificado pelos picos de difração em 0,429 e 0,334 nm, feldspato pelos picos 0,379 e 0,326 nm. A goethita foi identificada pelos reflexos a 0,418 nm, 0,339 nm e 0,258 nm. A caulinita foi identificada pelos picos em 0,724 e 0,358 nm, que entraram em colapso quando aplicou o tratamento térmico a 550 °C. A mica do tipo ilita foi identificada pelos picos de difração em 1,00; 0,50 e 0,330 nm, enquanto a esmectita foi identificada pelo pico em 1,57 nm, que expandiu para 1,88 nm após solvatação com glicerol.

4.4.1. Fração areia grossa e areia fina

No perfil 1, Gleissolo Sáfico, observou-se que a fração areia, tanto fina como grossa, são constituídas por quartzo, feldspato, mica do tipo biotita e caulinita (Figura 19). A presença de quartzo e feldspato neste solo deve-se à geologia da bacia do rio Goiana, a qual é constituída, em parte, por migmatitos de constituição quartzo-feldspática. Enquanto que a presença da mica pode ser atribuída ao complexo de gnaiss (CONDEPE, 2005a). A ocorrência de caulinita na fração areia pode ser devido a pequenos agregados de argila não eliminados no processo de dispersão.

Os perfis 2, 3 e 4, localizados na várzea do rio Sirinhaém, apresentaram predomínio de quartzo, feldspato e caulinita na fração areia grossa. Na fração areia fina além destes minerais foi constatada presença de mica (Figura 20). A fração areia grossa e fina dos perfis 5, 6 e 7 constitui-se essencialmente de quartzo, feldspato e caulinita, além de mica na fração areia fina do perfil 5 (Figura 21). A mica presente nestes solos, provavelmente, é oriunda das áreas das bacias do rio Sirinhaém e do rio Ipojuca, que cortam o complexo de gnaiss, enquanto que a origem do quartzo e feldspato deve-se, provavelmente, aos granitos e granidioritos da Bacia Cabo, além dos traquitos e basaltos constituintes da formação Ipojuca (Miranda, 1999).

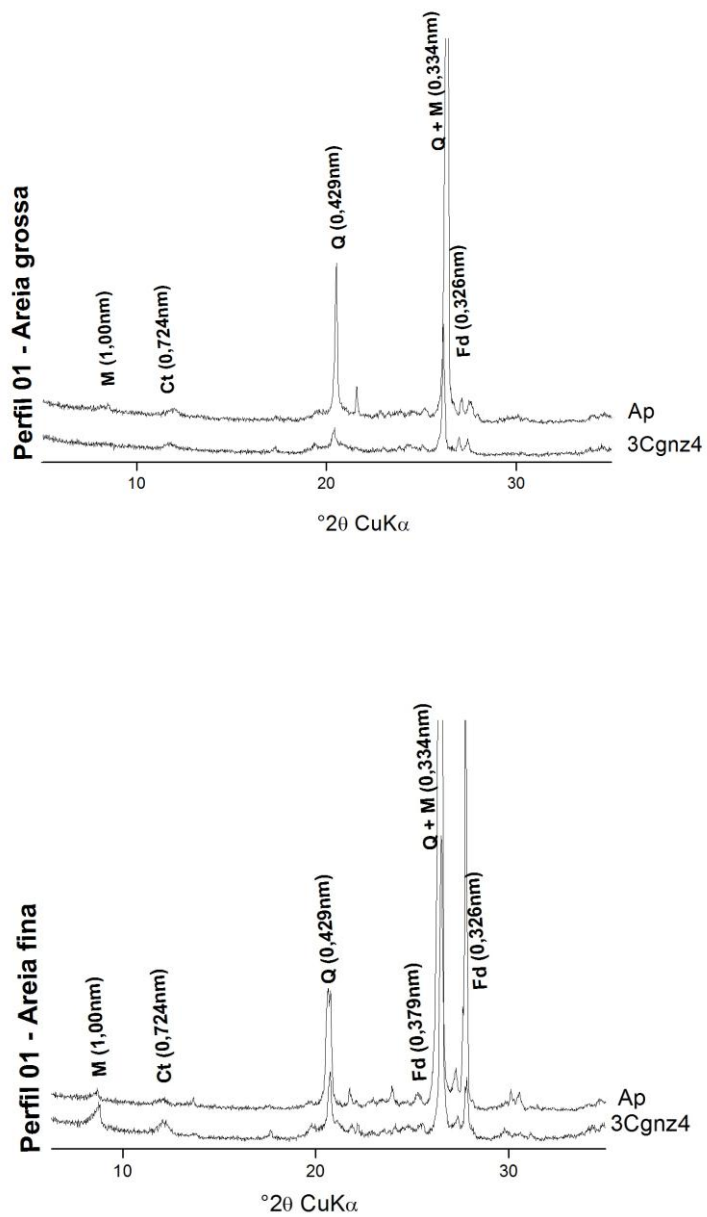


Figura 19. DRX das frações areia grossa e areia fina do perfil 1, várzea do rio Goiana. Q = Quartzo; Fd = Feldspato; M = Mica; Ct = Caulinita.

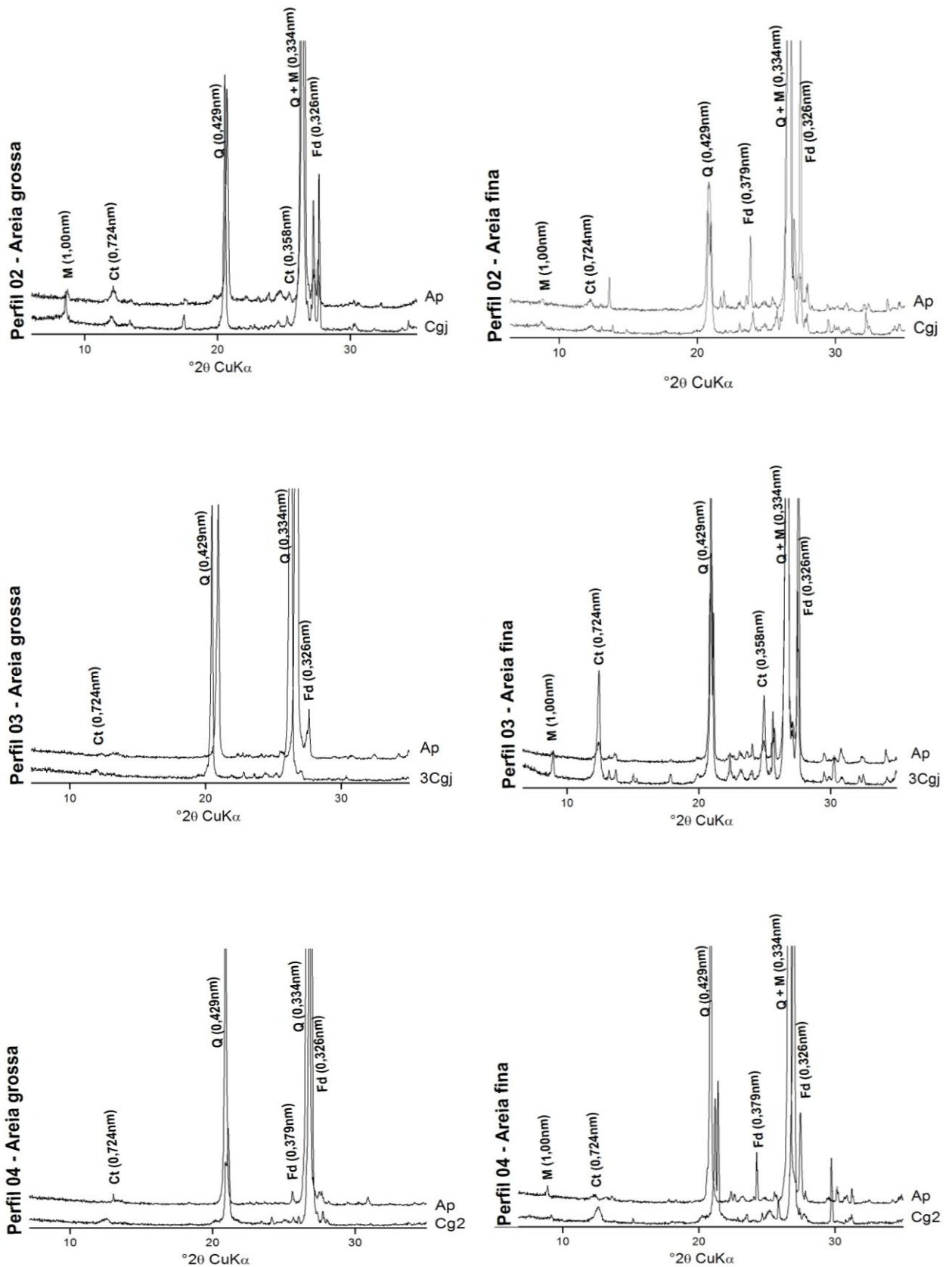


Figura 20. DRX das frações areia grossa e areia fina dos perfis 2, 3 e 4 da várzea do rio Sirinhaém. Q = Quartzo; Fd = Feldspato; M = Mica; Ct = Caulinita.

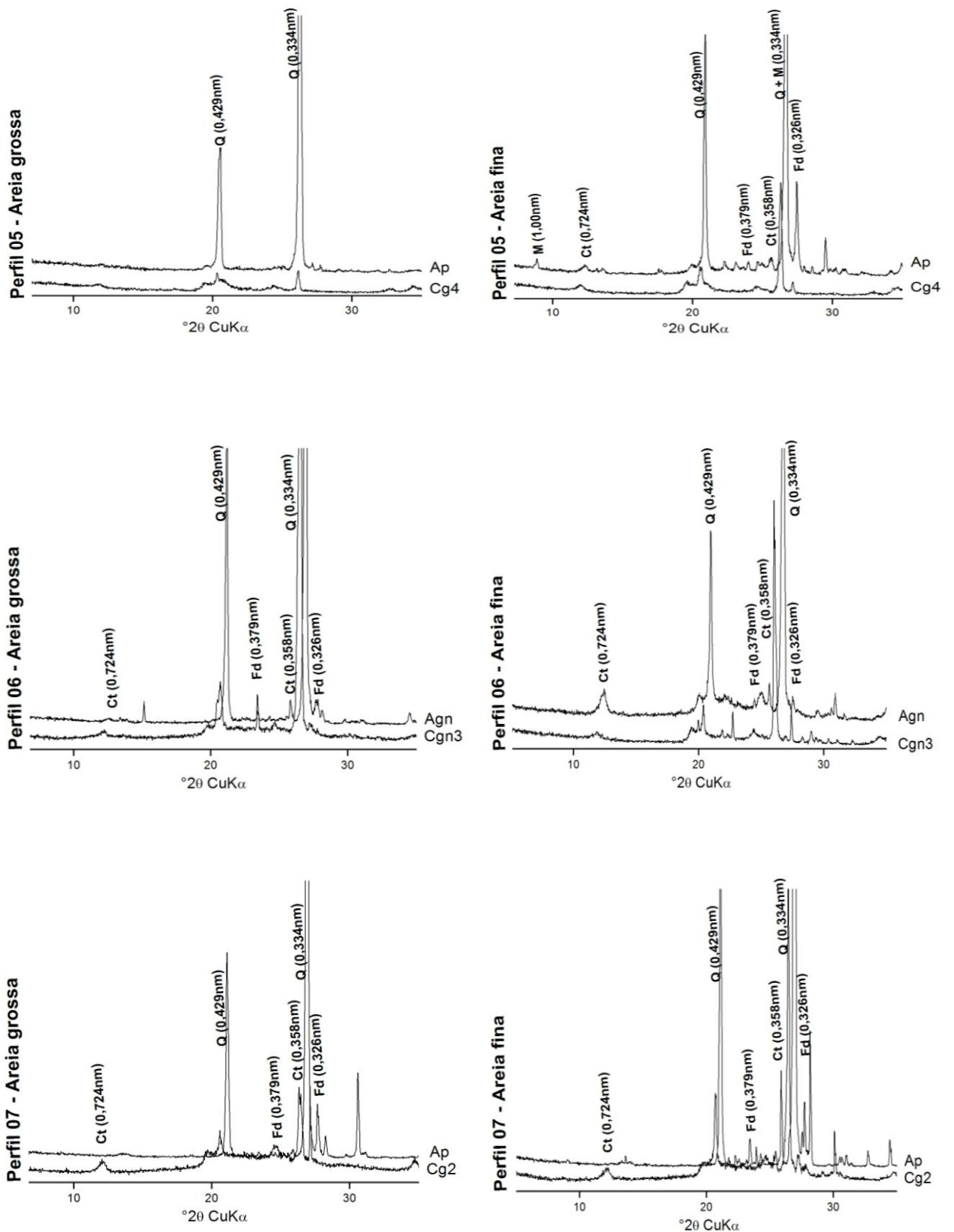


Figura 21. DRX das frações areia grossa e areia fina dos perfis 5, 6 e 7 da várzea do rio Ipojuca. Q = Quartzo; Fd = Feldspato; M = Mica; Ct = Caulinita.

4.4.2. Fração silte

Em todos os solos a fração silte apresentou assembleia mineralógica constituída por mica, caulinita, quartzo e feldspato (Figuras 22, 23 e 24).

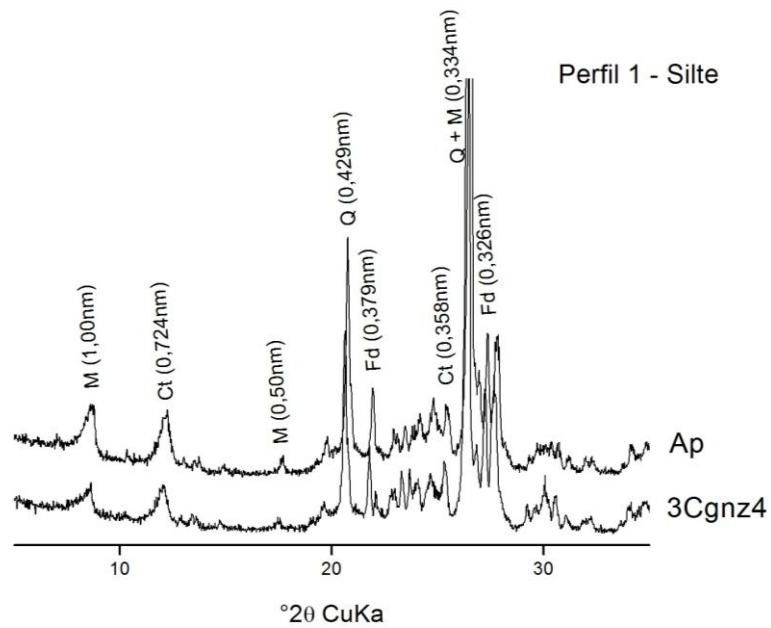


Figura 22. DRX da fração silte do perfil 1, várzea do rio Goiana. Q = Quartzo; M = Mica; Fd = Feldspato; Ct = Caulinita.

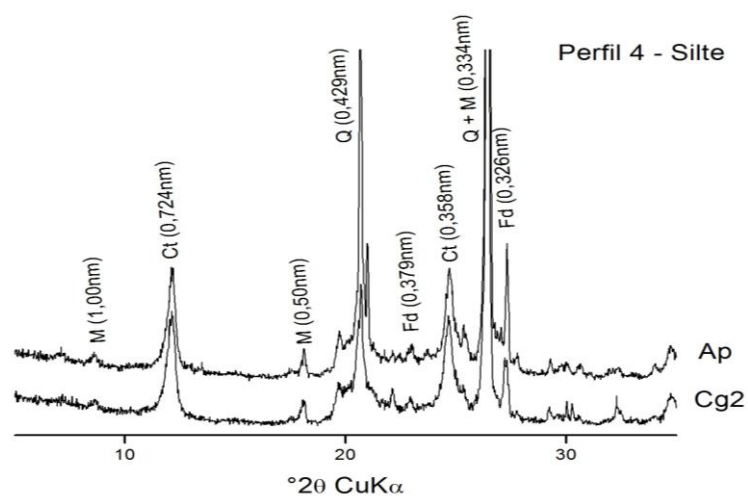
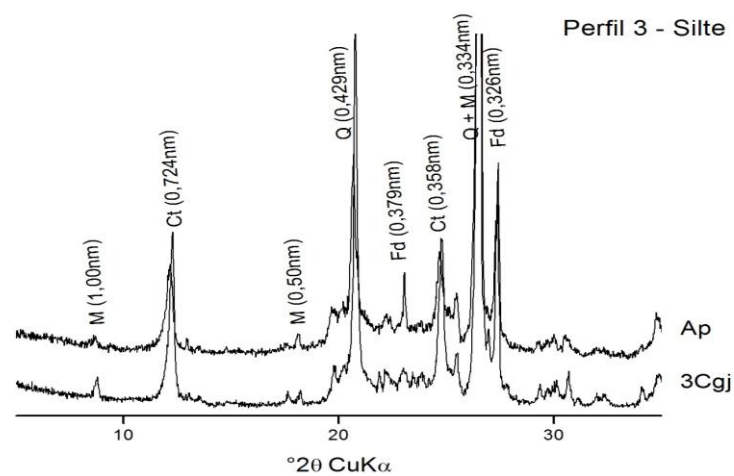
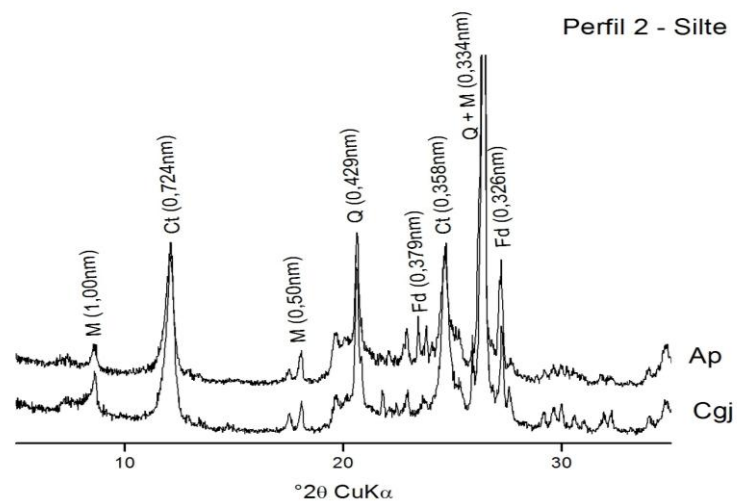


Figura 23. DRX da fração silte dos perfis 2, 3 e 4 da várzea do rio Sirinhaém. Q = Quartzo; M = Mica; Fd = Feldspato; Ct = Caulinita.

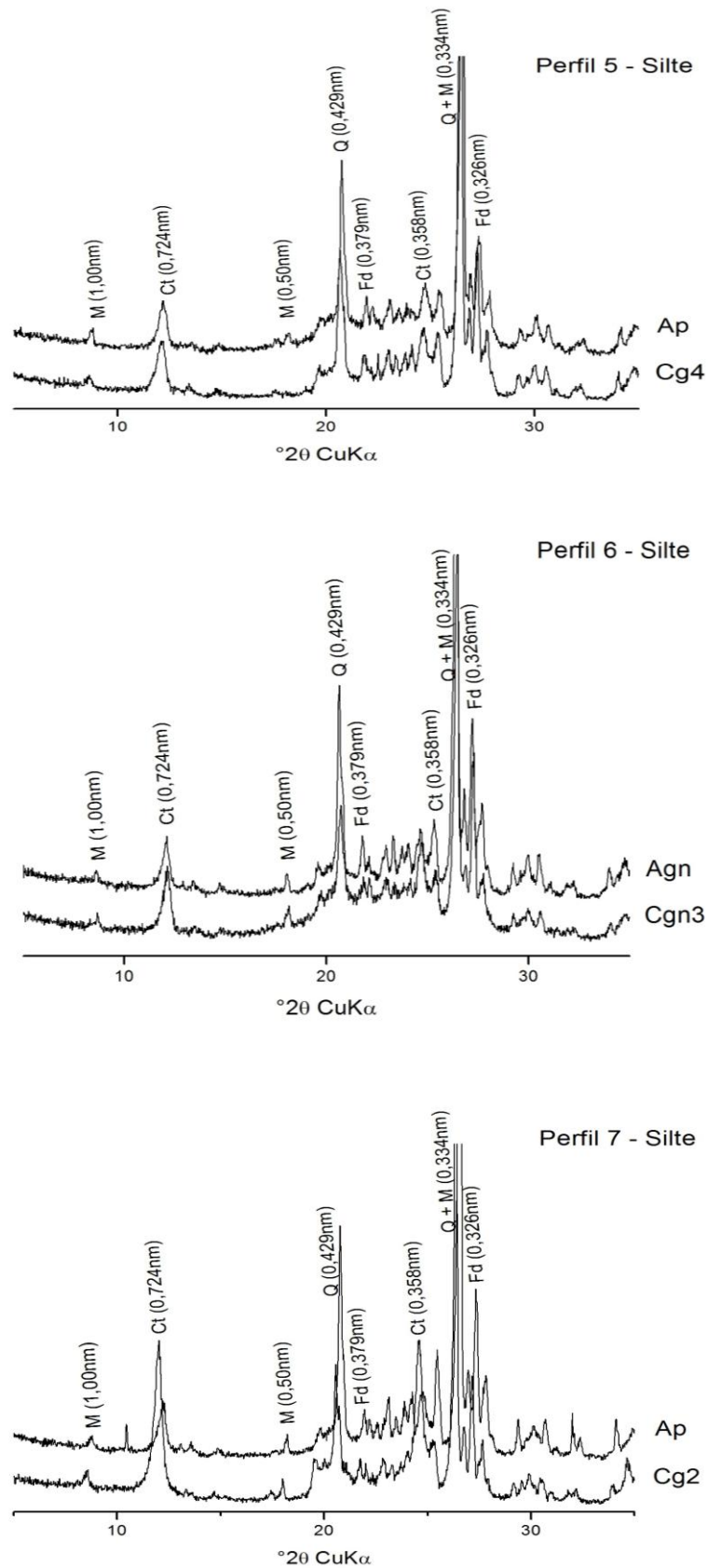


Figura 24. DRX da fração silte dos perfis 5, 6 e 7 da várzea do rio Ipojuca. Q = Quartzo; M = Mica; Fd = Feldspato; Ct = Caulinite.

4.4.3. Fração argila

A fração argila dos solos das três várzeas constituiu-se essencialmente de illita, caulinita e goethita (Figuras 25, 26 e 27), além de minerais esmectíticos ocorrendo em alguns perfis. Estes minerais foram encontrados no norte e sudeste brasileiro como principais constituintes mineralógicos de solos de manguezais (Souza Júnior et al., 2008; Vilhena et al., 2010), ecossistema que ocorre adjacentes às áreas dos Gleissolos avaliados.

De acordo com os minerais identificados na fração argila foi observado que os Gleissolos ao longo dos distintos compartimentos do litoral de Pernambuco apresentam a assembleia mineralógica da fração argila bastante semelhante.

Em todos os perfis, a fração argila foi constituída essencialmente por illita, caulinita e goethita em todos os horizontes, sendo provavelmente de origem detrital, ou seja, foram transportadas das áreas adjacentes. Além da presença de minerais esmectíticos em P1, P3 e P5,

A illita em P1 estaria relacionada às áreas de gnaisses (Complexo Gnáissico – Migmatítico) da bacia do rio Goiana. Já nos demais perfis, a presença deste mineral estaria relacionada às áreas das bacias dos rios Ipojuca e Sirinhaém, que cortam o complexo de granito e gnaisses localizado a montante dos locais de estudo.

Enquanto a caulinita e goethita provavelmente tem sua origem, principalmente, a partir dos solos adjacentes às áreas das várzeas estudadas, sendo que no perfil 1 são oriundas de solos formados a partir dos sedimentos da Formação Barreiras, e no caso dos demais perfis, esses minerais estão relacionados aos solos das áreas da Bacia Cabo (na região litorânea) e aos solos mais a montante formados da alteração de granito e gnaisses, os quais apresentam constituição essencialmente caulínica e oxidica.

A presença de goethita nesses solos pode também estar relacionada ao ciclo de oxirredução, onde há formação desses minerais a partir da precipitação de íons ferro em solução nos ambientes aerados, tais como microporos e canais formados por atividade biológica (Ferreira et al., 2007b).

A origem de minerais esmectíticos identificados em P1, P3 e P5, provavelmente está relacionada à precipitação de íons presentes (Si, Al, Fe, Mg, principalmente) na solução do solo, condicionado pela deficiência de

drenagem (Kämpf et al., 2009), indicando um ambiente geoquímico submetido ao processo bissiáltico. Podendo também estar relacionada com a transformação de illita, como foi identificado por Velde & Church (1999) em solos de marismas. A formação da esmectita de forma autigênica também foi observada por Vilhena et al. (2010) em solos de manguezais no norte do Brasil, e discutido por Souza-Júnior, et al. (2008) para o litoral do estado de São Paulo.

As amostras de argila dos perfis 1, 3 e 5 foram submetidas ao teste de Greene Kelly (Figura 31). Pôde-se observar a partir dos resultados obtidos que ocorre mistura de minerais esmectíticos nestes perfis, tais como beidelita/nontronita e montmorilonita. Estes minerais também foram encontrados por Souza Júnior et al. (2010) em solos de manguezais do sudeste do Brasil. De acordo com os resultados de alumínio trocável (Tabela 4) e de ferro (Tabela 7) presume-se que no perfil 1 o mineral esmectítico seja a nontronita em razão dos elevados teores de ferro. Já nos perfis 3 e 4 pode estar havendo mistura de nontronita e beidelita, em decorrência dos elevados teores tanto de ferro como de alumínio.

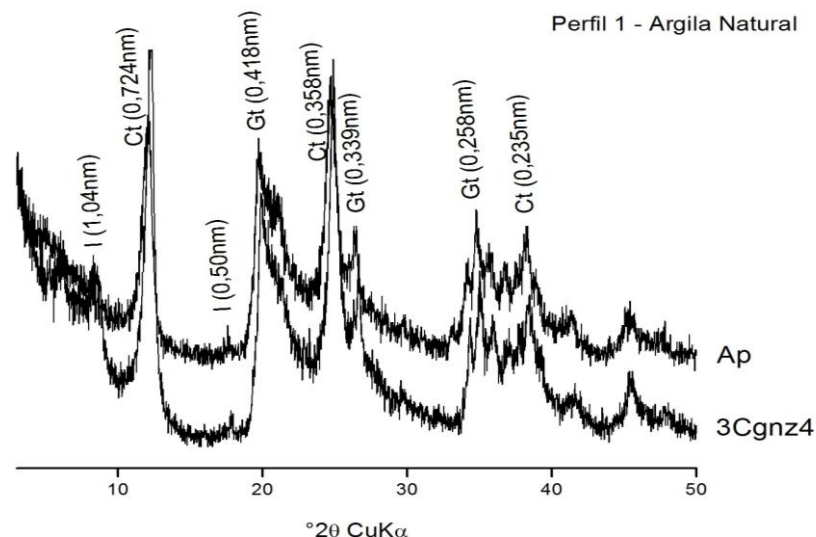


Figura 25. DRX da fração argila natural do perfil 1, várzea do rio Goiana. I = Illita; Ct = Caulinita; Gt = Goethita.

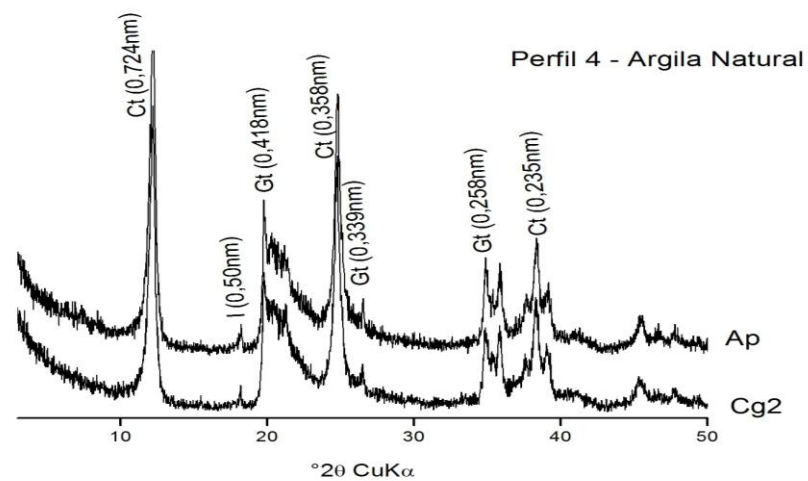
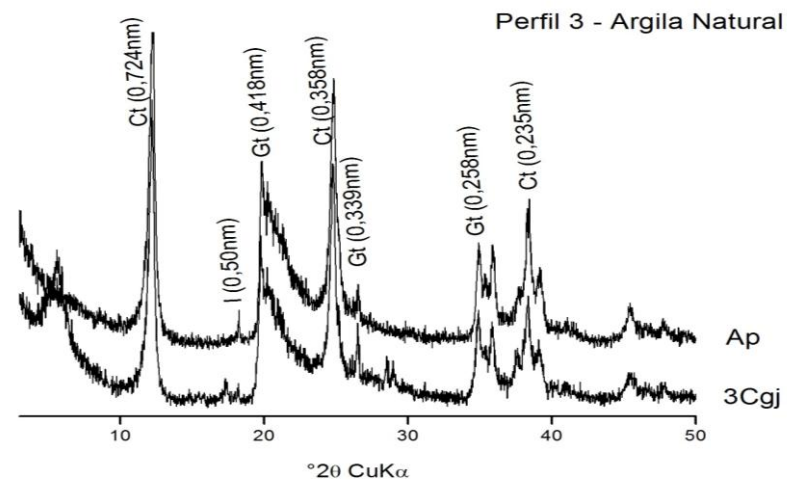
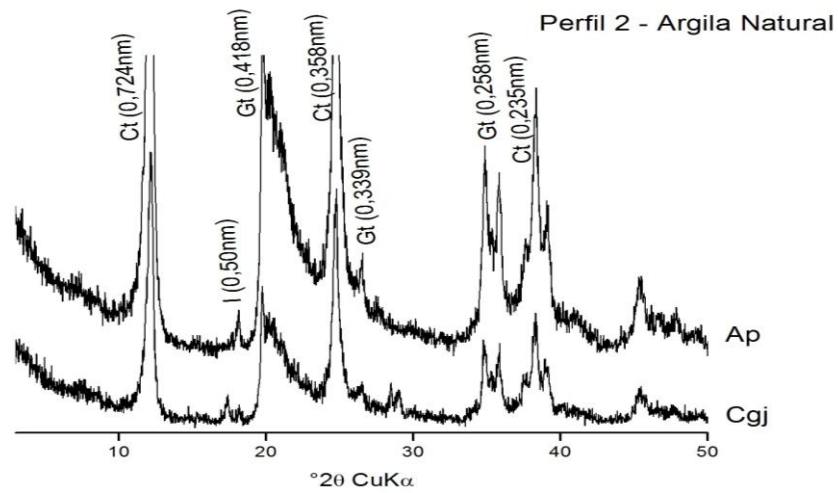


Figura 26. DRX da fração argila natural dos perfis 2, 3 e 4 da várzea do rio Sirinhaém. I = Ilita; Ct = Caulinita; Gt = Goethita.

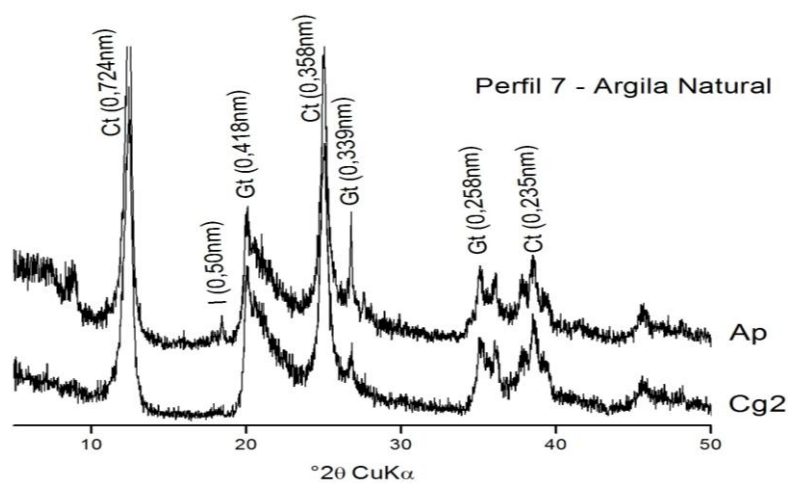
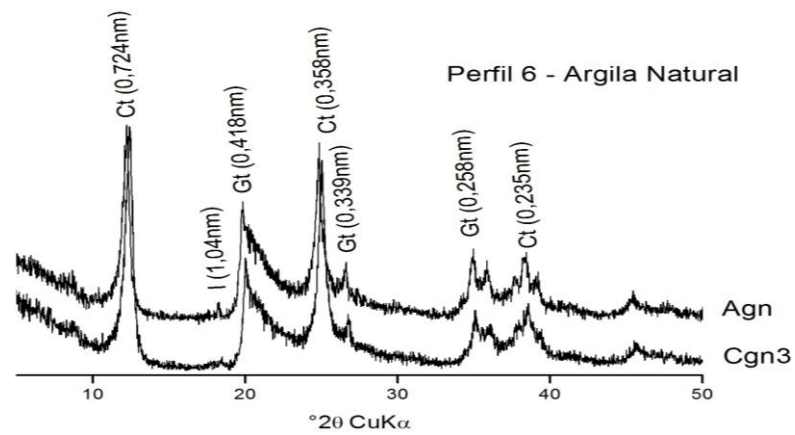
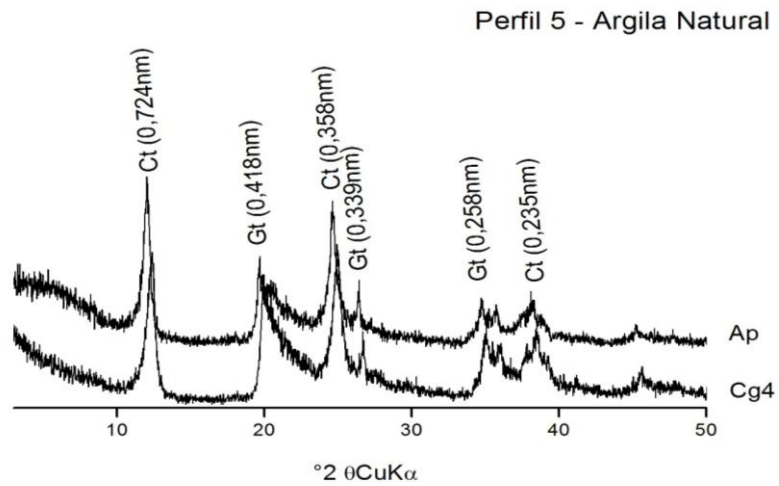


Figura 27. DRX da fração argila natural dos perfis 5, 6 e 7 da várzea do rio Ipojuca. I = Ilita; Ct = Caulinita; Gt = Goethita.

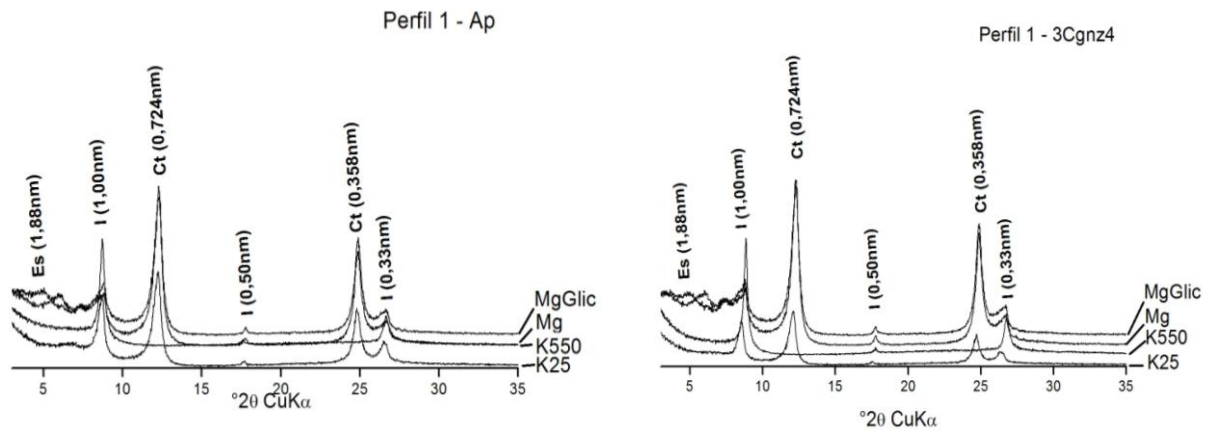


Figura 28: DRX da fração argila tratada do perfil 1, várzea do rio Goiana. Es = Esmeclita; I = Ilita; Ct = Caulinita.

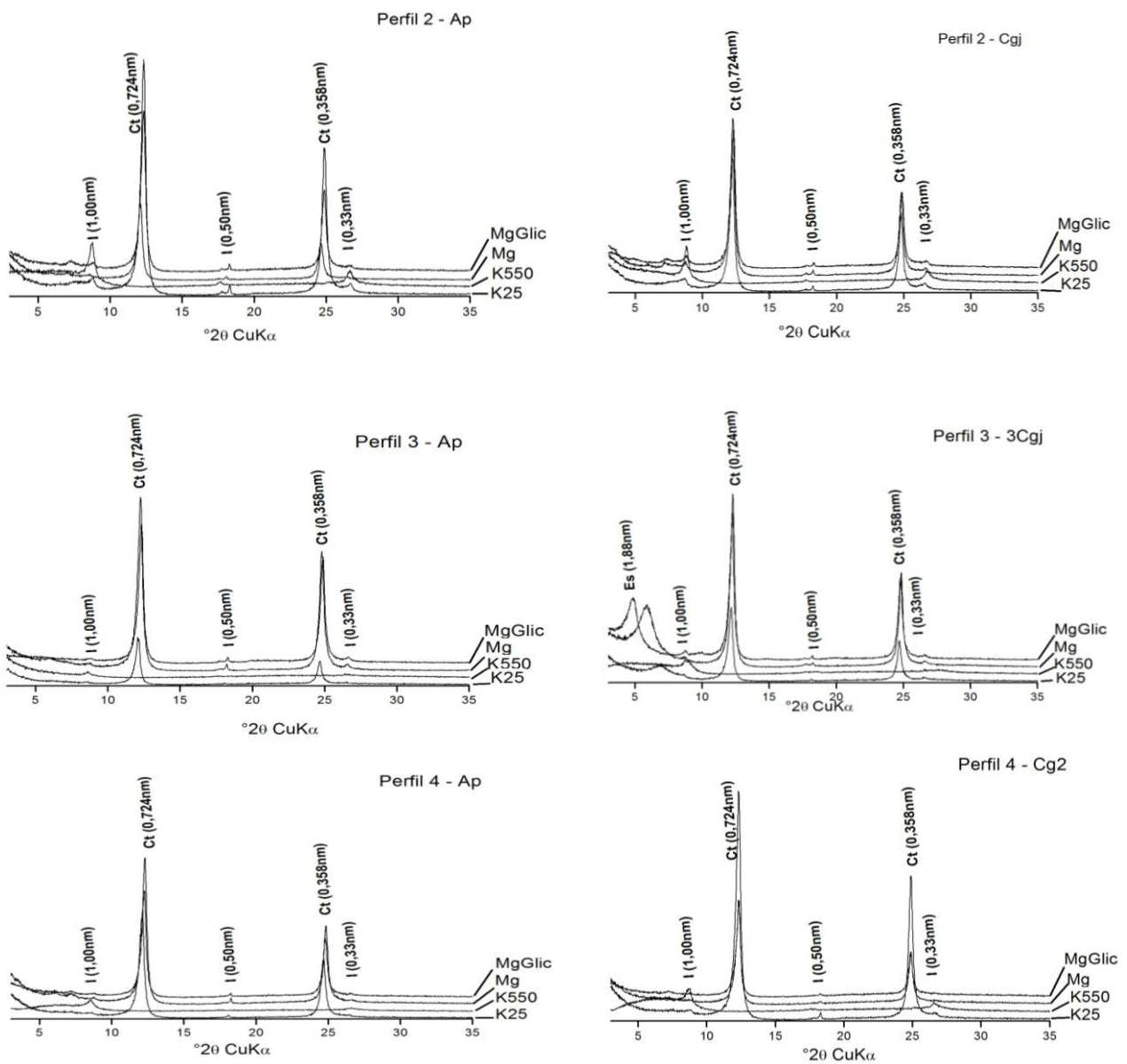


Figura 29. DRX da fração argila tratada dos perfis 2, 3 e 4 da várzea do rio Sirinhaém. Es = Esmeclita, I = Ilita; Ct = Caulinita.

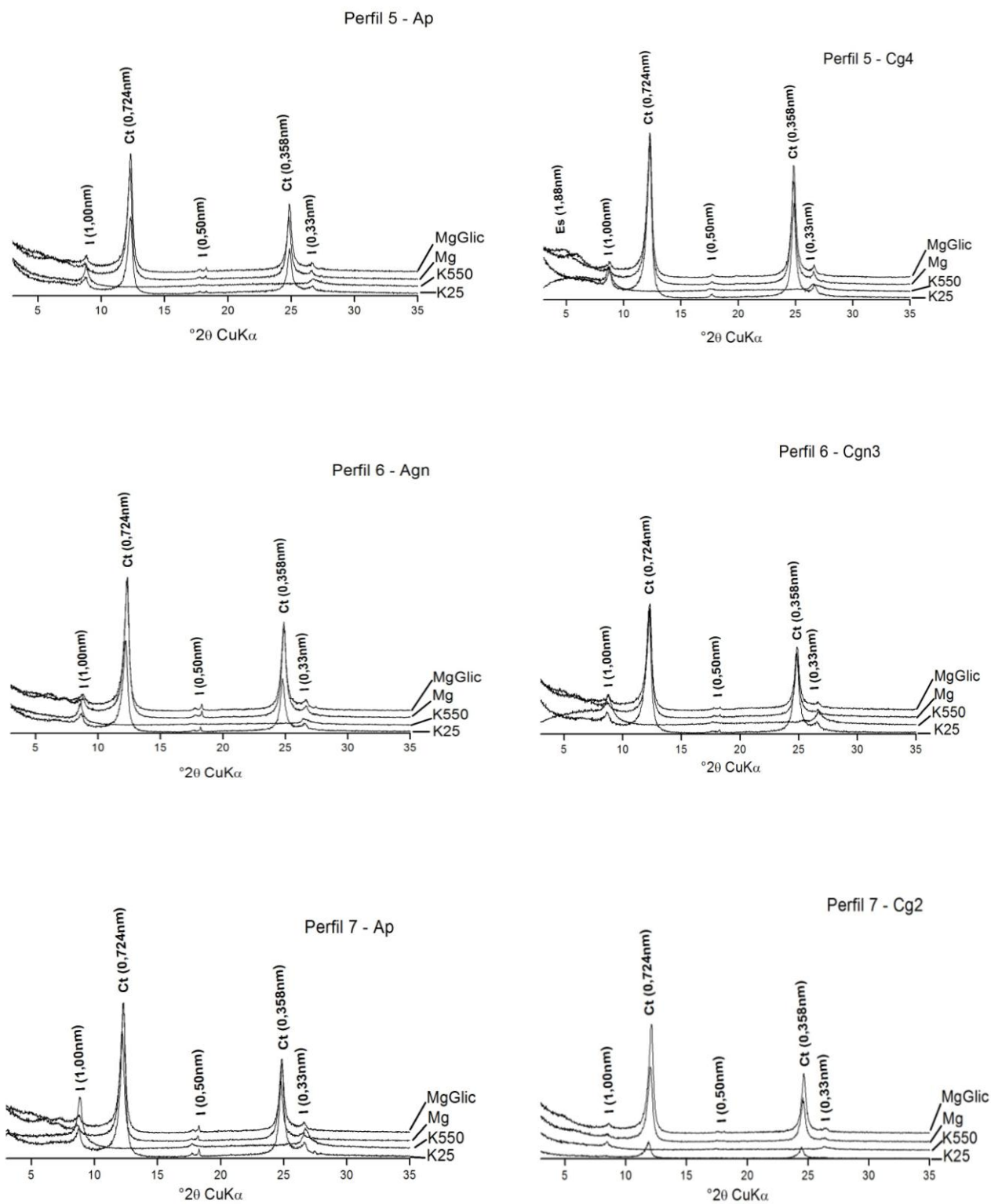


Figura 30. DRX da fração argila tratada dos perfis 5, 6 e 7 da várzea do rio Ipojuca. Es = Esmeclita; I = Illita; Ct = Caolinita

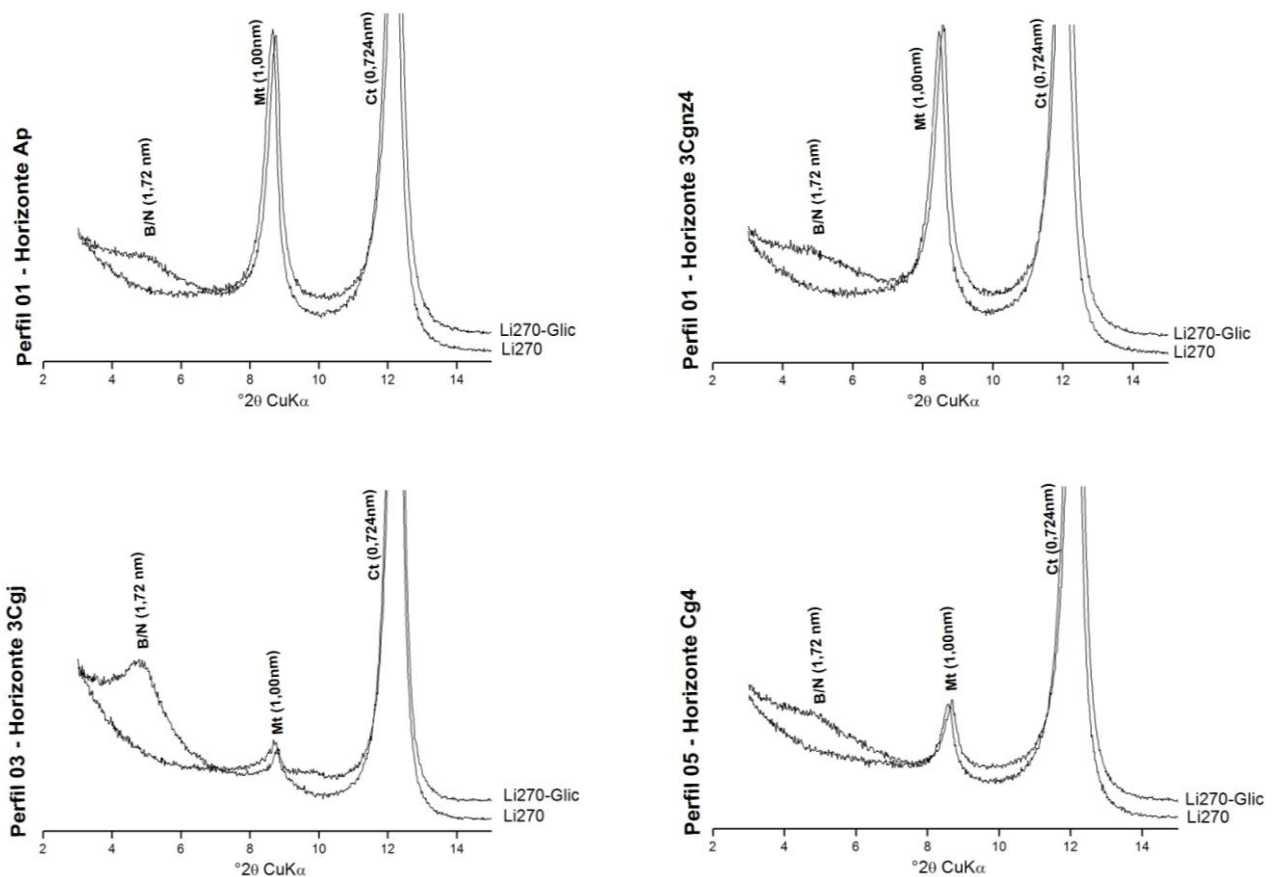


Figura 31. DRX referente ao Teste de Greene Kelly da fração argila dos perfis 1, 3 e 5 das várzeas do rio Goiana, Sirinhaém e Ipojuca, respectivamente. B/N = Beidelita/Nontronita; Mt = Montmorilonita; Ct = Caulinita.

4.5. Classificação dos solos

Todos os solos foram classificados no primeiro nível categórico (ordem) como Gleissolos, por satisfazerem os seguintes critérios: são constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo do horizonte A (Embrapa, 2006).

Quanto ao segundo nível categórico (subordem), o perfil 1, por apresentar caráter sálico ($CE \geq 7$ dS/m, a 25°C) dentro de 100 cm a partir da superfície do solo foi classificado como Gleissolo Sálico. Os perfis 2 e 3 por apresentarem horizonte sulfúrico e materiais sulfídricos dentro de 100 cm a partir da superfície do solo foram classificados como Gleissolos Tiomórficos. Os perfis 4, 5, 6 e 7 por não se enquadrarem nas classes dos Gleissolos Tiomórficos,

Gleissolos Sálícos e Gleissolos Melânicos, foram classificados como Gleissolos Háplícos.

Em relação ao terceiro nível categórico (grande grupo), a presença do caráter sódico dentro de 100 cm a partir da superfície do solo permitiu classificar o perfil 1 como GLEISSOLO SÁLICO Sódico. Os perfis 2 e 3 por não se enquadrarem em outra classe, foram classificados com GLEISSOLOS TIOMÓRFICOS Órticos. O perfil 4 por apresentar argila de atividade baixa e baixa saturação por bases ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100 cm a partir da superfície do solo foi classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico. O perfil 5 apresentou argila de atividade baixa e alta saturação por bases ($V \geq 50\%$) na maior parte dos primeiros 100 cm à partir da superfície do solo, sendo então classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico. Ao passo que o perfil 6 apresentou argila de atividade alta e alta saturação por bases ($V \geq 50\%$) na maior parte dos primeiros 100 cm a partir da superfície do solo, sendo então classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico. O perfil 7 por apresentar caráter alítico na maior parte dos 100 cm a partir da superfície do solo foi classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Alítico.

No quarto nível categórico (subgrupo) os perfis 1, 2, 3, 5 e 7 apresentaram-se como típicos. O perfil 6 apresentou caráter sódico dentro de 100 cm a partir da superfície do solo e foi classificado como GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico. Dada a grande importância do caráter sódico por se tratar de uma característica mais permanente, sugere-se que seja adotada nova classe, na qual esta característica seja inserida no segundo ou terceiro nível categórico e não no quarto. O perfil 4 apresentou horizonte sulfúrico dentro de 150 cm e por isso foi classificado como tiônico (GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tiônico).

Abaixo está apresentada a classificação completa dos perfis de acordo com os critérios estabelecidos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

P1 – GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico, A moderado, textura argilosa, fase campo de várzea e floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

P2 – GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

P3 – GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase campo hidrófilo de várzea, relevo plano.

P4 – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tiônico, A moderado, textura argilosa, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

P5 – GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

P6 – GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico, A moderado, textura muito argilosa, fase campo de várzea, relevo plano.

P7 – GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

5. CONCLUSÕES

1. Observou-se a dominância de frações finas, sobretudo a fração argila, em todos os perfis, o que indica um ambiente deposicional com baixa energia cinética nas várzeas estudadas.
2. A ocorrência de Gleissolos Tiomórficos foi constatada somente na várzea do rio Sirinhaém, apresentando horizonte sulfúrico a partir de 71 cm.
3. A alta condutividade elétrica encontrada nos solos tiomórficos está relacionada com o processo de sulfurização.
4. A assembleia mineralógica dos solos de várzeas ao longo do litoral Pernambucano apresentou-se bastante diversificada, com ocorrência de minerais primários (quartzo e feldspato), filossilicatos do tipo 1:1 (caulinita) e 2:1 (ilita e esmectita), além de hidróxido de ferro.
5. Os solos das várzeas apresentaram as maiores concentrações de ferro associado às formas de óxidos e oxihidróxidos de baixa cristalinidade estando condizente com o ambiente de hidromorfismo.
6. A implantação do sistema de drenagem em solos com tiomorfismo acarretou em extrema acidez, sendo então recomendável a manutenção do nível do lençol freático elevado para que estes solos sejam cultivados sem promover danos para a agricultura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, E.M.A.; FERNANDES, A.R.; RUIVO, M.L.P. Variação temporal e vertical de atributos químicos de um gleissolo do rio Guamá cultivados com Canaranas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 277-285, 2007.

AMBITEC. Laudo Biológico para Determinação da Área de Influência do Estuário do Rio Sirinhaém-PE. 2008. Disponível em: www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/o.../estudoambiental.pdf. Acesso em 05 de junho de 2013.

ANDA, M.; SISWANTO, A.B.; R.E. SUBANDIONO, R.E. Properties of organic and acid sulfate soils and water of a 'reclaimed' tidal backswamp in Central Kalimantan, Indonesia. **Geoderma** 149, 54–65, 2009.

BERNER, R.A. Sedimentary pyrite formation. **American Journal Science**, 268, 1-23, 1970.

BERRÊDO J.F.; COSTA, M.L.; VILHENA, M.P.S.P.; SANTOS, J.T. Mineralogia e geoquímica de sedimentos de manguezais da costa amazônica: o exemplo do estuário do rio Marapanim (Pará). **Revista Brasileira de Geociências**, 38(1): 24-3, 2008.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia (Brazil). In: SUGUIO, K.; FAIRCHILD, R.T.; MARTIN, L.; FLEXOR, J.M. eds. **Proceedings of the "1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary"**, São Paulo, p.232-253, 1979.

BOWER, C.A. & L.V. WILCOX. Soluble salts. In C. A. BLACK et al. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Agronomy 9: 933-951. **American Society of Agronomy**, Inc., Madison, Wis. 1965.

BROWN, G. & BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification. In: BRINDLEY, G.W.; BROWN, G. London: **Mineralogical Society**, chapter 5, p. 305-360, 1980.

BURTON, E.D., BUSH, R.T., SULLIVAN, L.A. Sedimentary iron geochemistry in acid water ways associated with coastal lowland acid sulfate soils. **Geochimica et Cosmochimica Acta** 70, 5455-5468, 2006.

CLAFF S.R., BURTON E.D., SULLIVAN L.A., BUSH R.T. Metal partitioning dynamics during the oxidation and acidification on sulfidic soil. **Chemical Geology**, 286, 146-157, 2011.

CLAFF, S. R.; SULLIVAN, L. A.; BURTON, E. D.; BUSH, R. T. A sequential extraction procedure for acid sulfate soils: Partitioning of iron. **Geoderma**, 155, 224-230, 2010.

CONDEPE. **Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca: Série Bacias hidrográficas de Pernambuco**. Governo do Estado de Pernambuco, Secretaria de Planejamento, Agência Estadual de planejamento e pesquisas de Pernambuco. 64 págs, 2005b.

CONDEPE/FIDEM. **Rio Goiana e GL 6**. Recife: 2005a. 65 p. (Série Bacias Hidrográficas de Pernambuco, 2.).

CORINGA, E.A.O.; COUTO, E.G.; OTERO, P.X.; VIDAL-TORRADO, P. Atributos de solos hidromórficos no Pantanal Norte Matogrossense. **Acta Amazônica**. [online], vol.42, n.1, pp. 19-28, 2012.

COSTA, A.C.S. & BIGHAM, J.M. Óxidos de ferro. In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (Eds.). **Química e mineralogia do solo**, 1 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. p. 505-572.

CPRH, Companhia Pernambucana do Meio Ambiente, Agência Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Diagnóstico sócio ambiental do Litoral Norte de Pernambuco**. CPRH/GERCO, Recife, Pernambuco, 214p, 2003.

CPRH. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco**. Recife, 1999.

CRUZ, L.R.; LIMA FILHO, M.F.; NEUMANN, V.H.M.L.; JARDIM DE SÁ, E.F.; SILVA, F.C.A.; FRUTUOSO JR., L.J.; NASCIMENTO, M.A.L.; GUEDES, I.M.G.;

ANTUNES, A.F.; ALMEIDA, C.B.; MELO, K.J.V. As unidades siliclásticas da Sub-Bacia de Pernambuco: uma revisão lito-estratigráfica. **II Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás**, Rio de Janeiro, Resumos, 50-50. 2003.

CULKIN, F., AND R. A. COX. Sodium, potassium, magnesium, calcium, and strontium in seawater. **Deep-Sea Res.** 13: 789-804, 1966.

DELLWING, O., WATERMANN, F., BRUMSACK, H.J., GERDES, G., KRUMBEIN, W.E. Sulphur and iron geochemistry of Holocene coastal peats (NW Germany): a tool for palaeoenvironmental reconstruction. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 167, 359-379, 2001.

DENT, D. **Acid Sulphate Soils: a baseline for research and development**. Wageningen: Int. Inst. for Land Reclamation and Improvement, 1986. 203p. (Public, 39).

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de Solo**. CNPS. Rio de Janeiro. 1997, 212p (Embrapa-CNPS,1).

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília:Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Embrapa Informação Tecnológica. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Informação Tecnológica. 2.ed. Brasília, DF. 2009. 627p.

FAGEL, N. Clay minerals, deep circulation and climate. In: Hillaire – MARCEL, C.; VERNAL, A. (Eds.), Proxies in Late Cenozoic Paleooceanography, **Developments in Marine Geology**, Elsevier, Amsterdam, p. 139 – 148, 2007.

FAGÉRIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; ZIMMERMANN, F. J. P. Caracterização química e granulométrica de solos de várzea de alguns estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 267-274, 1994.

FANNING, D.S.; FANNING, M.C.B. **Soil: morphology, genesis and classification**. New York: J. Willey, 1989. 395p.

FARIA, M.M. & SANCHEZ, B.A. Geochemistry and mineralogy of recent sediments of Guanabara Bay (NE sector) and its major rivers - Rio de Janeiro State - Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 73(1): 121-133, 2001.

FERREIRA T.O.; OTERO X.L.; SOUZA-JÚNIOR, V.S.; VIDAL-TORRADO, P.; MACÍAS, F.; FIRME, L.P. Spatial patterns of soil attributes and components in a mangrove system in Southeast Brazil (São Paulo). **Journal of Soil Sediments**, 10:995 – 1006, 2010.

FERREIRA, T.O., OTERO, X.L., VIDAL-TORRADO, P., MACÍAS, F. Effects of bioturbation by root and crab activity on iron and sulfur biogeochemistry in mangrove substrate. **Geoderma**, 142, p. 36–46, 2007b.

FERREIRA, T.O.; OTERO, X.L.; VIDAL-TORRADO, P.; MACÍAS, F. Redox Processes in Mangrove Soils under *Rhizophora mangle* in Relation to Different Environmental Conditions. **Soil Science Society of American Journal**, 71:484-491, 2007a.

FITZPATRICK, R.W., HICKS, W.S., BOWMAN, G.M. **East trinity acid sulfate soils part 1: Environmental Hazards**. Queensland, 77p. 1999.

FITZPATRICK, R.W., HUDNALL, W.H., SELF, P.G.; NAIDU, R., DENT, D.L.; VAN MENSVOORT, M.E.F. **Origin and properties of inland and tidal saline acid sulfate soils in South Australia**. Wageningen. Ed. ILRI. p. 71–80, 1993.

FREIRE, M.B.G.S. & FREIRE, F.J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.

GALÁN, E. Genesis of clay minerals. In: F., THENG, B.K., LAGALY, G., (eds): Developments in clay science, 1. **Handbook of clay science**, 1129-1162, 2006.

GOLDHABER, M. B. & KAPLAN, I. R. Controls and consequences of sulfate reduction rates in recent marine sediments, pp. 19-36. In: **Acid sulfate weathering**. Special Publication No. 10. Soil Science Society of America. 1982.

GREENE-KELLY, R. The identification of montmorillonitoids in clays. **European Journal of Soil Science** 4: 233-237, 1953.

HILLIER, S. Erosion, sedimentation and sedimentary origin of clays. In: VELDE, B., ed. **Origin and mineralogy of clays: clays and de environment**. Berlin, Springer, p.162-214, 1995.

HUERTA-DIAZ, M.A. & MORSE, J.W. A quantitative method for determination of trace metal concentrations in sedimentary pyrite. **Marine Chemistry**. 29, 119–144, 1990.

INDA JUNIOR, A. V. & KAMPF, N.. Avaliação de procedimentos de extração dos óxidos de ferro pedogênicos com ditionito-citrato-bicarbonato de sódio. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. vol.27, n.6, pp. 1139-1147, 2003.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**: advance Course. 29. ed. Madison, 1975. 895 p.

JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis** – Advanced course. Madison: Department of Soil Science, University of Wisconsin. 1979. 895p.

KÄMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J.J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo, In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F., eds. Química e Mineralogia do Solo, 1ed. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 333-380, 2009.

LIM, C.H. & JACKSON, M.L. Expandable phyllosilicate reactions with lithium on heating. **Clays and Clay Minerals**, v. 34 (3), p. 346-352, 1986.

LIMA FILHO, M. F. Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco. Tese de doutorado, Ins. Geociências, USP, São Paulo: 139p, 1998.

LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C. Dinâmica da mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação. **Acta Amazônica**, 35:317-330, 2005.

LIN, C. & MELVILLE, M.D. Control of soil acidification by fluvial sedimentation in an estuarine floodplain, eastern Australia. **Sedimentary Geology** 85: 271-284, 1993.

MANSO, V.A.V.; COUTINHO, P.N.; GUERRA, N.C.; SOARES JUNIOR, C.F.A. (2006). Pernambuco, IN: Erosão e Progradação do litoral brasileiro. Editor: MUEHE D. p. 179-196. 2006.

MIRANDA, J. L. F. Estudo do meio físico do Município de Ipojuca/PE – Hidrogeologia (Série Recursos Hídricos). Recife, CPRM/FIDEM, v.02. 1999. 34p.

MOORE, D. M.; REYNOLDS, R.C. **X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals**. Oxford: Oxford University Press, 1989. 332 p.

MORGAN B., BURTON E.D., RATE A.W. Trace element reactivity in FeS-rich estuarine sediments: influence of formation environment and acid sulfate soil drainage. **Science of the Total Environment**. 438, 463-476, 2012.

MORSE, J.W. Interactions of trace metals with authigenic sulfide minerals: Implications for their bioavailability. **Marine Chemistry**, 46:1-6. 1994.

NASCIMENTO, M.A.L.; SOUZA, Z.S.; ARNOSIO, J.M.; VASCONCELOS, P.M. Ignimbrito do Engenho Saco, Ipojuca, PE. Registro de vulcanismo explosivo cretácico na Província Magmática do Cabo. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. 1 ed. Brasília: CPRM, v. 2. p.1 -13, 2009.

NASCIMENTO, M.A.L.; SOUZA, Z.S.; LIMA FILHO, M.F.; SÁ, E.F.J.; CRUZ, L.R.; FRUTUOSO JÚNIOR, L.J.; ALMEIDA, C.B.; ANTUNES, A.L.; SILVA, F.C.A.; GUEDES, I.M.G. Relações Estratigráficas da Província Magmática do Cabo, Bacia de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**, 14:3-19, 2004.

NORDMYR, L., ÅSTRÖM, M., PELTOLA, P. Metal pollution of estuarine sediments caused by leaching of acid sulphate soils. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 76, 141–152, 2008.

OTERO, X.L., MACÍAS- VÁZQUEZ, F. Variation with depth and season in metal sulfides in salt marsh soils. **Biogeochemistry** 61, 247-268, 2002.

OTERO, X.L.; FERREIRA, T.O.; HUERTA-DÍAZ, M.A.; PARTITI, C.S.M.; SOUZA-JÚNIOR, V.S.; VIDAL-TORRADO, P.; MACÍAS, F. Geochemistry of iron and manganese in soils and sediments of a mangrove system, Island of Pai Matos (Cananeia—SP, Brazil). **Geoderma** 148, 318-335, 2009.

PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soil. **Advances in Agronomy**, v.24, p.29-96, 1972.

PONS, L.J. & VAN BREEMEN, N. Factors influencing the formation of potential acidity in tidal swamps. In: DOST, H., VAN BREEMEN, H. (Eds.). **Acid sulphate soils. Wageningen**: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, p.37-51. 1982.

PONS, L.J., VAN BREEMEN, N.; DRIESSEN P.M. Physiography of coastal sediments and development of potential soil acidity. In Kittrick, J.A., FANNING, D.S and HOSSNER, L.R. (eds). **Acid sulfate weathering**, SSSA special publication No. 10. Madison Wisconsin, pp 1 - 18. 1982.

PRADA-GAMERO, R.M.; VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T.O. Mineralogia e físico-química dos solos de mangue do rio Iriri no canal de Bertiooga (Santos, SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 233-244, 2004.

QIAO, S.Q., SHI, X.F., ZHU, A.M., LIU, Y.G., BI, N.S., FANG, X.S., YANG, G.: Distribution and transport of suspended sediments off the Yellow River (Huanghe) mouth and the nearby Bohai Sea, **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 86, 337–344, 2010.

RÉ, P. M. A. B. Capítulo II: **Ecologia do Plâncton**. In: RÉ, P. M. A. B. *Biologia Marinha*, Faculdade de Ciências de Lisboa, p. 19-64, 2000.

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Soil and Water Conservation Research Branch. Washington: **Agricultural Research Service**. p.159. Handbook n.60, 1954.

RITSEMA C, GROENENBERG J, BISSDOM E. The transformation of potential into actual acid sulphate soil studied in column experiments. **Geoderma** 55, 259-271, 1992.

RORISON, I.H. The effect of extreme soil acidity on the nutrient uptake and physiology of plants. In: DOST, H. (Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, v.1, p.223-251. 1973.

ROSSI, M.; MATTOS, I.F.A. Solos de mangue do Estado de São Paulo: Caracterização química e física. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 15, p. 101-113, 2002.

RUIZ, H. A. **Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30., Recife, PE, 2005. Resumos expandidos. Recife, PE, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª ed. (revista e ampliada). Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SCHWERTMANN, U. Inhibitory effect of soil organic matter on the crystallization of amorphous ferric hydroxide. **Nature**, 212:645-646, 1966.

SEILLER, E. **Acid sulphate soils – Their formation and agricultural use**. Hannover: Institute for Scientific Co-operation, p.92-110. 1992. (Natural Resources and Development, 35).

SHULZ, H.D. Redox Measurements in Marine Sediments. In: SCÜRING, J.; SHULZ, H.D.; FISCHER, W.R.; BÖTTCHER, J.; DUIJNISVELD, W.H.M. (Eds.) **Redox: Fundamentals Processes and Applications**. Berlin: Springer, cap.19, p.235-246, 2000.

SHUMAN, L.M. Fractionation method for soil microelements. **Soil Science**, v. 140, p. 11-22, 1985.

SMITH J, MELVILLE M.D. Iron Monosulfide Formation and Oxidation in Drain-Bottom Sediments of an Acid Sulfate Soil Environment. **Applied Geochemistry** 19, 1837 – 1853, 2004.

SOHLENIUS, G. & ÖBORN, I. Geochemistry and partitioning of trace metals in acid sulphate soils in Sweden and Finland before and after sulphide oxidation. **Geoderma** 122, 167–175, 2004.

SOUZA-JÚNIOR, V.S, VIDAL-TORRADO, P., GARCÍA-GONZÁLEZ, M.T., OTERO, X.L., MACÍAS, F. Soil mineralogy of mangrove forests from the state of São Paulo, Southeastern Brazil. **Soil Science Society American Journal** 72, 848–857, 2008.

SOUZA-JÚNIOR, V.S, VIDAL-TORRADO, P., GONZÁLEZ TESSLER, M., RUIZ PESSENDA, L.C., OSORIO, FERREIRA, T., OTERO, X.L., MACÍAS, F. Evolução quaternária, distribuição de partículas nos solos e ambientes de sedimentação em manguezais do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 31, 753-769, 2007.

SOUZA-JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO M.R.; OLIVEIRA L.B. Caracterização e classificação de solo tiomórficos da Várzea do Rio Cururipe, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 977-986, 2001a.

SOUZA-JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO, M.R.; OLIVEIRA, L.B. Propriedades químicas e manejo de solos tiomórficos da várzea do rio Coruripe, Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 811-822, 2001b.

SOUZA-JÚNIOR, V.S; VIDAL-TORRADO, P.; GARCIA-GONZÁLEZS, M.T.; MACÍAS, F.; OTERO, X.L. Smectite in mangrove soils of the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Agrícola**. (Piracicaba, Braz.) [online], vol.67, n.1, pp. 47-52, 2010.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P.; BISSON, M. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. **Analytical Chemistry**, Vol 51, pp. 844-851, 1979.

TOIVONEN, J. & ÖSTERHOLM, P. Characterization of acid sulfate soils and assessing their impact on a humic boreal lake. **Journal of Geochemical Exploration** 110, 107-117, 2011.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Microwave assisted acid digestion of sediments, sluges, soils and oils – Method 3052 – SW – 846, 1994. Disponível em: URL <http://www.epa.gov/epaosver/hazwast/test/3052.pdf>>[2012].

VALLADARES, G.S. Caracterização química e granulométrica de solos do Golfão maranhense. **Acta Amazônica**, [online], vol.39, n.4, pp. 923-933, 2009.

VAN BREEMEN, N. Genesis, Morphology and Classification of Acid Sulphate Soils in Coastal Plains. In: **Acid Sulfate Weathering**, KITTRICK, J.A., D.S. FANNING and L.R. HOSSNER (Eds.). SSSA, Madison, pp: 95-108, 1982.

VAN BREEMEN, N. Soil forming processes in acid sulphate soils. In: Dost, H.(Ed.). **Acid sulphate soils**. Wageningen: Inst. Int. for Land Reclamation and Improvement, v.1, p.66-128. 1973.

VELDE, B. & CHURCH, T. Rapid clay transformation in Delaware salt marshes. **Applied Geochemistry**, Oxford, v. 14, . 559-568, 1999.

VILHENA, M.P.S.P.; COSTA, M.L.; BERRÊDO, J.F. Continental and marine contributions to formation of mangrove sediments in an Eastern Amazonian mudplain: The case of the Marapanim Estuary. **Journal of South American Earth Sciences** 29, 427–438, 2010.

YAMASHITA, S., NAKAJO, T., NARUSE, H., SATO, T. The three–dimensional distribution of sedimentary facies and characteristics of sediment grain–size distribution in a sandy tidal flat along the Kushida River estuary, Ise Bay, central Japan. **Sedimentary Geology**, 215 , 70-82, 2009.

YIN, H.B.; FAN, C.X, DING, S.M.; ZHANG, L.; ZHONG, J.C. Geochemistry of iron, sulfur and related heavy metals in metal-polluted Taihu Lake sediments. **Pedosphere** 18:564–573, 2008.

ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGNEBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma** 79, 117-161, 1997.

ANEXO
DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA E ANALÍTICA DOS PERFIS

APÊNDICES

DESCRIÇÃO GERAL

Perfil - 01.

Data - 12/12/11.

Classificação - GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

Localização - Várzea do engenho Jacaré – Usina Maravilha. Coordenadas 07° 33' 18,4" S e 034° 57' 52,4" W, município de Goiana, Pernambuco.

Situação e declividade - Várzea do rio Capibaribe Mirim, com 2,5% de declividade.

Altitude - 16 m.

Formação geológica e litologia - Holoceno. Sedimentos argilosos fluviais.

Material originário - Sedimentos aluviais.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - plano.

Erosão - Nula.

Drenagem - Má drenada.

Vegetação local - Campo de várzea e floresta perenifólia de várzea.

Uso atual - Cultura de cana-de-açúcar.

Clima - As', da Classificação de Köppen.

Descrito e coletado por - M. R. Ribeiro, V. S. Souza-Júnior, J. O. Lemos, E. M. Viana.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0 - 16 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); argila-siltosa; moderado pequena granular; extremamente dura, firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e ondulada.

Cgnz1 - 16 - 34 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); mosqueado abundante, pequeno e distinto, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); argila-siltosa; maciça; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Cgnz2 - 34 - 50 cm, cinzento muito escuro (2,5Y 3/1, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-escuro (7,5YR 3/3, úmido); argila-siltosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição abrupta e ondulada.

2Cgnz3 - 50 - 75 cm, bruno-acinzentado (2,5Y 5/2, úmido); mosqueado comum, médio e distinto, bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmido); franco-argilo-arenosa; maciça; firme, plástica e pegajosa; transição abrupta e ondulada.

3Cgnz4 - 75 - 98 cm+, cinzento-escuro (2,5Y 4/1, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno muito escuro (7,5YR 2/4, úmido); argila-siltosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES - Muitas em Ap e Cgnz1; comum no Cgnz2; raras em 2Cgnz3 e 3Cgnz4.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Muitos poros no Ap; poucos em Cgnz1, Cgnz2 e 3Cgnz4; comum no 2Cgnz3.
- 2- Perfil encharcado, lençol freático a 98 cm.

Perfil 1 - GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico

Quadro 1. Propriedade física do perfil 1 (GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico).

Horizonte	Prof. cm	Areia		Areia Total	Silte	Argila
		Grossa	Fina			
		-----g kg ⁻¹ -----				
Ap	0-16	8	65	74	428	498
Cgnz1	16-34	14	109	124	429	448
Cgnz2	34-50	14	50	65	500	435
2Cgnz3	50-75	10	484	495	270	235
3Cgnz4	75-98	2	17	20	415	565
-	98-118+	7	8	16	353	631

Quadro 2. Propriedades químicas do perfil 1 (GLEISSOLO SÁLICO Sódico típico).

Horiz.	Prof. cm	pH		Complexo Sortivo								V	m	PST	C.O	P (disp.)
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	(H+Al)	CTC					
-----cmol _c kg ⁻¹ de TFSA-----											-----%-----		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
Ap	0-16	4,5	3,8	6,61	5,25	0,31	0,70	12,9	0,6	11,5	24,4	53	5	3	27,21	9,19
Cgnz1	16-34	4,0	3,4	6,63	5,66	0,12	2,59	15,0	1,5	14,1	29,2	51	9	9	13,79	7,89
Cgnz2	34-50	3,7	3,3	15,08	5,51	0,13	3,89	24,6	2,4	16,2	40,9	60	9	10	21,26	17,58
2Cgnz3	50-75	3,9	3,2	2,24	2,92	0,05	2,09	7,3	1,0	5,3	12,7	58	13	17	6,35	5,22
3Cgnz4	75-98	4,1	3,4	4,33	5,14	0,15	3,67	13,3	0,8	10,7	24,0	55	6	15	13,50	5,00
-	98-118+	4,4	3,7	5,16	6,12	0,52	3,77	15,6	0,3	10,8	26,4	59	2	14	18,20	12,68

Perfil - 02.

Data - 19/12/11.

Classificação - GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

Localização - Engenho Ângelo: várzea da comporta. Coordenadas 08° 34' 27,6" S e 035° 04' 18,3" W, município de Sirinhaém, Pernambuco.

Situação e declividade - Posição de várzea, próxima a mangue, com 2,5% de declividade.

Altitude - 15 m.

Formação geológica e litologia - Holoceno. Sedimentos aluviais argilosos.

Material originário - Sedimentos argilosos.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - Plano.

Erosão - Nula.

Drenagem - Má drenada.

Vegetação local - Floresta perenifólia de várzea.

Uso atual - Cultura de cana-de-açúcar.

Clima - As', da Classificação de Köppen.

Descrito e coletado por - M. R. Ribeiro, V. S. Souza-Júnior, J. O. Lemos, E. M. Viana.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0 - 8 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-avermelhado (5YR 5/3, úmido); argilosa; fraca pequena a média e blocos subangulares; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

AC - 8 - 27 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); mosqueado abundante pequeno e distinto, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido); muito argilosa; fraca média e blocos subangulares; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

Cg1 - 27 - 45 cm, cinzento-brunado-claro (2,5Y 6/2, úmido); mosqueado abundante, pequeno e distinto, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido); argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Cg2 - 45 - 74 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido); mosqueado comum, pequeno a médio e distinto, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido); argila-siltosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

Cgj - 74 - 115 cm+, cinzento (5Y 5/1, úmido); franco-argilo-arenosa; maciça; muito firme, plástica e pegajosa.

RAÍZES - Muitas em Ap; comuns em AC; poucas em Cg1; raras em Cg2 e Cg3.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Muitos poros no Ap; comuns no AC; poucos em Cg1, Cg2 e Cgj.
- 2- Perfil encharcado, lençol freático a 115 cm.

Perfil 2 - GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico

Quadro 3. Propriedade física do perfil 2 (GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico).

Horizon.	Profund. cm	Areia		Areia total	Silte	Argila
		Grossa	Fina			
-----g kg ⁻¹ -----						
Ap	0-8	17	122	140	267	593
AC	8-27	10	73	83	289	627
Cg1	27-45	6	77	84	375	541
Cg2	45-74	20	72	94	431	476
Cgj	74-115+	63	441	505	146	349

Quadro 4. Propriedades químicas do perfil 2 (GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico).

Horiz.	Prof. cm	pH		Complexo Sortivo								V	m	PST	C.O	P (disp.)
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	(H+Al)	CTC					
-----cmol _c kg ⁻¹ de TFSA-----											-----%-----		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
Ap	0-8	4,2	3,9	1,55	2,44	0,24	0,70	4,9	2,1	15,6	20,6	24	30	3	54,80	14,13
AC	8-27	4,1	3,6	1,71	2,26	0,16	0,58	4,7	2,0	18,2	23,0	20	30	3	56,40	6,78
Cg1	27-45	3,9	3,3	1,15	2,16	0,13	0,61	4,1	1,9	9,5	13,6	30	32	5	20,89	2,16
Cg2	45-74	3,6	3,2	1,08	2,56	0,11	1,08	4,8	3,4	15,4	20,3	24	41	5	44,47	1,42
Cgj	74-115+	2,3	2,2	1,10	3,79	0,01	0,33	5,2	10,1	31,0	36,3	14	66	1	34,70	1,49

Perfil - 03.

Data - 19/12/11.

Classificação - GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase campo de várzea hidrófila, relevo plano.

Localização - Engenho Ângelo: várzea da comporta. Coordenadas 08° 34' 17,6" S e 035° 04' 15,0" W , município de Sirinhaém, Pernambuco.

Situação e declividade - Várzea levemente deprimida, com 2,5% de declividade.

Altitude - 12 m.

Formação geológica e litologia - Holoceno. Sedimentos aluviais e orgânicos.

Material originário - Sedimentos argilosos.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - Plano.

Erosão - Nula.

Drenagem - Má drenada.

Vegetação local - Campo hidrófilo de várzea hidrófila.

Uso atual - Cultura de cana-de-açúcar.

Clima - As', da Classificação de Köppen.

Descrito e coletado por - M. R. Ribeiro, V. S. Souza-Júnior, J. O. Lemos, E. M. Viana.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0 - 8 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); mosqueado abundante, pequeno e distinto, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); argilosa; fraca, pequena e blocos subangulares; firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

AC - 8 - 25 cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmido); mosqueado abundante, pequeno e distinto, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); argilosa; fraca média e blocos subangulares; muito firme, plástica e pegajosa; transição clara e plana.

Cg1 - 25 - 56 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); mosqueado abundante, pequeno e distinto, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e ondulada.

Cg2 - 56 - 71 cm, bruno (7,5YR 4/2, úmido); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição abrupta e ondulada.

2Hoj - 71 - 100 cm, bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmido); franca; maciça; friável, plástica e pegajosa; transição abrupta e ondulada.

3Cgj - 100 - 120 cm+, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido); franco argilosa; muito firme, plástica e muito pegajosa.

RAÍZES - Muitas em Acp e AC; comuns em Cg1; poucas em Cg2; raras em 2Hoj; ausentes no 3Cgj.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Muitos poros em Acp e 2Hoj; comuns em AC, Cg1, 3Cgj; poucos no Cg2.
- 2- Perfil encharcado, lençol freático a 100 cm.

Perfil 3 - GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico

Quadro 5. Propriedade física do perfil 3 (GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico).

Horizonte	Profund. cm	Areia		Areia total	Silte	Argila
		Grossa	Fina			
-----g kg ⁻¹ -----						
Ap	0-8	249	103	353	120	527
AC	8-25	145	101	247	207	546
Cg1	25-56	23	26	50	296	654
Cg2	56-71	31	22	54	263	683
2Hoj	71-100	100	189	290	469	241
3Cgj	100-120+	8	201	210	438	352

Quadro 6. Propriedades químicas do perfil 3 (GLEISSOLO TIOMÓRFICO Órtico típico).

Horiz.	Profund. cm	pH		Complexo Sortivo								V	m	PST	C.O	P (disp.)
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	(H+Al)	CTC					
-----cmol _c kg ⁻¹ de TFSA-----												-----%-----		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
Ap	0-8	4,1	3,8	1,34	1,57	0,38	0,91	4,2	2,0	19,4	23,7	18	33	4	60,20	13,52
AC	8-25	3,9	3,6	1,35	1,79	0,25	0,53	3,9	3,9	22,5	26,5	15	50	2	68,90	11,94
Cg1	25-56	3,9	3,6	1,48	1,91	0,23	0,79	4,4	4,7	24,5	29,0	15	52	3	74,80	16,85
Cg2	56-71	3,6	3,2	1,28	2,53	0,14	0,62	4,6	3,5	11,9	16,5	28	44	4	32,60	1,52
2Hoj	71-100	2,8	2,7	2,60	4,06	0,07	2,09	8,8	31,1	76,1	85,0	10	78	2	200,00	1,61
3Cgj	100-120+	1,9	1,9	1,16	4,76	0,01	0,32	6,3	23,9	74,5	80,8	8	79	0	49,40	1,13

Perfil - 04.

Data - 19/12/11.

Classificação - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tiônico, A moderado, textura argilosa, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

Localização - Engenho Ângelo: várzea da comporta. Coordenadas 08° 34' 00,6" S e 035° 04' 11,3" W, município de Sirinhaém, Pernambuco.

Situação e declividade - Posição de várzea, com 2,5% de declividade.

Altitude - 8 m.

Formação geológica e litologia - Holoceno. Sedimentos aluviais.

Material originário - Sedimentos argilosos e arenosos.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - Plano.

Erosão - Nula.

Drenagem - Má drenada.

Vegetação local - Floresta perenifólia de várzea.

Uso atual - Cultura de cana-de-açúcar.

Clima - As', da Classificação de Köppen.

Descrito e coletado por - M. R. Ribeiro, V. S. Souza-Júnior, J. O. Lemos, E. M. Viana.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0 - 10 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, vermelho-amarelado (5YR 4/6, úmido); franca; maciça a fraca, média e blocos subangulares; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

AC - 10 - 17 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido); argilosa; fraca, média e blocos subangulares a blocos angulares; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Cg1 - 17 - 66 cm, bruno (7,5YR 4/2, úmido); mosqueado abundante, pequeno e proeminente, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, úmido); argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

Cg2 - 66 - 100 cm, bruno-acinzentado (2,5Y 5/2, úmido); mosqueado abundante, pequeno a médio e proeminente, bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 2,5/4, úmido); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

Cg3 - 100 - 112 cm;

2Cgj - 112 - 120 cm+;

RAÍZES - Muitas no Ap e AC; comuns no Cg1; poucas no Cg2.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Poros comuns em Ap, AC e Cg1; poucos no Cg2.
- 2- Perfil encharcado, lençol freático a 100 cm.
- 3- Os horizontes Cg3 e Cgj não foram descritos devido à forte influência do lençol freáticos nestes horizontes.

Perfil 4 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tiônico

Quadro 7. Propriedade física do perfil 4 (GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tiônico).

Horizonte	Profund. cm	Areia		Areia total	Silte	Argila
		Grossa	Fina			
-----g kg ⁻¹ -----						
Ap	0-10	202	125	328	427	245
AC	10-17	281	105	387	74	540
Cg1	17-66	245	151	398	92	510
Cg2	66-100	55	83	140	179	681

Quadro 8. Propriedades químicas do perfil 4 (GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico tiônico).

Horiz.	Profund. cm	pH		Complexo Sortivo								V	m	PST	C.O	P (disp.)
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	(H+Al)	CTC					
-----cmol _c kg ⁻¹ de TFSA-----											-----%-----		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
Ap	0-10	4,0	3,7	0,54	0,29	0,20	0,08	1,1	2,6	11,8	12,9	9	70	1	24,98	7,85
AC	10-17	3,9	3,6	0,65	0,20	0,07	0,08	1,0	2,2	13,3	14,4	7	69	1	26,28	9,22
Cg1	17-66	3,6	3,4	0,48	0,15	0,03	0,07	0,7	2,6	12,9	13,6	5	78	1	19,92	9,19
Cg2	66-100	4,0	3,6	1,43	1,31	0,14	0,20	3,1	1,5	16,7	19,9	16	34	1	31,38	9,28
Cg3	100-112	4,1	3,6	1,41	1,27	0,13	0,36	3,2	1,1	15,5	18,7	17	27	2	34,94	11,70
2Cgj	112-120	2,4	2,4	0,32	0,59	0,01	0,03	1,0	7,7	16,9	17,9	5	89	0	6,37	14,43

Perfil - 05.

Data - 20/12/11.

Classificação - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta perenifólia de várzea, relevo plano.

Localização - Engenho Mercês: Usina Salgado. Coordenadas 08° 24' 48,6" S e 035° 00' 35,4" W, município de Ipojuca, Pernambuco.

Situação e declividade - Várzea, próximo à beira do rio Ipojuca, com 2,5 % de declividade.

Altitude - 21 m.

Formação geológica e litologia - Holoceno. Sedimentos aluviais.

Material originário - Sedimentos argilosos.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - Plano.

Erosão - Nula.

Drenagem - Imperfeitamente a má drenada.

Vegetação local - Floresta perenifólia de várzea.

Uso atual - Cultura de cana-de-açúcar.

Clima - As', da Classificação de Köppen.

Descrito e coletado por - M. R. Ribeiro, V. S. Souza-Júnior, J. O. Lemos, E. M. Viana.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0 - 12 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); mosqueado pouco, pequeno e distinto, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); muito argilosa; fraca média a grande e blocos subangulares; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

Cg1 - 12 - 30 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); muito argilosa; maciça a fraca, grande e blocos subangulares; extremamente dura, muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Cg2 - 30 – 57 cm, bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

Cg3 - 57 - 100 cm, bruno-acinzentado (2,5Y 5/2, úmido); mosqueado abundante, pequeno e distinto, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

Cg4 - 100 cm+, muito argilosa.

RAÍZES - Muitas em Ap e Cg1; poucas no Cg2; ausentes no Cg3.

Perfil 5 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico

Quadro 9. Propriedade física do perfil 5 (GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico).

Horizonte	Profund. cm	Areia		Areia total	Silte	Argila	
		Grossa	Fina				
		-----g kg ⁻¹ -----					
Ap	0-12	9	40	50	247	703	
Cg1	12-30	8	36	46	107	847	
Cg2	30-57	1	7	9	142	850	
Cg3	57-100	1	5	6	68	926	
Cg4	100-115+	2	7	10	62	928	

Quadro 10. Propriedades químicas do perfil 5 (GLEISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico).

Horiz.	Profund. cm	pH		Complexo Sortivo								V	m	PST	C.O	P (disp.)
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	(H+Al)	CTC					
-----cmol _c kg ⁻¹ de TFSA-----											-----%-----		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
Ap	0-12	5,4	4,4	8,58	7,03	0,17	0,45	16,2	0,5	6,5	22,7	71	3	2	18,18	5,59
Cg1	12-30	6,0	4,8	8,97	7,65	0,09	0,43	17,1	0,4	4,7	21,9	78	2	2	13,90	9,97
Cg2	30-57	4,4	3,4	5,08	3,87	0,03	0,40	9,4	1,7	8,6	18,1	52	15	2	6,78	0,54
Cg3	57-100	4,3	3,2	4,00	3,59	0,05	0,53	8,2	7,5	10,5	18,7	44	48	3	5,02	0,75
Cg4	100-115+	4,2	3,1	3,22	2,96	0,06	0,60	6,8	9,0	15,6	22,5	30	57	3	5,90	0,62

Perfil - 06.

Data - 20/12/11.

Classificação - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico, A moderado, textura muito argilosa, fase campo de várzea, relevo plano.

Localização - Engenho Mercês: Usina Salgado. Coordenadas 08° 24' 35,9" S e 035° 00' 44,3" W, município de Ipojuca, Pernambuco.

Situação e declividade - Várzea rebaixada, com 2,5% de declividade.

Altitude - 17 m.

Formação geológica e litologia - Holoceno. Sedimentos aluviais.

Material originário - Sedimentos argilosos.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - Plano.

Erosão - Nula.

Drenagem - Muito má drenada.

Vegetação local - Campo de várzea.

Uso atual - Pastagem.

Clima - As', da Classificação de Köppen.

Descrito e coletado por - M. R. Ribeiro, V. S. Souza-Júnior, J. O. Lemos, E. M. Viana.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Oo - 5 - 0 cm, cinzento (10YR 5/1, úmido); mosqueado abundante, pequeno e distinto, bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição clara e plana.

Agn - 5 - 15 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/4, úmido); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana.

Cgn1 - 15 – 54 cm, cinzento-escuro (5Y 4/1, úmido); argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

Cgn2 - 54 - 85 cm, cinzento-escuro (5Y 4/1, úmido); muito argilosa; muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

Cgn3 - 85 - 100 cm+, muito argilosa; muito firme, muito plástica e muito pegajosa.

RAÍZES - Muitas em Oo; comuns em Agn; ausentes em Cgn1.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Poros comuns em Oo e Agn; poucos em Cgn1.
- 2- Perfil encharcado, lençol freático a 85 cm.

Perfil 6 - GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico

Quadro 11. Propriedade física do perfil 6 (GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico).

Horizonte	Profund. cm	Areia		Areia total	Silte	Argila	
		Grossa	Fina				
		-----g kg ⁻¹ -----					
Agn	5-15	21	25	47	335	618	
Cgn1	15-54	96	38	135	282	583	
Cgn2	54-85	4	4	9	191	800	
Cgn3	85-100	2	2	5	48	947	

Quadro 12. Propriedades químicas do perfil 6 (GLEISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico sódico).

Horiz.	Profund. cm	pH		Complexo Sortivo								V	m	PST	C.O	P (disp.)
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	(H+Al)	CTC					
-----cmol _c kg ⁻¹ de TFSA-----											-----%-----		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
Agn	5-15	4,3	3,8	3,82	6,93	0,52	3,39	14,7	2,3	16,5	31,2	47	14	11	48,20	12,32
Cgn1	15-54	4,9	4,0	2,81	7,17	0,32	2,85	13,2	0,7	7,4	20,6	64	5	14	13,87	17,17
Cgn2	54-85	4,4	3,6	2,88	6,90	0,26	3,86	13,9	1,0	6,9	20,8	67	7	19	7,23	7,03
Cgn3	85-100	4,8	3,9	3,30	8,69	0,22	3,96	16,2	0,9	5,5	21,7	75	6	18	9,09	5,62

Perfil - 07.

Data - 20/12/11.

Classificação - GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta de várzea, relevo plano.

Localização - Engenho Mercês: Usina Salgado. Coordenadas 08° 24' 38,4" S e 035° 00' 50,2" W , município de Ipojuca, Pernambuco.

Situação e declividade - Várzea, com 2,5% de declividade.

Altitude - 18 m.

Formação geológica e litologia - Holoceno. Sedimentos aluviais.

Material originário - Sedimentos argilosos.

Pedregosidade - Ausente.

Rochosidade - Ausente.

Relevo local - Plano.

Erosão - Nula.

Drenagem - Imperfeitamente a má drenada.

Vegetação local – Floresta perenifólia de várzea.

Uso atual - Cultura de cana-de açúcar.

Clima - As', da Classificação de Köppen.

Descrito e coletado por - M. R. Ribeiro, V. S. Souza-Júnior, J. O. Lemos, E. M. Viana.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap - 0 - 10 cm, cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido); mosqueado pouco, pequeno e distinto, bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); argilosa; fraca pequena a média e blocos subangulares; extremamente dura, muito firme, muito plástica e pegajosa; transição clara e plana.

AC - 10 - 30 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido); argilosa; fraca, média e blocos subangulares; extremamente duro, muito firme, muito plástica e pegajosa; transição gradual e plana.

Cg1 - 30 - 80 cm, bruno muito escuro e bruno-acinzentado (10YR 2/2 e 10YR 5/2, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-forte (7,5YR 5/8, úmido); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e pegajosa; transição abrupta e ondulada.

Cg2 - 80 - 120 + cm, bruno-acinzentado (2,5Y 5/2, úmido); mosqueado comum, pequeno e distinto, bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido); muito argilosa; maciça; muito firme, muito plástica e pegajosa.

RAÍZES - Muitas em Ap; comuns em AC; poucas em Cg1; ausentes em Cg2.

OBSERVAÇÕES:

- 1- Poros comuns em Ap, AC, Cg1 e Cg2.
- 2- Lençol freático ausente até 120 cm.
- 3- Presença de zeólitas no Cg1.

Perfil 7 - GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico

Quadro 13. Propriedade física do perfil 7 (GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico).

Horizonte	Profund. cm	Areia		Areia total	Silte	Argila
		Grossa	Fina			
		-----g kg ⁻¹ -----				
Ap	0-10	109	111	220	348	431
AC	10-30	100	103	203	261	536
Cg1	30-80	7	19	28	137	835
Cg2	80-120+	0	2	3	256	741

Quadro 14. Propriedades químicas do perfil 7 (GLEISSOLO HÁPLICO Alítico típico).

Horiz.	Profund. cm	pH		Complexo Sortivo								V	m	PST	C.O	P (disp.)
		H ₂ O	KCl	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	(H+Al)	CTC					
-----cmol _c kg ⁻¹ de TFSA-----											-----%-----		g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		
Ap	0-10	5,2	4,2	4,87	2,88	0,31	0,27	8,3	0,5	6,5	14,9	56	6	2	17,07	29,45
AC	10-30	4,8	3,6	3,66	2,24	0,16	0,16	6,2	1,4	7,9	14,2	44	18	1	12,97	21,02
Cg1	30-80	4,4	3,4	2,99	3,20	0,05	0,26	6,5	5,9	13,8	20,4	32	48	1	11,50	16,29
Cg2	80-120+	4,4	3,4	1,80	3,65	0,06	0,24	5,8	7,5	9,32	15,1	38	57	2	4,47	2,30

