

ARLICÉLIO DE QUEIROZ PAIVA

**SOLOS CARBONÁTICO-FOSFÁTICOS DO PLATÔ DE IRECÊ, BA:
GÊNESE, MINERALOGIA E GEOQUÍMICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2010

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

P149s
2010

Paiva, Arlicélio de Queiroz, 1965-

Solos carbonático-fosfáticos do Platô de Irecê, BA:
gênese, mineralogia e geoquímica / Arlicélio de Queiroz
Paiva. – Viçosa, MG, 2010.

xiv, 184f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Solos - Formação. 2. Mineralogia. 3. Metais pesados.
4. Plumbogumita. 5. Fosfoferrita. 6. Calcita. 7. Dolomita.
8. Platô de Irecê (BA). I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

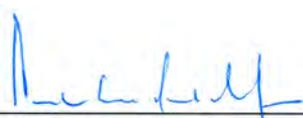
CDD 22.ed. 631.4

ARLICÉLIO DE QUEIROZ PAIVA

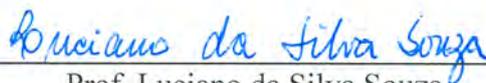
**SOLOS CARBONÁTICO-FOSFÁTICOS DO PLATÔ DE IRECÊ, BA:
GÊNESE, MINERALOGIA E GEOQUÍMICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 19 de abril de 2010.



Prof. Carlos Ernesto G. R. Schaefer
(Co-Orientador)



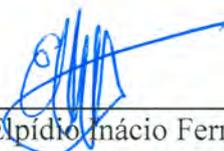
Prof. Luciano da Silva Souza
(Co-Orientador)



Prof. Raphael Bragança A. Fernandes



Dr. João Herbert Moreira Viana



Prof. Elpidio Inácio Fernandes Filho
(Orientador)

À Ana, minha esposa.
À Mariana e a João Vítor, nossos filhos.
Ao Sr. Nazió e à D. Ozana, meus pais.
A Arle e a Anselmo meus irmãos.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Santa Cruz (Ilhéus-BA), pelo auxílio financeiro durante a realização desse trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, por meio do Departamento de Solos, pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Professor Elpídio Inácio Fernandes Filho, pela orientação, pela amizade, pela generosidade com a minha família e pelas aulas de fotografia.

Ao Professor Carlos Ernesto G. R. Schaefer, pela amizade, pelos desafios propostos, pelos ensinamentos e por ter me apresentado *O Rio de São Francisco e a Chapada Diamantina*, de Teodoro Sampaio.

Ao Professor Luciano da Silva Souza (UFRB), pela co-orientação mais uma vez, pela parceria e pela amizade.

Ao Professor Liovando Marciano da Costa, pela co-orientação, pelos ensinamentos e pela amizade.

Aos Professores Raphael Bragança A. Fernandes e Renildes Lucio Ferreira Fontes e ao Pesquisador Dr. João Herbert Moreira Viana (Embrapa Milho e Sorgo), pelas inúmeras sugestões que ajudaram a melhorar este trabalho.

Ao Professor Vander de Freitas Melo (UFPR), pelo auxílio na identificação de minerais.

Às secretárias da Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da UFV, Cláudia Maria Gonçalves e Luciana de Castro Freitas, pelo pronto e cordial atendimento em todas as solicitações feitas durante a realização deste curso.

A Ivonaldo Praxedes, funcionário da UESC, por nos conduzir com competência e descontração durante os trabalhos de campo.

Aos agricultores do Platô de Irecê, que permitiram o nosso acesso às suas propriedades para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Pesquisador Dr. César da Silva Chagas, pela viabilização das análises de ataque sulfúrico no laboratório da Embrapa-Solos.

À Dra. Rosane Palissari, pelas análises de microscopia eletrônica no laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura da Unicamp.

Aos laboratoristas do Departamento de Solos da UFV, Cláudio Márcio Brustolini, José Francisco Dias, Carlos Antônio da Fonseca e Antonio Carlos Alves Pinto, pela colaboração.

Aos colegas José Augusto Carvalho, Alexandre Dias Munhoz e José Olímpio de Souza Júnior, diretores do DCAA/UESC, pelo cordial atendimento das minhas solicitações durante a realização deste curso.

Aos amigos Paulo Gabriel (UFRB), José Ucha (IFBA) e Jerônimo Rodrigues (UEFS), pelos constantes estímulos.

Ao colega Maurício Santana Moreau (DCAA/UESC), pela colaboração nas fotos de microscopia ótica.

Às famílias com as quais tivemos o prazer da convivência em Viçosa: José Augusto e Karine, Elpídio e Dalila, Richard e Tânia, Ricardo e Michele, Alexandre e Simone, Raphael e Verônica, Eduardo e Regina e Leonardo e Karina.

Aos colegas de curso do DPS/UFV pelas valorosas trocas de ideias: Igor Assis, Bruno Mendonça, Juscimar Silva, Joaquin Garcia, Hugo Ruiz, Guilherme Correia, André Faria e José João.

Aos estagiários que contribuíram para a realização deste trabalho: Maola Faria, André Carvalho, Kelly Barros, Laís Teixeira, Bruno Lima, Marcelo Cerqueira, Paula Andrade, Daniel Sousa e Bruno Resck.

A Aray Leite Monteiro e Joelson Xavier de Oliveira, pela colaboração nas coletas de solos em campo.

À Ana, minha esposa, e aos nossos filhos, Mariana e João Vítor, pelo companheirismo, pelo período feliz que vivemos em Viçosa, pela paciência e pelo amor.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Arlicélio de Queiroz Paiva, filho de Naziozeno da Silva Paiva e Ozana Neiva de Queiroz Paiva, nasceu no pequeno povoado de Tanquinho, município de Lapão, na região de Irecê-BA, em 11 de fevereiro de 1964. Pelas condições da época, seu Nazió resolveu registrá-lo um ano depois do seu nascimento. Por essa razão, passou a existir oficialmente a partir de 1965.

Como o lugarejo onde nasceu não tinha escolas de melhor qualidade, teve que mudar para Irecê juntamente com o irmão mais velho e primos em 1975 e desde então não morou mais com os seus pais, exceto nos dois anos que estudou em Lapão, para onde andava 12 km de bicicleta toda tarde quente do Sertão Baiano. Passou a conviver com energia elétrica em sua casa a partir de 1980, isso fez com que aprendesse a admirar o céu estrelado.

Em 1980 ingressou na Escola de Agricultura da Região de Irecê (ESAGRI) onde participou ativamente de movimentos políticos; em função de uma greve, transferiu-se para Presidente Dutra, BA, onde concluiu o segundo grau em 1982.

De 1983 a 1985 trabalhou com aerofotogrametria na empresa Lasa Engenharia e Prospecções, em projetos de regularização fundiária no Sertão da Bahia.

Depois de ter feito suas economias, contou também com o apoio financeiro dos seus pais para estudar em curso pré-vestibular em Salvador, tendo sido aprovado em três vestibulares no ano de 1988.

Graduou-se em Agronomia em maio de 1993, pela Universidade Federal da Bahia (atual UFRB), onde recebeu placa de reconhecimento ao mérito pelo excelente desempenho acadêmico.

Participou do Programa de Educação Tutorial (PET-CAPES), como bolsista de iniciação científica, no período de março de 1990 a março de 1993.

Fez aperfeiçoamento no “Programa de desenvolvimento ambiental da região da Mata Atlântica do Sudoeste da Bahia”, coordenado pelo Centro de Pesquisa do Cacau (CEPLAC-CEPEC), como bolsista do CNPq, no período de agosto de 1993 a fevereiro de 1994, em Itabuna-BA.

Iniciou o curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, em março de 1994, como bolsista da Divisão de Programas Especiais da CAPES, concluindo em junho de 1997. Nesse período trabalhou com dinâmica da água em solos coesos dos Tabuleiros Costeiros.

Atuou como professor substituto no Departamento de Química Agrícola e Solos da Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia (atual UFRB), no período de agosto de 1995 a setembro de 1996.

De março de 1997 a fevereiro de 1998 foi professor substituto do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais da UESC - Ilhéus-BA.

Em fevereiro de 1998 ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Santa Inês, BA, através de concurso público, onde trabalhou como professor de curso técnico. Por não ter se adaptado ao regime “quartelresco”, transferiu-se para o Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia (atual IFBA), onde trabalhou de junho de 2001 a maio de 2002.

Desde maio de 2002 é professor do Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) em Ilhéus-BA, cidade onde mora atualmente com esposa e filhos.

Em maio de 2006 ingressou no curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, onde obteve o título de *Doctor Scientiae* em abril de 2010.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	x
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. LITERATURA CITADA	6
CAPÍTULO I: GÊNESE DE SOLOS CALCÁRIOS, FOSFÁTICOS E SULFETADOS DO PLATÔ DE IRECÊ-BA	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
3.1. Características morfológicas e atributos físicos	15
3.2. Ferro e alumínio extraídos por oxalato amônio e por ditionito	20
3.3. Ataque sulfúrico	24
4. CONCLUSÕES	27
5. LITERATURA CITADA	27
CAPÍTULO II: MINERALOGIA DE SOLOS CALCÁRIOS DO PLATÔ DE IRECÊ-BA	31
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAL E MÉTODOS	34

	Página
3. RESULTADOS	36
3.1. Mineralogia da fração areia	36
3.2. Mineralogia da fração silte	45
3.3. Mineralogia da fração argila	50
4. DISCUSSÃO	64
5. CONCLUSÕES	66
6. LITERATURA CITADA	67
CAPÍTULO III: OCORRÊNCIA NATURAL DE PLUMBOGUMITA E FOSFOFERRITA EM SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE UMA ANOMALIA GEOQUÍMICA NO PLATÔ DE IRECÊ-BA	71
1. INTRODUÇÃO	72
2. MATERIAL E MÉTODOS	74
3. RESULTADOS	76
3.1. Mineralogia da fração areia	76
3.2. Mineralogia da fração silte	79
3.3. Mineralogia da fração argila	81
3.4. Mapas microquímicos e análise microquímica pontual por meio de MEV-EDS	84
4. DISCUSSÃO	89
5. CONCLUSÕES	89
6. LITERATURA CITADA	90
CAPÍTULO IV: FORMAS DE FÓSFORO EM SOLOS DO SEMIÁRIDO DESENVOLVIDOS DE ROCHAS CARBONÁTICAS/FOSFÁTICAS NO PLATÔ DE IRECÊ, BA	94
1. INTRODUÇÃO	95
2. MATERIAL E MÉTODOS	97
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	98
3.1. Atributos físicos e químicos	98
3.2. Fracionamento de fósforo	100
3.2.1. Fósforo inorgânico (P-i)	100
3.2.2. Fósforo orgânico (P-o)	102

	Página
3.2.3. Fósforo residual (P-rdu) e fósforo total (P-tot)	105
4. CONCLUSÕES	105
5. LITERATURA CITADA	106
CAPÍTULO V: OCORRÊNCIA NATURAL DE METAIS PESADOS EM SOLOS ANÔMALOS DESENVOLVIDOS AO LONGO DE UM GOSSAN NO PLATÔ DE IRECÊ, BA	110
1. INTRODUÇÃO	112
2. MATERIAL E MÉTODOS	114
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	116
3.1. Teores totais de metais pesados	116
3.2. Teores de metais pesados extraídos com Mehlich-1.....	121
3.3. Determinação de metais pesados em diferentes extratos	122
4. CONCLUSÕES	126
5. LITERATURA CITADA	127
CONCLUSÕES GERAIS	134
APÊNDICE A	136
APÊNDICE B	173

RESUMO

PAIVA, Arlicélio de Queiroz, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2010.
Solos carbonático-fosfáticos do Platô de Irecê, BA: gênese, mineralogia e geoquímica. Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Co-Orientadores: Carlos Ernesto G. R. Schaefer, Luciano da Silva Souza e Liovando Marciano da Costa.

O Platô de Irecê está localizado em uma região semiárida do Centro Norte do Estado da Bahia e possui rochas calcárias que foram depositadas durante o Neoproterozóico (Pré-Cambriano). Em muitos pontos do platô, essas rochas ocorrem em associação com rochas fosfáticas e mineralizações sulfetadas de Fe, Zn e Pb na forma de diversos gossans, originadas por hidrotermalismo. Processos geomorfológicos que ocorreram durante o Cenozóico contribuíram para o aplainamento da região e deposição em posições mais baixas da paisagem, do calcário secundário conhecido como calcário Caatinga que foi originado a partir da dissolução dos calcários do platô. A alta fertilidade natural dos solos do Platô de Irecê contribuiu para que essa região se tornasse uma das áreas agrícolas mais importantes do Nordeste. Os resultados do estudo da gênese dos solos permitem concluir que o intemperismo ocorrido em fases pretéritas mais úmidas foi o fator preponderante para a formação de Latossolos ou de Cambissolos com características latossólicas, nas áreas estudadas no Platô de Irecê; nos locais de influência do gossan, a drenagem ácida foi um fator adicional que contribuiu com o aprofundamento ainda maior do perfil, já que estas áreas fraturadas e mineralizadas com sulfetos constituem zonas preferenciais de remoção de solutos. Os altos teores de

CaCO_3 dos solos do Platô de Irecê influenciam em características importantes dos solos, como estrutura e textura. Os solos originados do gossan apresentaram os maiores valores de Fe_2O_3 . O índice Ki (relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) da argila maior que 2,2, considerado para identificar Cambissolos, não se aplica aos Cambissolos calcários do Platô de Irecê; outros critérios, como a $\text{CTC} > 17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e a atividade de argila, são compatíveis com a classificação como Cambissolos. O Platô de Irecê passou por um período pretérito úmido, com intensa remoção de sílica que resultou na transformação de minerais 2:1 em 1:1, e por um período seco, mais recente, semelhantes às condições atuais, compatível com a baixa substituição isomórfica detectada do Fe pelo Al. O estudo da mineralogia dos solos calcários demonstrou que a ocorrência do mineral calcita na fração areia foi condicionada a ambientes com cotas de menor altitude, onde ocorreram aportes de sedimentos calcários ou em áreas de dolinas quando a altitude é mais elevada. A calcita e dolomita presentes na fração argila foram resultantes da precipitação dos carbonatos que foi favorecida pelas condições geoambientais da região. O quartzo foi o único mineral presente nas três frações de todos os perfis, sendo que nas frações argila e silte sua origem está relacionada à neoformação, enquanto que na fração areia tem origem da rocha matriz. A caulinita é o mineral mais comum na fração argila nos solos do Platô de Irecê. O estudo da mineralogia dos solos originados do gossan, feito por meio de difratometria de raio-X e por mapas e análises microquímicas em microscopia eletrônica de varredura (MEV/EDS), revelou a presença de plumbogumita e fosfoferrita que são minerais fosfatados de ocorrência pouco comum em solos. A extração sequencial de fósforo em solos desenvolvidos sob influência de rochas fosfáticas demonstrou que, dentre as formas inorgânicas de P nos solos do Platô de Irecê, estabeleceu-se a seguinte ordem: $\text{P-Ca} > \text{P-Fe/Al} > \text{P-lábil}$; o Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico (perfil P8), utilizado como solo de referência de área externa à mineralização, também apresentou valores elevados de P-lábil no horizonte superficial, indicando a redistribuição do material transportado a partir da área de mineralização fosfática. Os solos da sequência analisada apresentaram comportamento diferenciado de solos não calcários do semiárido nordestino, como observado pelo maior teor de carbonato de cálcio, que proporcionou maiores teores de P-Ca e menor P-residual em relação ao P-total. Os resultados da análise de metais pesados em solos desenvolvidos sob influência do gossan revelam que o Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico (P6) apresenta uma forte anomalia para Zn, Pb e Cr, que pode levar ao comprometimento da qualidade desse solo e apresentar riscos potenciais para o homem

e para o meio ambiente; os teores totais de Mn foram maiores para solos dentro da área do gossan, demonstrando que o intemperismo das mineralizações sulfetadas pode ter contribuído com o aporte desse elemento no solo. O perfil P8, utilizado como solo de referência de área externa ao gossan, também apresentou valores elevados de Zn, Pb e Cr, indicando que ocorreu uma redistribuição lateral do material, possivelmente pela pedimentação em uma fase semiárida mais severa, que gerou a superfície de aplainamento do Platô de Irecê.

ABSTRACT

PAIVA, Arlicélio de Queiroz, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2010.
Carbonate-phosphates soils of Irecê Plateau, BA: genesis, mineralogy and geochemistry. Adviser: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Co-advisers: Carlos Ernesto G. R. Schaefer, Luciano da Silva Souza and Liovando Marciano da Costa.

The Irecê Plateau is located under semi-arid climate in North Center of Bahia and has calcareous rocks that were deposited during the Neoproterozoic (Precambrian). In many parts of Plateau, these rocks occur in association with phosphatic rocks and sulfide mineralization of Fe, Zn and Pb in many gossans formations, originated from hydrothermalism. Geomorphologic processes occurred during Cenozoic promoted the region flattening and deposition in lower positions of the landscape, the secondary calcareous known as Caatinga calcareous was originated from the dissolution of calcareous from Plateau. The soils high natural fertility from Irecê Plateau contributed to become one of the major grain-producing regions of the Northeast. The results of the genesis studies of the soil permit to conclude that past weathering occurred under wetter condition, accounting for formation of Latosol or Latossolic Cambisols in sulfide-affected with Gossan, the acid drainage was an additional factor that contributed to further weathering since these areas fractured and mineralized with sulfides are areas of preferential removal of solutes. The high content of CaCO_3 on soils from Irecê Plateau influenced soils characteristics, such as structure and texture. The soils originated from Gossan presented high levels of Fe_2O_3 . The Ki index (molecular relation $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$)

higher than 2.2, considered to separate Cambisol is not appropriate to Cambisols from limestone of Irecê Plateau; other criteria such as $CTC > 17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ and the clay activity are compatible to the Cambisol classification. The Irecê Plateau experienced a past humid period with intense silica removal that resulted in the transformation of 2:1 in 1:1 minerals and through recent drier period, similar to present day semi-arid compatible the low isomorphic substitution of Fe to Al detected. The calcareous soils mineralogical study indicates that the calcite occurrence in sand fraction was subjected to environments of lower altitudes, where occurred calcareous sediments or in doline areas where the altitude is higher. The calcite and dolomite in the clay fraction of soils were resultants from the carbonate precipitations favored by geoenvironmental conditions of the region. The quartz was the only present mineral in the three fractions of all pedons. In the clay and silt fraction the presence is caused by the neoformation and in the sand fraction is originated from the matrix rock. The kaolinite is the most common mineral in the clay fraction in Irecê Plateau soils. The study of the mineralogy of soils originated from Gossan, made by X-ray diffraction and microchemical maps and analysis in scanning electron microscopy (SEM / EDS), revealed the presence of plumbogummite and phosphoferrit that are not common phosphate minerals in soils. The phosphate sequential extraction on developed soils by the influence of phosphate rocks demonstrated that among inorganic forms of P in the Irecê soils, the following order was established: $P\text{-Ca} > P\text{-Fe/Al} > P\text{-labile}$; the eutric oxic Inceptisol (pedon P8), used as a soil reference to the external area for mineralization, also showed high levels of P-labile in the surface horizon, indicates the redistribution of the material transported from the area of phosphate mineralization. The soils showed a contrasting chemical behavior compared with non-calcareous soils of the semi-arid Northeast, illustrated by higher calcium carbonate, helping to maintain higher P-Ca and lower P-residual levels. The analysis results of heavy metals in developed soils under the influence of Gossan revealed that eutric oxic Inceptisol (P6) presents an strong anomaly to Zn, Pb and Cr may lead to impairment of quality of soil and potential risks to humans and the environment; the total levels of Mn were higher to soils inside the gossan area, demonstrating that the weathering of sulfidic mineralizations may have contributed to the intake of this element in soil. The profile P8, utilized as soil reference located outside the gossan, also presented high levels of Zn, Pb and Cr, indicating the occurrence of a lateral material redistribution, possibly by the pedimentation in a severe semi-arid period that generated the planning surface of Irecê Plateau.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A região de Irecê está localizada no Noroeste da Bahia e, segundo CEI (1994), é composta por 19 municípios que se encontram totalmente inseridos no semiárido baiano (Figura 1).

A região possui uma população estimada pelo IBGE em 2009 de 380.794 habitantes e área territorial de 25.551 km² (IBGE, 2010).

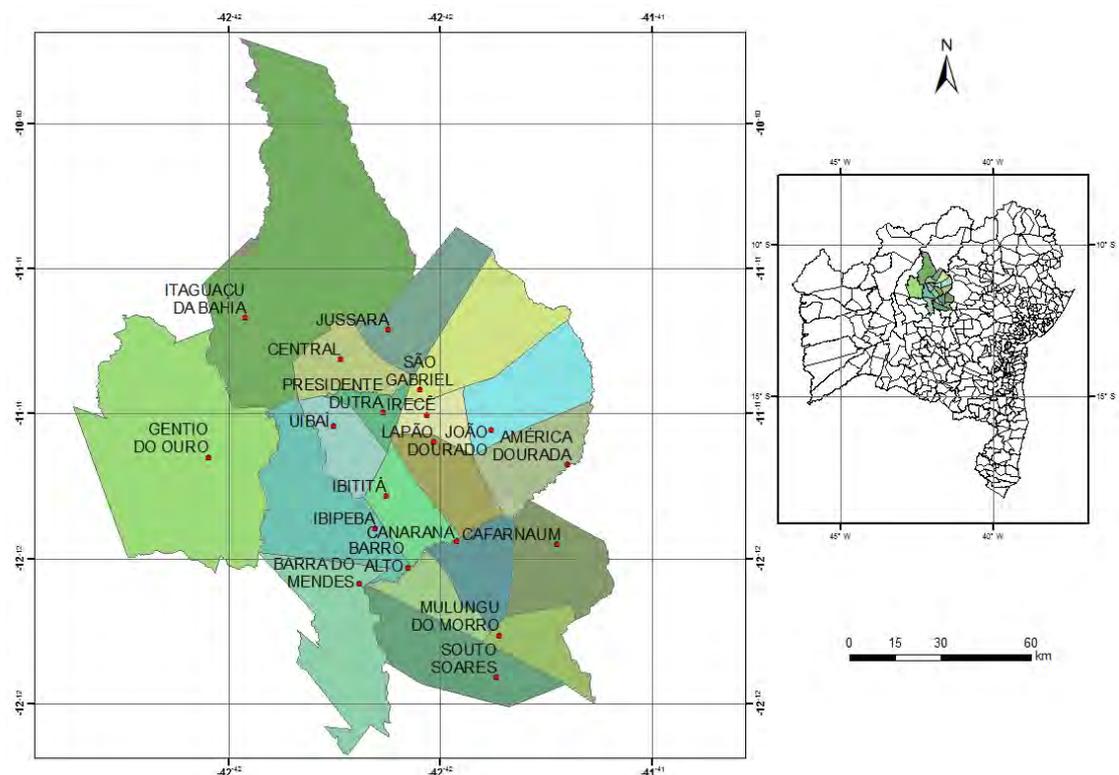


Figura 1. Localização geográfica da Região de Irecê, Bahia.

Do ponto de vista geológico, a região é representada pela Bacia Calcária de Irecê, que está inserida na Formação Salitre, do Grupo Una e do Supergrupo São Francisco.

O Supergrupo São Francisco comporta os Grupos Bambuí e Una que são cronocorrelatos. De acordo com Souza et al. (1993), o Grupo Una foi depositado em uma bacia intermontana, tectonicamente estável, em ambiente de planície de maré com rampa de declividade moderada, em condições climáticas áridas. A bacia tem

confrontações leste, oeste e sul com elevações do Grupo Chapada Diamantina, que forma o seu substrato.

Para Lagoeiro (1990), o Grupo Una sofreu dois ciclos deformacionais durante o Ciclo Brasileiro. Os registros do primeiro evento foram quase completamente mascarados pelo evento posterior, que se caracteriza pela presença de intensos cavalgamentos, com dobras e falhas de baixo ângulo, associados à vergência para SSE (Su–Sudeste).

O Grupo Una é dividido nas Formações Bebedouro, que é uma deposição inicial originada de um evento glacial de âmbito continental, e Salitre, que superpõe a Formação Bebedouro e é originada pela deposição de rochas carbonáticas em ambientes de supra, inter e submaré (Brasil, 1983; Souza et al., 1993; Sampaio, 2001).

Pedreira et al. (1985) dividiram a Formação Salitre em quatro unidades estratigráficas que serão resumidamente descritas a seguir.

A Unidade Nova América tem litologia com predomínio de calcilitos laminados de cores diversas e, secundariamente, ocorrem calcarenitos. O que mais caracteriza essa unidade é a constante presença de estruturas sedimentares típicas de ambientes de inter e supramaré, como tapetes algais (laminitos algais), laminação cruzadas, “tepees” e brechas.

Na litologia da Unidade Gabriel ocorrem calcilitos, calcissiltos e calcarenitos finos, de coloração rosa, creme e cinza claro. Apresenta também corpos de dolomitos associados a laminitos algais. As estruturas sedimentares são características de ambiente de planície de maré, compreendendo os sub-ambientes de supra, inter e submaré com águas rasas e agitadas.

As principais rochas da Unidade Jussara são calcarenitos e calcilitos de coloração cinza escura e negra, formadas por deposição em ambiente raso.

Na Unidade Irecê predominam calcilitos laminados com variação para calcarenitos de textura fina a média e coloração cinza escura a negra, com intercalação de margas, siltos, arenitos imaturos e sílex, este último localmente.

Os autores reconheceram, provisoriamente, a Unidade Lapão, que deixou de ser adotada por outros autores, como Souza et al. (1993) e Sampaio (2001).

A Bacia de Irecê possui os únicos depósitos de fosfato do estado da Bahia, com viabilidade econômica definida (Sampaio, 2001). As concentrações primárias de fosfato estão contidas em estromatólitos colunares, indicando que eles se desenvolveram em águas muito agitadas, provavelmente por ação de correntes de

maré. O minério secundário está disposto em extensas faixas de “cascalho” com direção leste–oeste, atingindo até quatro quilômetros de comprimento, largura entre 30-800 metros e espessura média de 1,4 m. A origem desse material é devida ao seu enriquecimento com produto do intemperismo do fosfato primário que ocorreu por dissolução do material intercolunar (Pedreira et al., 1985).

A Bacia de Irecê possui ainda depósitos de zinco com chumbo subordinado, jazimentos de bário, flúor chumbo, cristal de rocha e calcita. A fonte de calcário da bacia é praticamente inesgotável em função de sua grande área de ocorrência, de uso múltiplo e composição variada (Sampaio, 2001).

Oliveira et al. (1993) analisaram o gossan (formação superficial resultante da alteração intempérica de mineralizações sulfetadas e que constitui um tipo particular de chapéu de ferro) Irecê-Lapão e atestaram a riqueza em Pb, Zn, As e Ag, com teores ligeiramente elevados de Cu.

Os processos geomorfológicos ocorridos na Bacia de Irecê durante o Cenozóico promoveram o aplainamento da região e contribuíram para a deposição da Formação Caatinga e para a gênese das coberturas residuais (Pedreira et al., 1985).

De acordo com CAR (2002), foram identificadas oito unidades geoambientais na região, sendo que a unidade Chapada de Irecê ocupa a maior área, com 37% de cobertura. Para Silva et al. (1993), essa chapada é constituída por um vasto platô que varia de 500 a 800 metros de altitude.

O relevo se destaca pouco com relação às movimentações, apresentando feição plana, quase uniforme (SEPLANTEC, 1974).

Os solos são de alta fertilidade natural e a vegetação nativa é formada por caatinga hiperxerófila (Silva et al., 1993).

A região possui grandes extensões de Cambissolos eutróficos originados de rochas calcárias (Cavedon, 1986; Resende et al., 1988). De acordo com CODEVASF (1991), os solos mais importantes do Platô de Irecê são os Cambissolos Bruno Avermelhados eutróficos, não apenas por suas características físicas e químicas, mas também pela sua elevada expressão geográfica.

Esses solos são objeto de estudo de alguns autores. Araújo Filho & Ribeiro (1994) e Araújo Filho & Ribeiro (1996) observaram que os Cambissolos originados de rocha calcária, com textura argilosa e muito argilosa, localizados no Baixio de Irecê, apresentaram média disponibilidade de água, indicada pelo estudo das

características texturais e estruturais, e altas taxas de infiltrações, compatíveis com os aspectos morfológicos e micromorfológicos.

Cunha & Ribeiro (1998) estudaram a qualidade da matéria orgânica e a relação pedogenética em Cambissolos calcários do Platô de Irecê, e observaram que a matéria orgânica encontra-se bastante humificada em todos os solos analisados. Os autores acreditam que, naqueles solos onde a ação antrópica se faz presente, provocando uma ação devastadora sobre os recursos naturais, a qualidade da matéria orgânica esteja contribuindo para a alteração e a desorganização estrutural.

Coutinho (2000) analisou os impactos da agricultura intensiva irrigada nas propriedades físicas e químicas de solos da região de Irecê e concluiu que ocorreram mudanças significativas nas propriedades dos solos. As propriedades físicas mais afetadas foram porosidade, densidade do solo, condutividade hidráulica, taxa de infiltração e capacidade de retenção de água. As propriedades químicas que apresentaram alterações mais significativas foram matéria orgânica, magnésio, sódio, fósforo, condutividade elétrica e percentual de sódio trocável. Além disso, o autor observou mudanças na espessura e estrutura dos horizontes superficiais.

Almeida et al. (2006) estudaram o impacto da agricultura irrigada intensiva sob um Cambissolo eutrófico da região de Irecê e concluíram que o uso indiscriminado de insumos e máquinas agrícolas provocou aumento da densidade do solo e diminuição da porosidade e da agregação do solo, resultando, também, na diminuição do pH, do teor de potássio, da CTC e da matéria orgânica.

De acordo com CODEVASF (1991), o Platô de Irecê possui terras com grande potencialidade para a produção de culturas, tanto no sistema de sequeiro como no sistema irrigado.

Duarte (1963) surpreendeu-se com a expressiva produção agrícola da região que, naquela época, já contribuía de forma relevante para a economia do Estado da Bahia e do Nordeste, denominando-a de “ilha agrícola” no sertão baiano.

Em meados dos anos 1980, a região tornou-se a maior produtora de grãos do Estado da Bahia e do Nordeste (SEI, 2003), com destaque para o cultivo do feijão, milho e mamona.

O Platô de Irecê é o setor mais importante da região, em termos econômicos, onde a agricultura irrigada é feita por agricultores que cultivam cenoura, beterraba e cebola, concentradas, principalmente, nos Municípios de Irecê, Lapão, João Dourado

e América Dourada (Barbosa, 2000). O Município de Lapão destaca-se por apresentar a maior área irrigada da região.

O avanço das áreas agrícolas com feijão, milho e mamona resultou na diminuição da vegetação da Caatinga (Pedreira et al., 1985; CAR, 2002). Atualmente, essa vegetação restringe-se apenas às áreas de solos mais pobres, localizados, principalmente, na parte norte da bacia de Irecê (Pedreira et al., 1985). Essa ação resultou em impactos ambientais importantes como a compactação dos solos, a ocorrência de erosão laminar e eólica e a redução do teor de matéria orgânica dos solos (CAR, 2002).

Isso demonstra que o avanço da agricultura intensiva no Platô de Irecê não ocorreu de forma planejada para prevenir a degradação ambiental. O planejamento adequado do uso das terras dessa região deve levar em consideração a capacidade de suporte dos diferentes componentes ambientais, principalmente por se tratar de uma região semiárida que, naturalmente, é mais susceptível à degradação.

Diante disso, realizou-se o presente trabalho nos municípios de Lapão e de Uibaí, localizados no Platô de Irecê, Bahia, que foi dividido em capítulos que serão comentados sucintamente a seguir.

CAPÍTULO I: Gênese de solos calcários, fosfáticos e sulfetados do Platô de Irecê, BA. Neste capítulo foram estudadas 4 topossequências de solos calcários que representam bem a diversidade geológica e de solos que ocorrem na região. Foram enfocados aspectos relacionados à morfologia dos solos e à gênese, por meio de análises de ferro e alumínio amorfos e cristalinos e do ataque sulfúrico.

CAPÍTULO II: Mineralogia de solos calcários do Platô de Irecê, BA. Neste capítulo estudou-se a mineralogia das frações areia, silte e argila de solos calcários em três topossequências, avaliando as diferenças mineralógicas em função da disponibilidade hídrica.

CAPÍTULO III: Ocorrência natural de plumbogumita e fosfoferrita em solos desenvolvidos sobre uma anomalia geoquímica no Platô de Irecê, BA. A ocorrência de pequenas áreas com rochas calcárias sob influência de fosfatos e de mineralizações sulfetadas possibilitou a ocorrência de minerais pouco comuns em solos, como a plumbogumita e fosfoferrita, que foram detectadas por difratometria de raio-X, por mapas microquímicos e análises microquímicas pontuais em microscopia eletrônica de varredura (MEV/EDS).

CAPÍTULO IV: Formas de fósforo em solos do semiárido desenvolvidos de rochas carbonáticas/fosfáticas no Platô de Irecê, BA. O Platô de Irecê é a única região onde ocorre exploração econômica de depósitos de fosfato no Estado da Bahia. Essas rochas estão associadas às rochas calcárias, originando solos com elevados teores de fósforo. Por essa razão, este capítulo tratou do fracionamento sequencial de fósforo em uma sequência de solos originados dessas rochas, estabelecendo suas relações com alguns atributos químicos e físicos dos solos.

CAPÍTULO V: Ocorrência natural de metais pesados em solos anômalos desenvolvidos ao longo de um gossan no Platô de Irecê, BA. Gossan é carapaça ferruginosa depositada na superfície, resultante de processos hidrotermais que possuem fluidos ricos em sulfetos. Neste capítulo foram avaliados teores naturais de alguns metais pesados extraídos pelo ataque total, Mehlich-1 e em extratos obtidos do fracionamento de fósforo em uma sequência de solos desenvolvidos ao longo de um gossan. Esses teores foram confrontados com valores de referência e com os limites de tolerância determinados pela legislação ambiental brasileira.

2. LITERATURA CITADA

ALMEIDA, A.J.G.; MIZUKI, T.; PAIVA, A.Q.; SOUZA, L.S. Impactos da irrigação intensiva nas propriedades de um solo na região de Irecê, Bahia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., Aracaju, 2006. Resumos expandidos... Aracaju: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 1 CD-ROM.

ARAÚJO FILHO, J.C.; RIBEIRO, M.R. Características de Cambissolos do Baixio de Irecê (BA) e suas relações com infiltração e disponibilidade de água. R. Bras. Ci. Solo, 18:521-527, 1994.

ARAÚJO FILHO, J.C.; RIBEIRO, M.R. Infiltração da água em Cambissolos do Baixio de Irecê (BA). R. Bras. Ci. Solo, 20:363-370, 1996.

BARBOSA, D.V.N. Os impactos da seca de 1993 no Semi-Árido baiano: caso de Irecê. Salvador: SEI, 2000. 98p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de recursos naturais – folhas SC. 24/25 Aracaju / Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1983. 856p. (Série Levantamento de Recursos Naturais, 30).

CAR, Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. Irecê: Perfil Regional; Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável - PDRS. Salvador: 2002. 61p. (Série Cadernos CAR, 29).

CAVEDON, A.D. Classificação, características morfológicas, físicas e químicas dos principais solos que ocorrem no semiárido brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, Feira de Santana, 1984. Anais... SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. 361p. p.74-91.

CEI, Centro de Estatística e Informações (BA). Informações básicas dos municípios baianos: Irecê. Salvador: 1994. 453p.

CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. Plano de desenvolvimento agrícola para o aproveitamento dos recursos de água subterrânea da região do Platô de Irecê/BA. Relatório de revisão e complementação dos estudos pedológicos. Vol. 1, texto. Brasília: 1991. 36p.

COUTINHO, A.M.R.A. Avaliação de impactos da agricultura intensiva irrigada sobre as propriedades físicas e químicas de solos da microrregião de Irecê-Bahia. Salvador: UFBA, 2000. 99p. (Dissertação de mestrado).

CUNHA, T.J.F.; RIBEIRO, L.P. Qualidade e relações pedogenéticas da matéria orgânica de alguns solos da região de Irecê (BA). R. Bras. Ci. Solo, 22:693-704, 1998.

DUARTE, A.C. Irecê: uma área agrícola “insulada” no sertão baiano. Revista Brasileira de Geografia, 25:41-62, 1963.

IBGE. Cidades@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 22 mar 2010.

LAGOEIRO, L.E. Estudo de deformação nas seqüências carbonáticas do Grupo Una na região de Irecê, BA. 1990. 106f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG,1990.

OLIVEIRA, S.M.B.; MAGAT, Ph.; BLOT, A. O gossan de Irecê-Lapão (BA). *Geochim. Brasil*, 2:131-149, 1993.

PEDREIRA, A.J.; ROCHA, A.J.D.; GUIMARÃES, J.T.; BOMFIM, L.F.C.; MORAIS FILHO, J.C.; MOTTA, A.C. Projeto Bacia de Irecê – relatório da etapa I. Salvador: CPRM, 1985. 93p.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. Pedologia e fertilidade do solo – interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p.

SAMPAIO, A.R. Geologia. In: SAMPAIO, A.R.; SANTOS, R.A. ; ROCHA, A.J.D. (orgs.) Programa Levantamentos Geológicos do Brasil-PLGB. Jacobina- Folha SC.24-Y-C, Estado da Bahia. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. p.7-44.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (Salvador, BA). Dinâmica sóciodemográfica da Bahia: 1980-2002. Série Estudos e Pesquisas, Salvador, 2:60, 2003.

SEPLANTEC, Secretária de Ciência e Tecnologia. Programa de desenvolvimento integrado da MRP-12 – Irecê. Resumo do diagnóstico, estratégia, programação indicativa. Salvador: 1974 (s.p.).

SILVA, F.B.R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C.; BRITO, L.T.L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, A.B.; ARAÚJO FILHO, A.C.; LEITE, A.P. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/Recife: EMBRAPA/CNPS. Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v.

SOUZA, S.L.; BRITO, P.C.R.; SILVA, R.W.S. Estratigrafia, sedimentologia e recursos minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê, Bahia. Salvador: CBPM, 1993. 22p. (Série Arquivos Abertos, 2).

CAPÍTULO I

GÊNESE E MORFOLOGIA DE SOLOS CALCÁRIOS, FOSFÁTICOS E SULFETADOS DO PLATÔ DE IRECÊ, BA

RESUMO: O Platô de Irecê possui altitude que varia de 500 a 800 m e está localizado no Centro Norte da Bahia, em uma região de clima semiárido. A geologia dessa região é composta por rochas calcárias que foram depositadas durante o Neoproterozóico (pré-Cambriano) em condições marinhas. Durante o Cenozóico ocorreram processos geomorfológicos que promoveram o aplainamento da região e contribuíram para a deposição da Formação Caatinga em posições mais baixas da paisagem, composta por um calcário secundário, originado a partir da dissolução dos calcários do platô. A Bacia Calcária de Irecê apresenta áreas onde ocorre associação de rochas calcárias e fosfáticas com mineralizações sulfetadas. Os solos da região de Irecê possuem alta fertilidade natural que contribuiu para que essa região se tornasse uma das maiores produtoras de grãos do Nordeste. O presente estudo teve como objetivo avaliar a gênese e a morfologia de solos calcários, fosfáticos e sulfetados do Platô de Irecê, partindo do pressuposto de que a gênese dos solos derivados de rochas calcárias, associadas a rochas fosfáticas e mineralizações sulfetadas, seja diferenciada em relação aos estudos de outros pedossistemas. Os resultados indicam que o intemperismo ocorrido em fases pretéritas mais úmidas foi o fator preponderante para a formação de Latossolos ou de Cambissolos com características latossólicas, nas áreas estudadas no Platô de Irecê; nos locais de influência do gossan, a drenagem ácida foi um fator adicional que contribuiu com o aprofundamento ainda maior do

perfil, já que estas áreas fraturadas e mineralizadas com sulfetos constituem zonas preferenciais de remoção de solutos. Os altos teores de CaCO_3 dos solos do Platô de Irecê influenciaram em características importantes dos solos, como estrutura e textura. Os solos originados do gossan apresentaram os maiores valores de Fe_2O_3 . O índice Ki (relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) da argila maior que 2,2, considerado para identificar Cambissolos, não se aplica aos Cambissolos calcários do Platô de Irecê; outros critérios, como a $\text{CTC} > 17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e a atividade de argila, são compatíveis com a classificação como Cambissolos. O Platô de Irecê passou por um período pretérito úmido, com intensa remoção de sílica que resultou na transformação de minerais 2:1 em 1:1, e por um período seco, mais recente, semelhantes às condições atuais, compatível com a baixa substituição isomórfica detectada do Fe pelo Al.

PALAVRAS-CHAVE: ferro cristalino, ferro amorfo, carbonato de cálcio.

GENESIS AND MORPHOLOGY OF CALCAREOUS, PHOSPHATIC AND SULFIDE-AFFECTED SOILS FROM THE IRECÊ PLATEAU, BAHIA

ABSTRACT: The Irecê Plateau has an altitude ranging between 500 to 800 m and is located in North Center of Bahia under semi-arid climate. The geology of this region is composed of marine limestones that were deposited during the Neoproterozoic (pre-Cambrian). Geomorphic processes occurred during the Cenozoic, promoting the flattening of the region and contributed to the deposition of Caatinga Formation in the lower landscape positions, composed of secondary limestone, originated from the dissolution of the plateau limestone. The limestone basin of Irecê has areas where calcareous-phosphate rock association occurs with veins of sulfide. These Irecê soils have high natural fertility with contributed to become one of the major grain-producing regions of the Northeast. This study aimed to evaluate the genesis and the morphology of calcareous, phosphate and sulfide-affected soils from Irecê Plateau, assuming that their genesis is different from other regional pedosystems studied. The results indicate that past weathering occurred under wetter condition, accounting for formation of Latosols or Latossolic Cambisols in sulfide-affected with Gossan influence, the acid drainage was an additional factor that contributed to further weathering since these areas are fractured and mineralized with sulfides are areas of preferential removal of solutes. The high content of CaCO_3 of the soils from Irecê

Plateau influenced soils characteristics, such as structure and texture. The soils originated from Gossan presented the high levels of Fe_2O_3 . The Ki index (molecular relation $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) higher than 2.2 considered to separate the Cambisols is not appropriate to Cambisols from limestones of Irecê Plateau; other criteria such $\text{CTC} > 17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ and the clay activity are compatible to the Cambissol classification. The Irecê Plateau experienced a past humid period with intense silica removal that resulted in the transformation of 2:1 to 1:1 minerals and through a recent drier period, similar to present day semi-arid compatible the low isomorphic substitution of Fe to Al detected.

KEY WORDS: crystalline iron, amorphous iron, calcium carbonate.

1. INTRODUÇÃO

A região de Irecê está localizada no Centro Norte da Bahia e possui características climáticas de semiaridez, com precipitação anual média de 650 mm e temperatura média anual de 23,5 °C. O Platô de Irecê é a principal unidade geoambiental da região (CAR, 2002) e possui altitude que varia de 500 a 800 metros (Silva et al., 1993).

A alta fertilidade natural dos solos (Embrapa, 1979; Silva et al., 1993) contribuiu para que essa região se tornasse uma das maiores produtoras de grãos do Nordeste (SEI, 2003). Os Cambissolos eutróficos originados de rochas calcárias são os solos de maior ocorrência no Platô de Irecê (Cavedon, 1986; Resende et al., 1988).

As rochas calcárias que deram origem aos solos de Irecê compõem a Formação Salitre, que pertence ao Grupo Una, que está inserido no Supergrupo São Francisco. A Formação Salitre foi depositada durante o Neoproterozóico (pré-Cambriano) em condições de clima árido, em uma bacia intermontana, tectonicamente estável, em ambiente de planície de maré com rampa de declividade moderada. A bacia confronta-se a leste, oeste e sul com elevações do Grupo Chapada Diamantina (Supergrupo Espinhaço), que forma o seu substrato (Misi, 1979; Brasil, 1983; Bomfim et al., 1985; Souza et al., 1993b; Sampaio, 2001).

Durante o Cenozóico ocorreram processos geomorfológicos na Bacia de Irecê que promoveram o aplainamento da região e contribuíram para a deposição da Formação Caatinga e para a gênese das coberturas residuais (Pedreira et al., 1985). O

chamado calcário Caatinga foi originado a partir da dissolução dos calcários do Grupo Una e sua reprecipitação ocorreu em ambiente continental, em baixadas (Moraes Filho et al., 1978).

Em algumas áreas do Platô de Irecê, as rochas carbonáticas estão associadas à mineralizações de fosfatos biogênicos, denominadas estromatólitos colunares, próximas a depósitos de sulfetos de Fe, Zn e Pb, depositados na forma de gossans (formações de alterações) que ocorrem na região (Bomfim et al., 1985).

Embora já existam alguns trabalhos sobre a pedogênese de solos calcários no Platô (Embrapa, 1979; Cunha et al., 1999; Cunha et al., 2000) e no Baixio de Irecê (Souza et al., 1993a), a região ainda carece de estudos mais abrangentes e, ao mesmo tempo, mais aprofundados, que possam contribuir para a compreensão dos processos físico-químicos e de suas implicações para as atividades humanas, em se tratando de uma região intensamente agricultada.

O objetivo do presente estudo foi avaliar a gênese e a morfologia de solos calcários, fosfáticos e sulfetados do Platô de Irecê. Supõe-se que a gênese dos solos derivados de rochas calcárias, associadas a rochas fosfáticas e a mineralizações sulfetadas seja diferenciada em relação aos estudos de outros pedossistemas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nos municípios de Lapão e Uibaí, localizados no Platô de Irecê, Estado da Bahia. Para isso, foram selecionadas quatro topossequências de solos calcários, com pH variando de 6,8 a 8,4, que representam bem a diversidade de material de origem e de solos que ocorre na região (Figura 1). Os solos foram descritos em campo segundo Santos et al. (2005) e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

As topossequências apresentam as seguintes características:

Topossequência 1: parte do topo do Morro Pelado, seguindo no sentido norte até o contorno da cidade de Lapão, com cotas de altitude que variam de 820 a 770 m, composta pelos perfis P1, P2 e P3. O perfil P1 (Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico) localiza-se no topo do Morro Pelado e foi desenvolvido a partir do intemperismo de dolomitos escuros com intercalações de calcedôneas, em relevo local suave ondulado. O perfil P2 (Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico) foi desenvolvido a partir de colúvios latossólicos de calcário oriundos do Morro Pelado,

em relevo local suave ondulado. O perfil P3 (Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico) foi desenvolvido a partir do substrato do calcário calcítico, em relevo local suave.

Topossequência 2: localizada nas proximidades do povoado de Tanquinho, com altitude média de 740 m, os perfis dos solos estão alinhados no sentido leste-oeste, composta pelos perfis P4 (Latosolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico), P5 (Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico), P6 (Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico) e P7 (Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico). Esses perfis foram desenvolvidos a partir do intemperismo de um complexo formado por rochas calcárias entremeadas de camadas fosfáticas, e com influência de mineralizações sulfetadas, ocorrendo na forma de gossan; o relevo local é suave ondulado.

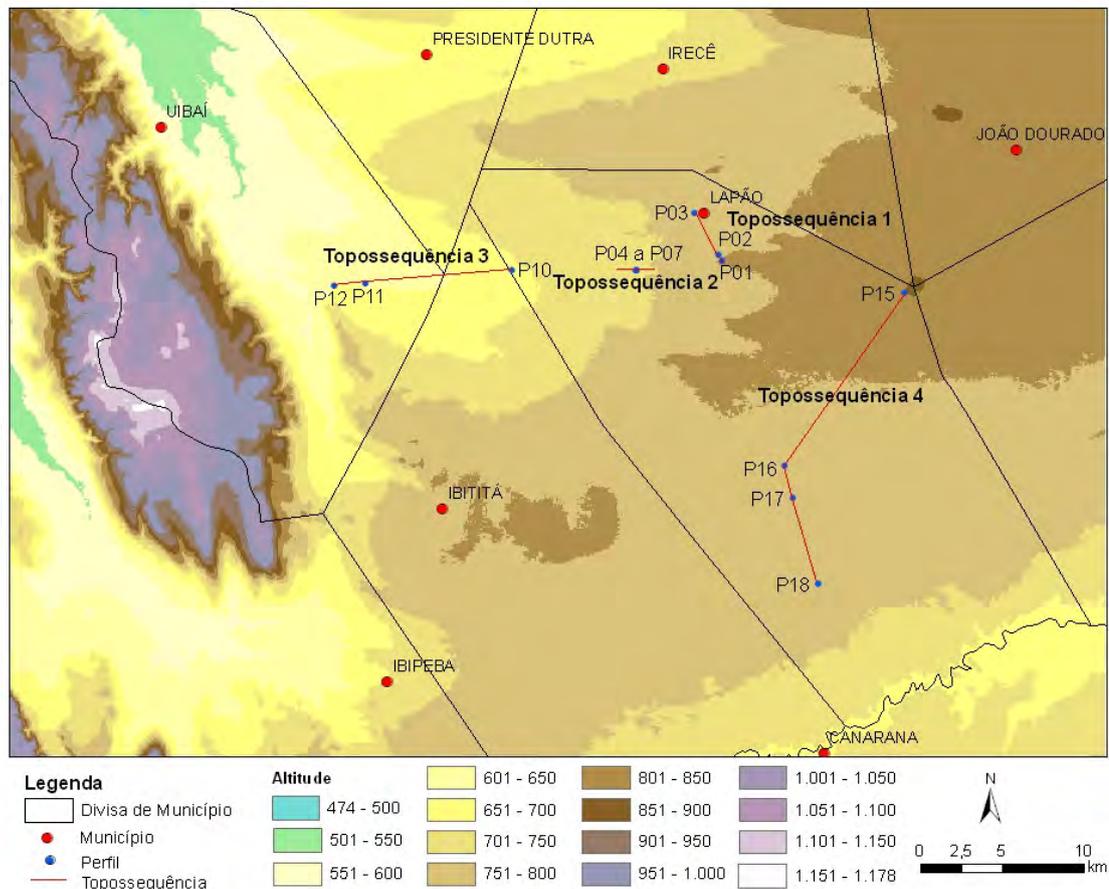


Figura 1. Localização de topossequências de solos calcários avaliados no Platô de Irecê-BA.

Topossequência 3: inicia-se no povoado de Morro Grande, Município de Lapão, seguindo no sentido oeste até o povoado de Alto Branco, município de Uibaí, com altitudes que variam de 710 a 646 m, composta pelos perfis P10 (Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico, horizontes Bi e BCK), P11 (Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico) e P12 (Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico). O perfil P10 encontra-se em um plano na saia de tálus de morro calcário calcítico, e possui relevo local plano. O perfil P11 encontra-se em um plano abaciado, onde foi depositado o Calcário Caatinga, de origem secundária, em relevo local plano. O perfil P12 foi desenvolvido a partir de calcários da Formação Caatinga, em relevo local ondulado.

Topossequência 4: começa no topo do Morro do Boi, próximo do povoado de Belo Campo, segue no sentido sudoeste até as proximidades do povoado de Rodagem II, Município de Lapão, com variação de altitude de 820 a 769 m, composta pelos perfis P15 (Latosolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico), P16 (Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico), P17 (Latosolo Amarelo eutrófico cambissólico) e P18 (Cambissolo Háplico Ta eutrófico vértico). O perfil P15 foi desenvolvido a partir do intemperismo *in situ* de rochas calcárias calcíticas, localizando-se no topo do Morro do Boi, em relevo local plano. O perfil P16 foi desenvolvido a partir de calcários da Formação Caatinga, localizando-se em um fundo de dolina em relevo local suave ondulado. O perfil P17 foi desenvolvido a partir de colúvios de rampa semi-árida de calcário calcítico em relevo local plano. O perfil P18 foi desenvolvido a partir de sedimentos calcários da Formação Caatinga, localizando-se dentro de uma dolina, em relevo local suave ondulado.

Amostras de horizontes diagnósticos dos solos descritos foram coletadas e secas ao ar, sendo passadas em peneira com abertura de malha de 2,00 mm, constituindo-se em TFSA.

A determinação da textura e da argila dispersa em água foram feitas pelo método da pipeta em subamostras de solos que sofreram remoção de carbonatos com HCl a 10 %. Para a textura utilizou-se NaOH 0,1 mol L⁻¹ como dispersante químico, e para a argila dispersa utilizou-se água deionizada. As amostras foram colocadas em agitador do tipo Wagner a 50 rotações por minuto durante 16 h, conforme Embrapa (1997).

O equivalente de carbonato de cálcio foi determinado na TFSA com extração por HCl 0,5 mol L⁻¹ e titulação com NaOH 0,25 mol L⁻¹ (Embrapa, 1997).

Os teores de ferro associados às formas cristalinas da fração argila foram determinados com ditionito-citrato-bicarbonato-DCB (Mehra & Jackson, 1960) e os óxidos de ferro amorfos com oxalato ácido de amônio-OA 0,2 mol L⁻¹ (McKeague & Day, 1966). Além dos teores de Fe, foram determinados também os teores de Al nos extratos. As leituras foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica.

O ataque sulfúrico foi efetuado nas amostras de TFSA. Para isso, utilizou-se H₂SO₄ diluído 1:1 que foi aquecido até a fervura em condensador de refluxo para evitar evaporação. Depois de resfriado, procedeu-se a filtragem do material, determinou-se ferro, alumínio e titânio no filtrado, e sílica no resíduo. Os índices Ki e Kr foram calculados com base nos resultados obtidos. A metodologia utilizada foi descrita por Embrapa (1997).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Características morfológicas e atributos físicos

Na Topossequência 1 (Tabela 1), o perfil P2 (Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico) situado na base de um morro formado por dolomitos (Morro Pelado) e possui pedogênese vinculada aos colúvios originados do morro que foram depositadas na base ao longo do tempo, e que contribuíram para que esse solo adquirisse características latossólicas, como a presença de estrutura forte pequena granular e consistência macia e friável.

Os solos da Topossequência 2, perfis P4 (Latosolo), P5, P6 e P7 (Cambissolos latossólicos) foram desenvolvidos a partir do intemperismo de rochas calcárias e fosfáticas e de mineralizações sulfetadas que, de acordo com Bomfim et al. (1985), são pequenos depósitos de sulfetos de Fe, Zn e Pb que possuem uma relação com diversos gossans que ocorrem na região. Faure (1991) considera que a pirita é o mineral mais importante para a formação dos gossans e que a solubilização desse mineral provoca a drenagem de águas ácidas, acelerando o intemperismo químico, mesmo em condições de semiaridez, como ocorre no Platô de Irecê. Acredita-se, portanto, que uma fase anterior de intemperismo químico ácido em ambiente de maior umidade foi o fator preponderante para a ocorrência de Latossolos e de Cambissolos latossólicos nessa topossequência.

Na Topossequência 4, o perfil P15 (Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico) localizado no topo de um morro calcário (Morro do Boi) tem sua pedogênese relacionada com o intemperismo *in situ* de rochas calcárias calcíticas. A ocorrência desse perfil em posição de topo reflete uma herança paleoclimática mais úmida, quando a paisagem sofria intensa latossolização. O perfil P17 (Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico) tem sua formação relacionada com sedimentos calcários de uma rampa pedimentada em relevo plano, formada em clima semiárido.

O tipo de intemperismo que ocorreu no Platô de Irecê para a formação de Latossolos difere do intemperismo que originou a maioria dos Latossolos oxídicos brasileiros, caracterizado pela intensa lixiviação. Como a região possui características de semiaridez, a presença de Latossolos ou de Cambissolos com características latossólicas ocorre por razões peculiares.

Com relação à estrutura, observa-se uma predominância da estrutura composta de agregados em blocos subangulares que se desfazem em agregados pequenos granulares, em todas as topossequências. De acordo com IBGE (2007), a estrutura composta é mais comum nos horizontes B ou C de Nitossolos, Gleissolos e Planossolos. Acredita-se que os teores mais elevados de carbonato de cálcio (Tabela 2) presentes nos solos, tenha contribuído para a ocorrência dessa estrutura de forma quase generalizada no Platô de Irecê, mesmo em Latossolos.

Solos com caráter vértico ocorrem nas cotas de altitudes mais baixas (perfil P11 da Topossequência 3) ou, em dolinas, quando situados nas partes mais elevadas do platô (perfil P18 da Topossequência 4). Os horizontes Bivk do perfil P11 e Biv2 do perfil P18 estão entre os mais argilosos, com teor de argila de 660 e 640 g kg⁻¹, respectivamente (Tabela 2). Isso demonstra que a posição da paisagem favoreceu o aporte lateral de soluções ricas em Ca, Mg e Si, que contribuíram para que esses solos neoforassem minerais do tipo 2:1 expansíveis e adquirissem características vérticas, como a presença de cerosidade e o fendilhamento observado em campo no perfil P11, com intensa pedoturbação e estrutura prismática no perfil P18.

Os solos do Platô de Irecê possuem natureza mais argilosa (Tabela 2), com teores de argila variando de 340 a 660 g kg⁻¹, e classes texturais que variam de franco-argilosa a muito argilosa. Os maiores teores de silte (380 a 610 g kg⁻¹) foram encontrados em alguns horizontes carbonáticos, como os horizontes Cvk do perfil P11, Bik e BCk do perfil P12 e Bik do perfil P16, cujo equivalente de CaCO₃ varia de 296,72 a 483,18 g kg⁻¹. A remoção de carbonatos em laboratório nesses horizontes foi

feita parcialmente em função dos teores elevados de CaCO_3 . Esse fato pode ter contribuído para que partículas de argila permanecessem cimentadas pelo carbonato e apresentassem comportamento semelhante ao do silte durante a análise textural.

O atributo “com carbonato” é designado quando o equivalente de CaCO_3 é maior que 50 e menor que 150 g kg^{-1} e o “caráter carbonático”, quando o teor de equivalente de CaCO_3 é maior que 150 g kg^{-1} (Embrapa, 2006). Assim, com base na análise dos solos avaliados no Platô de Irecê, observa-se que cerca de 2/3 deles apresentam esses atributos diagnósticos, que podem influenciar em muitas das suas características.

Tabela 1. Características macromorfológicas de solos calcários do Platô de Irecê-BA

Perfil	Horizonte (cm)	Cor úmida	Estrutura ¹	Consistência ²
Topossequência 1				
P1-Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico	Bi1 (10-30)	10 YR 3/3	mod. gde. bl. sub.	duro, fir; lig. plá., lig. peg.
P2-Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico	Bw1 (90-130)	10 R 3/6	for. md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	mac., fri., lig. plá., lig. peg.
P3-Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico	Bi (25-45)	5 YR 3/4	mod. md. bl. sub. cp. de for. mt. pq. gr.	mt. duro, mt. fir.; lig. plá., lig. peg.
Topossequência 2				
P4-Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico	Bi2 (30-50)	5 YR 4/6	fra. md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	duro, mt. fir.; lig. plá., lig. peg.
	Bw2 (80-110)	5 YR 3/4	mod. md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	duro, fir.; lig. plá., lig. peg.
P5-Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico	Ap (0-5)	5 YR 4/6	mod. pq. gr.	mac., fri., ã plá., ã peg.
	Bic (20-60)	2,5 YR 3/6	mod. md. pq. bl. sub. cp. de mod. pq. gr.	duro, mt. fir.; lig. plá., lig. peg.
	Bw (60-120)	2,5 YR 3/6	fr. md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	duro, fir.; lig. plá., lig. peg.
P6-Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico	Ap (0-10)	2,5 YR 2,5/4	fr. pq. bl. sub. cp. de mod. pq. gr.	mac., fri., lig. plá., lig. peg.
	Bwc (45-100)	2,5 YR 4/6	mod. md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	duro, mt. fir.; lig. plá., lig. peg.
	BCc (100-150)	2,5 YR 3/6	mod. md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	mt. duro, mt. fir.; lig. plá., lig. peg.
	Cc (150-190)	2,5 YR 3/6	-----	-----
P7-Cambissolo Háptico Ta eutrófico latossólico	Bw1 (15-35)	7,5 YR 4/6	fr. md. bl. sub. cp. de mod. pq. gr.	lig. duro, fir.; lig. plá., lig. peg.
	BCc (90-140)	7,5 YR 4/6	fr. md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	mac., fir.; plá., peg.
Topossequência 3				
P10-Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico	Bi (35-50)	2,5 YR 3/4	fr. a mod. md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	lig. dur, fir., plá., peg.
	BCK/CRk (50-70)	5 YR 3/4	-----	lig. duro, fir., lig. plá., lig. peg.
P11-Cambissolo Háptico Ta eutrófico vertissólico	Bivk (15-40)	7,5 YR 3/3	for. a md. bl. sub.; cer. com. e mod.	lig. duro, fir., plá., peg.
	Cvk (40-60)	10 YR 3/4	mod. md. bl. sub.; cer. pou. e mod.	lig. duro, fir., plá., peg.
P12-Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico	Bik (15-35)	10 YR 4/4	mod. md. bl. sub. cp. de fr. md. gr.	lig. duro, fir., ã plás., ã peg.
	BCK (35-50)	10 YR 5/4	mod. md. bl. sub;	lig. duro, fr., ã plá., ã peg.
Topossequência 4				
P15-Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico	Bw1 (20-40)	5 YR 4/6	mod. md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	lig. duro, fir., plá., peg.
	Bw2 (40-80)	5 YR 5/8	fr. a md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	lig. duro, fir., plá., peg.
P16-Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico	Bik (5-25)	2,5 Y 6/6	mod. pq. bl. sub.	lig. duro, fir., lig. plá., lig. peg.
P17-Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico	Bw (40-100)	10 YR 4/6	fr. a md. bl. sub. cp. de for. pq. gr.	lig. duro, fir., plá., lig. peg.
P18-Cambissolo Háptico Ta eutrófico vértico	2Biv2 (55-80)	10 YR 3/2	fr. md. pri. cp. de mod. md. gr. e mod. md. a gde. bl. sub.	lig. duro, fri., lig. plás., ã peg.

1-Estrutura: cp.=composta; pri.=prismática; bl. sub =blocos subangulares; gr.=granular; mt. peq.=muito pequeno; peq.=pequeno; md.=médio; gde.=grande; fra.=fraca; mod.=moderada; for.=forte; cer. com. e mod.=cerosidade comum e moderada; cer. pou. e mod.=cerosidade pouca e moderada.

2-Consistência: mac.=macio; dur.=duro; mt. dur.=muito duro; fri.=friável; fir.=firme; mt. fir.=muito firme; ã plá.=não plástico; lig. plá.=ligeiramente plástico; ã peg.=não pegajoso; lig. peg.=ligeiramente pegajoso.

Tabela 2. Propriedades físicas e equivalente de carbonato de cálcio de solos calcários do Platô de Irecê-BA

Perfil	Horizonte (cm)	AG	AF	AT	SIL	ARG	ADA	GF	CaCO ₃
		----- g kg ⁻¹ -----					---	%	---
----- Topossequência 1 -----									
P1-Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	Bi1(10-30)	160	210	370	260	370	52	86	44,93
P2-Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico	Bw1 (90-130)	130	230	360	180	460	37	92	43,72
P3-Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	Bi (25-45)	110	190	300	190	510	36	93	49,94
----- Topossequência 2 -----									
P4-Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico	Bi2 (30-50)	110	130	240	160	600	66	89	73,31
	Bw2 (80-110)	90	90	180	170	650	85	87	65,75
P5-Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico	Ap (0-5)	110	100	210	260	530	69	87	61,80
	Bic (20-60)	120	110	230	150	620	161	74	61,62
	Bw (60-120)	150	80	230	160	610	92	85	58,72
P6-Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico	Ap (0-10)	150	120	270	180	550	77	86	71,61
	Bwc (45-100)	150	70	220	150	630	120	81	69,51
	BCc (100-150)	200	60	260	180	560	90	84	70,58
	Cc (150-190)	130	60	190	230	580	93	84	69,11
P7-Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico	Bw1 (15-35)	120	170	290	200	510	46	91	79,11
	BCc (90-140)	120	140	260	190	550	88	84	111,19
----- Topossequência 3 -----									
P10-Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	Bi (35-50)	70	140	210	170	620	68	89	71,59
	Bck/CRk (50-70)	80	150	230	160	610	61	90	199,84
P11-Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico	Bivk (15-40)	90	130	220	120	660	99	85	205,22
	Cvk (40-60)	90	100	190	380	430	69	84	296,72
P12-Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	Bik (15-35)	110	150	260	390	350	32	91	460,58
	Bck (35-50)	100	130	230	430	340	34	90	483,18
----- Topossequência 4 -----									
P15-Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico	Bw1 (20-40)	150	150	300	160	540	65	88	6,24
	Bw2 (40-80)	170	160	330	120	550	61	89	10,62
P16-Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	Bik (5-25)	60	70	130	610	260	34	87	481,83
P17-Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico	Bw (40-100)	60	140	200	190	610	104	83	0,00
P18-Cambissolo Háplico Ta eutrófico vértico	2Biv2 (55-80)	70	160	230	130	640	70	89	107,03

OBS. AG=areia grossa, AF=areia fina, AT=areia total, SIL=silte, ARG=argila, ADA=argila dispersa em água, GF=grau de floculação, CaCO₃= equivalente de CaCO₃.

3.2. Ferro e alumínio extraídos por oxalato amônio e por ditionito-citrato-bicarbonato

O OA extrai as formas de ferro e de alumínio de materiais amorfos, porém, muito pouco de ferro associado às formas cristalinas, enquanto que o DCB extrai uma grande proporção de ferro associado às formas cristalinas, como também grande quantidade de material amorfo (McKeague & Day, 1966). A relação da quantidade de ferro amorfo e ferro associado às formas cristalinas (Feo/Fed) tem sido utilizada como um índice para a gênese e a classificação dos solos (Chao & Zhou, 1983).

O Fe é um componente das impurezas presentes nas rochas calcárias; assim, pode ocorrer uma grande variação no seu teor nos solos desenvolvidos a partir dessas rochas.

De modo geral, os maiores teores de Fe extraído com DCB (Fed) foram encontrados nos perfis da Topossequência 2 (Tabela 3). Nessa topossequência, os perfis P4, P5 e P6 tiveram os teores de Fed variando de 9,36 a 17,53 dag kg⁻¹. A pedogênese desses perfis teve influência direta do material do gossan, composto por sulfetos de Fe, Zn e Pb (Bomfim et al., 1985), resultando em maiores teores de ferro associado às formas cristalinas, neste caso atribuíveis ao ferro contido nos minerais sulfetados, como a pirita, por exemplo.

Os demais solos apresentaram valores de Fed mais baixos, variando de 2,65 dag kg⁻¹ (horizonte BCk do perfil P12) a 7,82 dag kg⁻¹ (horizonte Bi do perfil P10); a exceção foi o horizonte Bw1 do perfil P2, que apresentou teor de Fed de 9,14 dag kg⁻¹. Esse perfil localiza-se no terço médio da Topossequência 1 e foi desenvolvido a partir de colúvios latossólicos, que podem ter recebido um aporte de material pré-intemperizado mais rico em ferro.

Os valores de Fed do Platô de Irecê foram superiores aos encontrados por Cunha et al. (1999) na mesma região (1,46 a 2,95 dag kg⁻¹); por Oliveira (1999) em Cambissolo calcário do norte de Minas Gerais (2,67 a 4,26 dag kg⁻¹); por Loeppert & Hallmark (1985) em solos calcários do Texas, Estados Unidos (0,008 a 1,15 dag kg⁻¹) e por Samadi & Gilkes (1999) em solos calcários da Austrália (0,15 a 3,3 dag kg⁻¹). Por outro lado, foram semelhantes aos teores obtidos por Mirabella & Carnicelli (1992) em solos calcários da região da Toscana, na Itália (3,74 a 6,19 dag kg⁻¹).

Os teores de ferro amorfo (Feo) variaram de 0 (<LD) a 0,63 dag kg⁻¹, semelhantes aos valores observados por Cunha et al. (1999), de 0,03 a 0,45 dag kg⁻¹. Comparando com solos calcários de outras regiões, esses valores são mais elevados do que os registrados por Oliveira (1999) em Cambissolo calcário do norte de Minas

Gerais (0,13 a 0,35 dag kg⁻¹); por Loeppert & Hallmark (1985) no Texas, Estados Unidos (0,009 a 0,10 dag kg⁻¹) e por Samadi & Gilkes (1999) na Austrália (0,05 a 0,19 dag kg⁻¹). Por sua vez, foram inferiores aos observados por Mirabella & Carnicelli (1992) na região da Toscana na Itália (0,18 a 1,07 dag kg⁻¹).

A relação Feo/Fed variou de 0 a 0,17, com tendência de menores valores nos solos desenvolvidos a partir do material do gossan, que se encontram mais oxidados e evoluídos (perfis P4, P5 e P6). Os horizontes que apresentaram os teores mais elevados de Feo, também tiveram maior relação Feo/Fed (horizontes Bi1 do P1, Bw1 e BCc do P7 e Bivk do P11). Em trabalho desenvolvido por Cunha et al. (1999), no Platô de Irecê, a relação Feo/Fed foi menor do que alguns valores observados no presente estudo, com valor máximo de 0,24. Mirabella & Carnicelli (1992) e Oliveira (1999) observaram valores da relação Feo/Fed em solos calcários da Toscana na Itália (de 0,04 a 0,18) e da região Norte de Minas (de 0,04 a 0,10), respectivamente, portanto semelhantes aos ora obtidos.

Com relação ao Al encontrado na forma mais cristalina (Ald), indicativo do alumínio substituinte nos óxidos de ferro, os valores variaram de 0,40 a 0,90 dag kg⁻¹, que podem ser considerados altos quando comparados com os teores observados em Cambissolo calcário do Norte de Minas Gerais (Ald de 0,26 a 0,53 dag kg⁻¹) por Oliveira (1999) e solos calcários da Austrália (Ald de 0,05 a 0,16 dag kg⁻¹) estudados por Samadi & Gilkes (1999).

Os solos da Topossequência 3 apresentaram tendência de maior valor de alumínio amorfo (Alo), como também, maior relação Alo/Ald. Esses solos estão localizados em regiões de menor altitude (Figura 1) e são formados a partir de sedimentos do Calcário Caatinga, originado da dissolução do calcário das rochas do topo do platô que reprecipitou em posições mais baixas do Platô de Irecê. Tal fato indica uma maior proporção de alumínio pouco cristalino nos calcários secundários, formados em ambiente mal drenado.

A relação Ald/Fed dá uma ideia aproximada de quanto há de substituição isomórfica do Fe pelo Al. Assumindo que o DCB não remove Al presente na estrutura da gibbsita (Norrish & Tylor, 1961; Parfitt & Childs, 1988), admite-se no presente estudo que o Ald é originado apenas dos óxidos de Fe hematita e goethita, já que a gibbsita é quase inexistente nesses solos (ver capítulo II dessa tese). De modo geral, os valores da relação Ald/Fed são muito baixos para todos os solos (0,04 a 0,25). Os perfis P4, P5 e P6 da Topossequência 2, desenvolvidos do gossan, que possuem os maiores teores de Fe associado às formas cristalinas, apresentaram os menores valores da

relação A_{ld}/F_{ed} (0,05 a 0,08). A baixa substituição isomórfica do Fe pelo Al nos solos do Platô de Irecê indica que a formação dos óxidos de Fe ocorreu em um ambiente com menor atividade de Al, semelhante às condições climáticas semiáridas atuais.

Tabela 3. Teores de Fe e Al extraídos da fração argila com ditionito-citrato-bicarbonato (Fed e Ald) e oxalato de amônio (Feo e Alo) de solos calcários do Platô de Irecê-BA

Top. Hor. (cm)	----- dag kg ⁻¹ -----				Feo/ Fed	Alo/ Ald	Ald/ Fed
	Fed	Feo	Ald	Alo			
T1	P1 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
Bi1 (10-30)	3,54	0,60	0,71	0,54	0,17	0,76	0,20
	P2 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
Bw1 (90-130)	9,14	0,27	0,40	0,20	0,03	0,50	0,04
	P3 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
Bi (25-45)	6,91	0,34	0,80	0,52	0,05	0,65	0,12
T2	P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico						
Bi2 (30-50)	9,36	0,14	0,74	0,19	0,02	0,26	0,08
Bw2 (80-110)	9,64	0,14	0,69	0,17	0,01	0,24	0,07
	P5 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
Ap (0-5)	9,93	0,16	0,65	0,16	0,02	0,25	0,07
Bic (20-60)	11,10	0,26	0,83	0,39	0,02	0,47	0,07
Bw (60-120)	11,02	0,25	0,80	0,29	0,02	0,36	0,07
	P6 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
Ap (0-10)	12,29	0,34	0,87	0,33	0,03	0,38	0,07
Bwc (45-100)	14,13	0,26	0,85	0,25	0,02	0,30	0,06
BCc (100-150)	15,17	0,33	0,81	0,29	0,02	0,36	0,05
Cc (150-190)	17,53	0,32	0,81	0,22	0,02	0,28	0,05
	P7 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico						
Bw1 (15-35)	6,57	0,63	0,81	0,42	0,10	0,52	0,12
BCc (90-140)	6,17	0,57	0,71	0,46	0,09	0,64	0,12
T3	P10 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
Bi (35-50)	7,82	0,22	0,90	0,56	0,03	0,62	0,12
BCK/CRk (50-70)	7,58	0,31	0,89	0,69	0,04	0,78	0,12
	P11 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico						
Bivk (15-40)	4,02	0,49	0,82	0,69	0,12	0,84	0,20
Cvk (40-60)	3,76	0,31	0,63	0,64	0,08	1,02	0,17
	P12 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
Bik (15-35)	4,14	0,23	0,56	0,96	0,06	1,71	0,14
BCk (35-50)	2,65	<LD	0,35	0,05	<LD	0,15	0,13
T4	P15 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico						
Bw1 (20-40)	7,47	0,16	0,70	0,26	0,02	0,37	0,09
Bw2 (40-80)	7,72	0,16	0,70	0,24	0,02	0,34	0,09
	P16 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
Bik (5-25)	3,50	0,13	0,48	0,35	0,04	0,73	0,14
	P17 - Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico						
Bw (40-100)	5,11	0,13	0,66	0,28	0,03	0,42	0,13
	P18 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico carbonático vértico						
2Biv2 (55-80)	3,38	0,28	0,85	0,81	0,08	0,95	0,25

3.3. Ataque sulfúrico

Os teores de Fe_2O_3 obtidos foram muito diferentes nas quatro topossequências, variando de $0,97 \text{ dag kg}^{-1}$ no horizonte BCk do perfil P12 a $23,93 \text{ dag kg}^{-1}$ no horizonte Ap do perfil P6 (Tabela 4). Os maiores teores foram observados nos perfis P5 e P6 da topossequência 2 ($10,45$ a $23,93 \text{ dag kg}^{-1}$). Isso demonstra que a pedogênese desses perfis teve maior influência do material do gossan em relação aos outros perfis da mesma topossequência, perfil P4 ($7,07$ a $8,44 \text{ dag kg}^{-1}$) e perfil P7 ($5,55$ a $5,82 \text{ dag kg}^{-1}$). De acordo com Bomfim et al. (1985), os gossans do Platô de Irecê são derivados de mineralizações sulfetadas de Fe, Zn e Pb, e segundo Faure (1991) a pirita se destaca entre os minerais mais importantes para a formação dos gossans. Quando esse mineral sofre solubilização, promove a oxidação do Fe, que é depositado na superfície na forma de uma carapaça ferruginosa, ou couraça – o gossan.

Cunha et al. (1999) encontraram valores de Fe_2O_3 extraído pelo ataque sulfúrico de solos calcários do Platô de Irecê, variando de $4,0$ a $7,3 \text{ dag kg}^{-1}$, semelhantes aos solos calcários não associados ao gossan.

O Al também é outro elemento que participa das impurezas das rochas calcárias. Os valores de Al_2O_3 observados para os solos do Platô de Irecê apresentaram grande variação ($2,75$ a $24,36 \text{ dag kg}^{-1}$), demonstrando diferença na composição do material. Os valores de Al_2O_3 encontrados por Cunha et al. (1999) variaram de $11,1$ a $14,2 \text{ dag kg}^{-1}$.

Os teores de SiO_2 variaram de $0,77$ a $21,69 \text{ dag kg}^{-1}$, sendo bem mais próximos dos valores observados por Cunha et al. (1999) que tiveram uma variação de $14,0$ a $20,4 \text{ dag kg}^{-1}$.

O índice Ki indica a relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ da fração argila do solo, enquanto que o índice Kr refere-se à relação molecular entre o silício e alumínio+ferro. Esses índices têm sido empregados como auxiliar para a classificação de solos. O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006) considera para Latossolos $\text{Ki} < 2,2$ e para Cambissolos $\text{Ki} > 2,2$.

De modo geral, os teores de SiO_2 foram ligeiramente maiores do que os de Al_2O_3 , resultando em surpreendentes baixos valores de Ki ($0,23$ a $3,01$). Nos horizontes latossólicos de todos os solos das quatro topossequências, os valores do Ki mantiveram-se abaixo de $2,2$, corroborando com o critério da Embrapa (2006). Por outro lado, a maioria dos Cambissolos apresentou valores do Ki menores que $2,0$, indicando um pré-intemperismo generalizado no Platô de Irecê.

Esses resultados sugerem que ocorreu forte solubilização do silício nos solos calcários do Platô de Irecê, contribuindo para a transformação de minerais 2:1 em 1:1, conforme salientaram Perraud et al. (1981).

No levantamento de solos efetuado por Embrapa (1979), constam diversos perfis de Cambissolos calcários de Irecê com índice $K_i < 2,2$. Cunha et al. (1999) também encontraram valores $K_i < 2,2$ em alguns horizontes de Cambissolos calcários do Platô de Irecê. Os autores atribuem esses baixos valores de K_i a uma possível formação dos solos a partir de material pré-intemperizado que foi depositado sobre o substrato calcário.

Além do pré-intemperismo, certamente ocorrido nas fases mais úmidas do Quaternário, os valores de K_i devem ter sido influenciados pela própria natureza pobre em Si dos calcários da região, o que, combinado ao pH elevado durante o intemperismo, favoreceu a remoção de Si pelas águas, acentuando ainda mais a dessilificação.

Tabela 4. Resultados do ataque sulfúrico de solos calcários do Platô de Irecê-BA

Top.	Hor. (cm)	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	TiO₂	Ki	Kr
----- dag kg ⁻¹ -----							
T1	P1 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
	Bi1 (10-30)	11,34	6,40	2,49	0,14	3,01	2,41
	P2 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
	Bw1 (90-130)	15,38	12,95	5,05	0,28	2,02	1,62
	P3 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
	Bi (25-45)	17,04	22,51	8,73	0,26	1,29	1,03
	P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico						
T2	Bi2 (30-50)	20,36	17,55	7,07	0,36	1,97	1,57
	Bw2 (80-110)	21,69	19,76	8,44	0,32	1,87	1,47
	P5 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
	Ap (0-5)	18,92	16,47	10,54	0,33	1,95	1,39
	Bic (20-60)	19,92	16,26	11,59	0,38	2,08	1,43
	Bw (60-120)	21,35	16,97	10,45	0,41	2,14	1,54
	P6 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
	Ap (0-10)	17,48	24,36	23,93	0,30	1,22	0,75
	Bwc (45-100)	19,36	15,45	15,82	0,38	2,13	1,29
	BCc (100-150)	17,70	15,38	20,21	0,36	1,96	1,06
	Cc (150-190)	18,92	16,29	20,15	0,43	1,97	1,10
	P7 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico						
	Bw1 (15-35)	16,60	13,45	5,55	0,33	2,10	1,66
	BCc (90-140)	13,50	14,03	5,82	0,27	1,64	1,29
T3	P10 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
	Bi (35-50)	18,15	15,11	5,65	0,36	2,04	1,65
	BC/kCRk (50-70)	16,15	23,82	9,93	0,30	1,15	0,91
	P11 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico						
	Bivk (15-40)	17,70	14,76	5,93	0,31	2,04	1,62
	Cvk (40-60)	11,62	10,53	4,24	0,26	1,88	1,49
	P12 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
	Bik (15-35)	4,20	5,81	2,34	0,16	1,23	0,98
	BCK (35-50)	1,16	2,75	0,97	0,12	0,72	0,59
T4	P15 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico						
	Bw1 (20-40)	19,47	17,20	6,31	0,38	1,92	1,56
	Bw2 (40-80)	19,58	18,33	7,08	0,33	1,82	1,46
	P16 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico						
	Bik (5-25)	0,77	5,69	2,47	0,14	0,23	0,18
	P17 - Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico						
	Bw (40-100)	18,81	16,72	6,12	0,48	1,91	1,55
	P18 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico carbonático vértico						
	2Biv2 (55-80)	16,60	12,17	4,65	0,32	2,32	1,86

4. CONCLUSÕES

1. O intemperismo ocorrido em fases pretéritas mais úmidas foi o fator preponderante para a formação de Latossolos ou de Cambissolos com características latossólicas, nas áreas estudadas no Platô de Irecê. Nos locais de influência do gossan, a drenagem ácida foi um fator adicional que contribuiu com o aprofundamento ainda maior do perfil, já que estas áreas fraturadas e mineralizadas com sulfetos constituem zonas preferenciais de remoção de solutos.
2. Os altos teores de CaCO_3 dos solos do Platô de Irecê influenciaram em características importantes dos solos, como estrutura e textura.
3. Os maiores valores de Fe_2O_3 encontrados em solos calcários do Platô de Irecê foram devidos ao intemperismo de sulfetos de ferro presentes nos solos originados do gossan.
4. O índice Ki (relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) da argila maior que 2,2 considerado para identificar Cambissolos, não se aplica aos Cambissolos calcários do Platô de Irecê. Outros critérios, como a $\text{CTC} > 17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e a atividade de argila, são compatíveis com a classificação como Cambissolos.
5. O Platô de Irecê passou por um período pretérito úmido, com intensa remoção de sílica que resultou na transformação de minerais 2:1 em 1:1, e por um período seco, mais recente, semelhante às condições atuais, compatível com a baixa substituição isomórfica detectada do Fe pelo Al.

5. LITERATURA CITADA

BOMFIM, L.F.C.; ROCHA, A.J.D; PEDREIRA, A.J.; MORAIS FILHO, J.C.; GUIMARÃES, J.T.; TESCH, N.A. Projeto Bacia de Irecê – relatório final, texto. Vol I. Salvador: CBPM, 1985. 149p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de recursos naturais – folhas SC. 24/25 Aracaju/Recife: geologia, geomorfologia,

pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1983. 856p. (Série Levantamento de Recursos Naturais, 30).

CAR - Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. Irecê: Perfil Regional; Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável - PDRS. Salvador: 2002. 61p. (Série Cadernos CAR, 29).

CAVEDON, A. D. Classificação, características morfológicas, físicas e químicas dos principais solos que ocorrem no semi-árido brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, 1984, Feira de Santana. 1984. Anais... Brasília: Embrapa-DDT, 1986. p.74-91.

CHAO, T.T.; ZHOU, L. Extraction techniques for selective dissolution of amorphous iron oxides from soils and sediments. Soil Sci. Soc. Am. J., 47:225-232, 1983.

CUNHA, T.J.F.; MANZATTO, C.V.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F. CALDERANO FILHO, B. Diferenciação pedológica e alteração de rochas calcárias na região de Irecê, BA - estado da arte. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 1999. 6p. (Pesquisa em andamento).

CUNHA, T.J.F.; RIBEIRO, L.P.; SANTOS, H.G.; GOMES, I.A.; SANTOS, R.D. Estudo de correlação de solos para fins de classificação nas regiões do Recôncavo Baiano e microrregião de Irecê-Bahia. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2000. 49p. (Boletim de Pesquisa, 9).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: 1997. 212p.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: 2006. 306p.

EMBRAPA-SNLCS. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco - Estado da Bahia. v. 2. Recife: 1979. (Brasil-SNLCS. Boletim Técnico, 52; Brasil. SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 10).

FAURE, G. Principles and applications of inorganic geochemistry. New York: Macmillan Publishing Company, 1991. 626p.

IBGE. Manual técnico de pedologia. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 320p. (Manuais técnicos em geociências, 4).

LOEPPERT, R.H.; HALLMARK, C.T. Indigenous soil properties influencing the availability of iron in calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 49:597-603, 1985.

McKEAGUE, J.A.; DAY, J.H. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. *Can. J. Soil Sci.*, 46:13-22, 1966.

MEHRA, O.P.; JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. 7th Natl. Conf. on Clays and Clay Minerals, p.317-327, 1960.

MIRABELLA, A.; CARNICELLI, S. Iron oxide mineralogy in red and brown soils developed on calcareous rocks in central Italy. *Geoderma*, 55:95-109, 1992.

MISI, A. O Grupo Bambuí no Estado da Bahia. In: INDA, H.A.V. (Ed.). *Geologia e recursos minerais do estado da Bahia - textos básicos*. Salvador: SME/CPM, 1979. Vol 1, p.120-154.

MORAES FILHO, O.; SANTANA, A.C.; PEREIRA, L.H.M.; BRUNI, D.C.; SILVA, P.E.L. Projeto Morro do Gomes – relatório final de pesquisa. Salvador: CPRM, 1978. 148p.

NORRISH, K.; TYLOR, R.M. The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. *J. Soil. Sci.*, 12:294-306, 1961.

OLIVEIRA, C.V. Atributos químicos, mineralógicos e morfológicos, gênese e uso de solos do Projeto Jaíba, Norte de Minas Gerais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 161p. (Tese de Doutorado).

PARFITT, R.L.; CHILDS, C.W. Estimation of forms Fe and Al: a review, and analysis of contrasting soils by dissolution and Moessbauer methods. *Aust. J. Soil Res.*, 26:121-144, 1988.

PEDREIRA, A.J.; ROCHA, A.J.D.; GUIMARÃES, J.T.; BOMFIM, L.F.C; MORAIS FILHO, J.C.; MOTTA, A.C. Projeto Bacia de Irecê – relatório da etapa I. Salvador: CPRM, 1985. 93p.

PERRAUD, A.J.; SOBRINHO, N.A.L.; RICHÉ, G.R.; AGUIAR, A.C. Levantamento semi-detalhado de solos, escala 1:100.000, folha de Irecê. Salvador: Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia, 1981. s.p.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D. P. Pedologia e fertilidade do solo – interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: Potafos, 1988. 81p.

SAMADI, A.; GILKES, R.J. Phosphorus transformations and their relationships with calcareous soil properties of Southern Western Australia. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63:809–815, 1999.

SAMPAIO, A.R. Geologia. In: SAMPAIO, A.R.; SANTOS, R.A.; ROCHA, A.J.D. (orgs.) Programa Levantamentos Geológicos do Brasil-PLGB. Jacobina- Folha SC.24-Y-C, Estado da Bahia. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. p.7-44.

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. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2005. 92p.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (Salvador, BA). Dinâmica sóciodemográfica da Bahia: 1980-2002. Série Estudos e Pesquisas, Salvador, 2:60, 2003.

SILVA, F.B.R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C.; BRITO, L.T.L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, A.B.; ARAÚJO FILHO, A.C.; LEITE, A.P. Zoneamento agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA/CNPS. Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v.

SOUZA, E.A.; RIBEIRO, M.R.; FERREIRA, M.G.V.X. Caracterização e gênese de solos do baixio de Irecê (BA). *R. Bras. Ci. Solo*, 17:89-97, 1993a.

SOUZA, S.L.; BRITO, P.C.R.; SILVA, R.W.S. Estratigrafia, sedimentologia e recursos minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê, Bahia. Salvador: CBPM, 1993b. 22p. (Série Arquivos Abertos, 2).

CAPÍTULO II

MINERALOGIA DE SOLOS CALCÁRIOS DO PLATÔ DE IRECÊ, BA

RESUMO: O Platô de Irecê possui solos formados a partir do intemperismo de rochas carbonáticas, resultando na ocorrência de Cambissolos eutróficos, em geral com alta fertilidade natural. A ação do intemperismo sobre os solos calcários de Irecê promoveu a transformação de minerais do tipo 2:1 em 1:1; ainda assim, as condições de semiaridez dominantes na região favoreceram a manutenção de reservas minerais herdadas do material de origem, que apresenta elevadas concentrações de minerais primários em sua grande maioria. O objetivo do presente estudo foi avaliar a mineralogia das frações areia, silte e argila de três topossequências de solos calcários do Platô de Irecê-BA, avaliando suas diferenças em função da disponibilidade hídrica. Os resultados indicam que a ocorrência de calcita na fração areia foi condicionada a ambientes onde ocorreram aportes de sedimentos calcários em cotas de menor altitude, ou em áreas de dolinas quando a altitude é mais elevada. O Platô de Irecê passou por um período pretérito mais úmido, com intensa remoção de sílica que contribuiu para a presença de caulinita e gibbsita nos solos. As condições geoambientais do Platô de Irecê favoreceram a reprecipitação da calcita e da dolomita na fração argila dos solos. O quartzo foi o único mineral presente nas três frações de todos os perfis, sendo nas frações argila e silte sua presença é devida à neoformação e na fração areia é originado da rocha matriz. O mineral mais comum na fração argila nos solos do Platô de Irecê é a caulinita. Os minerais primários presentes na fração argila dos solos do Platô de Irecê podem ser uma importante fonte de nutrientes para esses solos.

PALAVRAS-CHAVE: calcita, dolomita, quartzo na fração argila.

MINERALOGY OF CALCAREOUS SOILS FROM IRECÊ PLATEAU, BAHIA

ABSTRACT: The Irecê Plateau has soils formed from carbonate rocks weathering, resulting in the occurrence of eutrophic Cambisols, generally with high natural fertility. The weathering actions on calcareous soils from Irecê promoted mineral transformations such as 2:1 in 1:1; nevertheless, the dominant semiarid conditions in the region favored the maintenance of mineral reserves inherited from the source material, which has in most cases high primary mineral concentrations. This study aimed to evaluate the mineralogy fractions of sand, silt and clay on three calcareous soil toposequency from Irecê, evaluating their differences in water availability. The results indicate the occurrence of calcite in sand fraction was subjected to environments where there were calcareous sediments inputs in lower shares altitudes or in areas of dolines where the altitude is higher. The Irecê Plateau experienced a past humid period with intense silica removal which contributed to kaolinite and gibbsite presence in the soils. The geoenvironmental conditions of Irecê Plateau favored the calcite reprecipitation and dolomite in the clay soil fraction. The quartz was the only present mineral in the three fractions of all pedons. In the clay and silt fraction the presence is caused by the neoformation and in the sand fraction is originated from the matrix rock. The most common mineral in the clay fraction in Irecê soils is the kaolinite. The primary minerals in the clay fraction in Irecê soils can be an important nutrient source to these soils.

KEY WORDS: calcite, dolomite, quartz in the clay fraction.

1. INTRODUÇÃO

A região de Irecê está localizada no centro norte da Bahia e possui uma área territorial de 25.551 km² (IBGE, 2007), que se encontra completamente inserida no semiárido baiano (CEI, 1994).

A principal unidade geoambiental da região é a Chapada de Irecê, um platô de grande extensão que ocupa 37 % da área, com altitude que varia de 500 a 800 m. O relevo é fracamente dissecado, com feições planas com poucas ondulações (SEPLANTEC, 1974; Silva et al., 1993; CAR, 2002).

A geologia do Platô de Irecê é composta por rochas carbonáticas depositadas durante o Neoproterozóico (pré-Cambriano), que compõem a Formação Salitre do Grupo Una, juntamente com a Formação Bebedouro (Misi, 1979; Bomfim et al., 1985).

Os processos geomorfológicos ocorridos na Bacia de Irecê durante o Cenozóico promoveram o aplainamento da região e contribuíram para a deposição da Formação Caatinga (Pedreira et al., 1985), que é composta por um calcário secundário, originado da dissolução dos calcários do Grupo Una (Moraes Filho et al., 1978).

O intemperismo das rochas calcárias favoreceu a ocorrência de Cambissolos eutróficos com alta fertilidade natural, mas com tendência de baixos teores de fósforo (Embrapa, 1979; Cavedon, 1986; Resende et al. 1988; Silva et al., 1993). Os solos de maior expressão geográfica no Platô de Irecê são os Cambissolos Háplicos (Cambissolos Bruno Avermelhados) (CODEVASF, 1991).

Em condições de semiaridez, como ocorre no Platô de Irecê, os Cambissolos ainda mantêm reservas minerais herdadas do material de origem. A composição mineralógica do horizonte B desses Cambissolos é formada por elevados teores de minerais primários de fácil intemperização (Cavedon, 1986).

A fase mineral constitui cerca de 50 % da maioria dos solos e participa da estrutura física, influenciando na porosidade, por onde ocorre o movimento da água e do ar, necessários ao desenvolvimento das plantas. Além disso, o intemperismo dos minerais libera nutrientes para as plantas, que podem ser retidos por outros minerais por meio da adsorção, troca de cátions ou precipitação (Besoain, 1985; Schulze, 1999). A presença ou não de um determinado mineral em um ambiente pode indicar o grau de intemperismo do solo e como o solo foi formado (Schulze, 1999).

De acordo com Perraud et al. (1981), a ação do intemperismo sobre os solos calcários de Irecê promoveu a transformação de minerais do tipo 2:1 (ilita e esmectita) em 1:1 (caulinita). Cunha et al. (2000) analisaram a mineralogia da fração argila do horizonte B de alguns Cambissolos calcários de Irecê e detectaram a presença de caulinita, mica, esmectita, goethita e vestígios de hematita. Já na fração areia foram registradas as presenças de quartzo com aderência ferruginosa, concreções ferruginosas (algumas pisolíticas), ferro-argilosas, ferro-manganosas, pouco calcárias e pouco magnéticas (Embrapa, 1979). Cunha et al. (2000) observaram a presença de nódulos/concreções ferruginosas + ferri-argilosas + manganosas, silicosas, magnetitas e carbonatos e, a partir da análise mineralógica, verificaram a presença de quartzo e traços de turmalina.

O presente estudo teve como objetivos avaliar a mineralogia das frações areia, silte e argila de solos calcários de três topossequências do Platô de Irecê-BA, avaliando as diferenças mineralógicas em função da disponibilidade hídrica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nos municípios de Lapão e Uibaí, localizados no Platô de Irecê, Estado da Bahia. Para isso, foram selecionadas três topossequências de solos calcários (Figura 1 e Tabela 1) com pH variando de 6,8 a 8,4. Os perfis foram descritos em campo segundo Santos et al. (2005) e os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006).

Amostras de horizontes diagnósticos de solos que representam bem a diversidade de material de origem e de solos que ocorre na região foram coletadas e secas ao ar e passadas em peneira com abertura de malha de 2,00 mm, constituindo-se em TFSA.

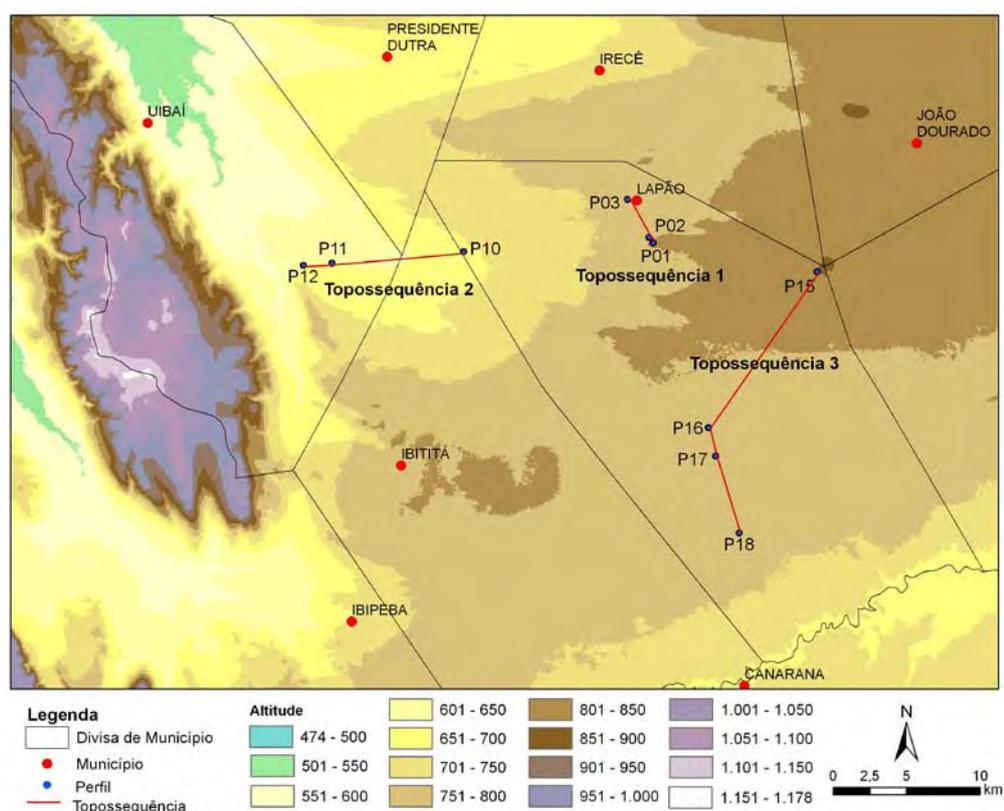


Figura 1. Localização de topossequências de solos calcários avaliados no Platô de Irecê-BA.

Tabela 1. Características de topossequências de solos calcários do Platô de Irecê-BA

Localização	Perfil	Altitude (m)	Horizonte (cm)	CaCO ₃ (g kg ⁻¹)
----- Topossequência 1 -----				
Inicia no topo do Morro Pelado, segue no sentido norte até o entrocamento da cidade de Lapão.	P1 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	820	Bi1(10-30)	44,93
	P2 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico	780	Bw1 (90-130)	43,72
	P3 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	770	Bi (25-45)	49,94
----- Topossequência 2 -----				
Inicia no povoado de Morro Grande, município de Lapão, segue no sentido oeste até o povoado de Alto Branco, município de Uibaí.	P10 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	710	Bi (35-50)	71,59
			BCK/CRk (50-70)	199,84
	P11 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico	645	Bivk (15-40)	205,22
			Cvk (40-60)	296,72
	P12 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	646	Bik (15-35)	460,58
			BCK (35-50)	483,18
----- Topossequência 3 -----				
Inicia no topo do Morro do Boi, próximo do povoado de Belo Campo, segue no sentido sudoeste até as proximidades do povoado de Rodagem II, município de Lapão.	P15 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico	820	Bw1 (20-40)	6,24
			Bw2 (40-80)	10,62
	P16 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico	793	Bik (5-25)	481,83
	P17 - Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico	790	Bw (40-100)	0,00
	P18 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico vértico	769	2Biv2 (55-80)	107,03

OBS.: CaCO₃ = equivalente de carbonato de cálcio.

Para a separação das frações areia, silte e argila, subamostras de 20 g de TFSA foram colocadas em garrafas plásticas de 500 ml, com adição de 100 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹, que foram agitadas em agitador do tipo Wagner, com 50 rotações por minuto durante 16 horas. Após esse período, as amostras foram passadas em peneira com abertura de malha de 0,053 mm para separação da fração areia. As frações silte e argila foram separadas por sedimentação com base no princípio da lei de Stokes.

A fração argila foi tratada com KCl 1,0 mol L⁻¹, KCl 1,0 mol L⁻¹ + aquecimento a 550 ° C, MgCl₂ 0,5 mol L⁻¹ e MgCl₂ 0,5 mol L⁻¹ + etilenoglicol para identificação dos minerais do tipo 2:1 (Whitting, 1965). Em outra parte da argila, removeram-se carbonatos com ácido acético a 5 %.

As frações argila (natural, sem carbonatos e tratadas para identificação dos minerais do tipo 2:1) e silte foram orientadas em lâminas de vidro para identificação por difratometria de raios-X.

Amostras da fração areia foram colocadas em lâminas de vidro escavadas (não orientadas).

Os minerais foram analisados por difratometria de raios-X com o uso de um equipamento PANalytical X'Pert pro, utilizando-se radiação CoK α , com ângulo de varredura de 4 a 50 ° 2 θ , velocidade de varredura de 0,2 °2 θ /seg, operando com tensão de 40 kV e corrente de 30 mA. Os minerais foram identificados conforme Chen (1977) e de acordo com informações encontradas no site do *Institute of Experimental Mineralogy* da Rússia (MINCRYST, 2009).

A fração areia foi fotografada com máquina digital acoplada a microscópio ótico Olympus CX 31 para visualização da sua forma e da coloração. Como foi constatada a presença de nódulos/concreções escuras nessa fração, amostras desse material foram analisadas na forma de grãos e em pó para definição dos teores totais de nutrientes segundo o método USEPA 3051A (USEPA, 2009). A leitura dos elementos foi feita por espectrometria de emissão atômica por plasma induzido (ICP-AES).

3. RESULTADOS

3.1. Mineralogia da fração areia

Os difratogramas de raios-X da fração areia dos solos da topossequência 1 (Figura 2) indicam a participação efetiva do quartzo nessa fração (0,426; 0,334; 0,245; 0,228; 0,223 nm). Nos solos calcários de Irecê, o quartzo é constituinte das impurezas

das rochas ou provindo de aportes eólicos de fontes quartzíticas distantes (Supergrupo Espinhaço) (Bomfim et al., 1985). Esses solos também apresentam presença residual de dolomita na fração areia, revelada por picos de pouca intensidade, a 0,369 nm. Segundo Bomfim et al. (1985), além de rochas carbonáticas o Platô de Irecê possui zonas de dolomitização e silicificação, localizadas em pequenos morros ou colinas que sobressaem na paisagem.

A presença da dolomita no Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico (perfil P1), localizado no topo do Morro Pelado, é associada a rochas dolomíticas presentes nessa paisagem mais elevada. O material coluvial do morro contribui também para a mineralogia do Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico (perfil P2). Já a dolomita do perfil P3, foi originada do intemperismo das rochas carbonáticas *in situ*.

Na topossequência 2 (Figuras 3, 4 e 5), a mineralogia do perfil P10 é formada por quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228; 0,223 nm), dolomita (0,369 nm) e calcita (0,303 nm), originados do material de origem. Os perfis P11 e P12 possuem quartzo (0,426; 0,334; 0,245 nm) e calcita (0,386; 0,303; 0,249; 0,229 nm). Por estarem localizados em altitude menor (Tabela 1), esses perfis receberam influência do calcário Caatinga depositado em período mais recente. Esse calcário é originado das rochas carbonáticas localizadas no topo do platô que sofreram dissolução, com reprecipitação em ambientes mais baixos, formando rochas calcíticas (Moraes Filho et al., 1978), que influenciaram na mineralogia desses solos.

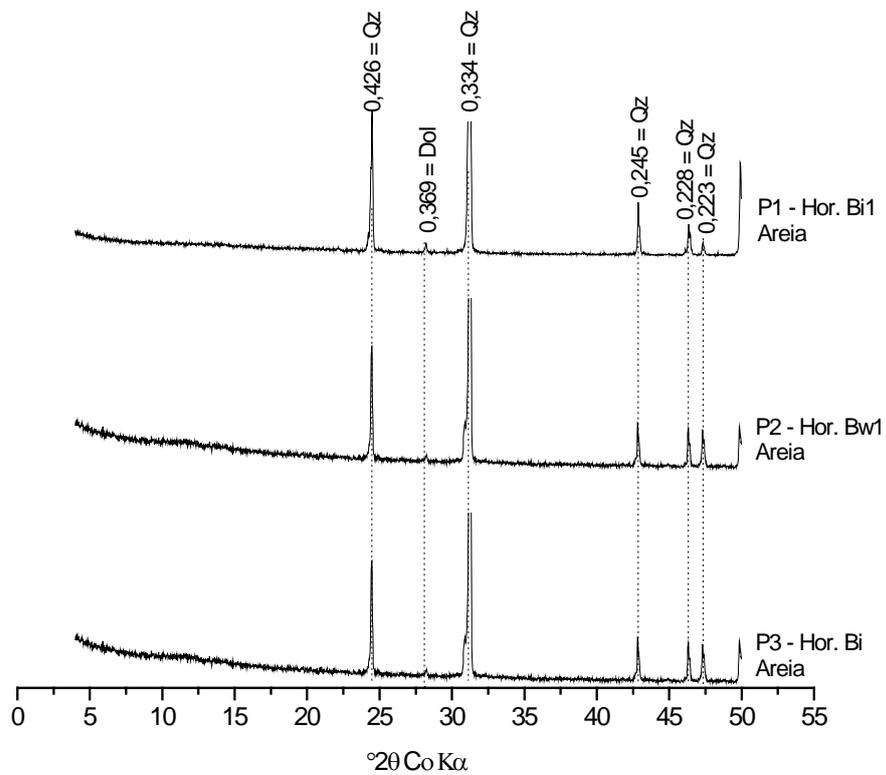


Figura 2. Difratogramas de raios-X da fração areia dos perfis P1, P2 e P3 da topossequência 1 do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Dol=dolomita).

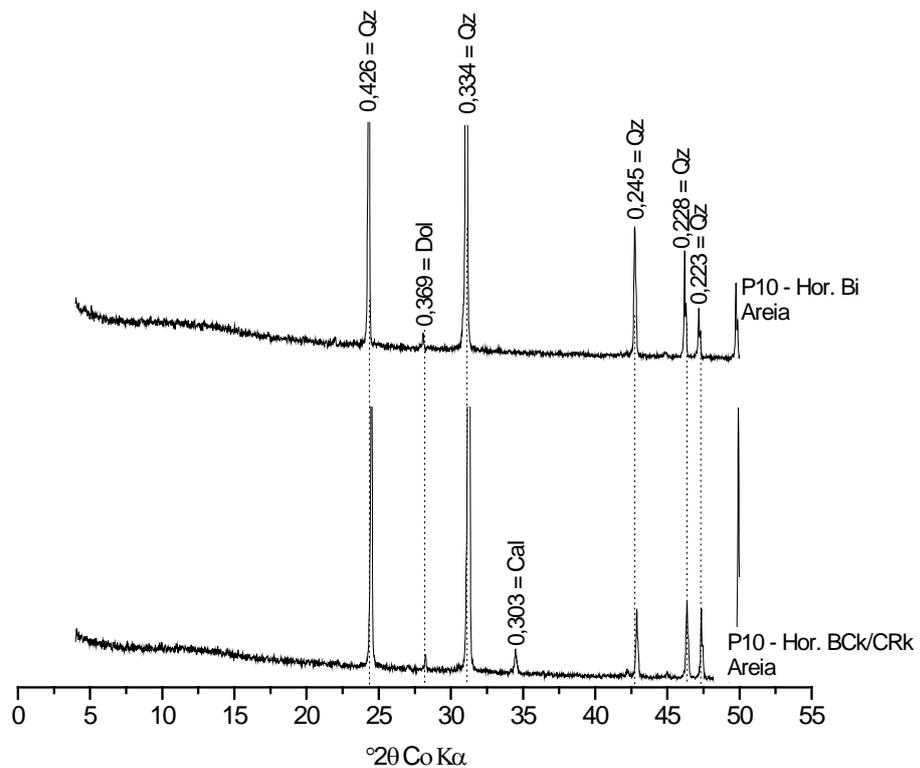


Figura 3. Difratogramas de raios-X da fração areia de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P10) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Dol=dolomita, Cal=calcita).

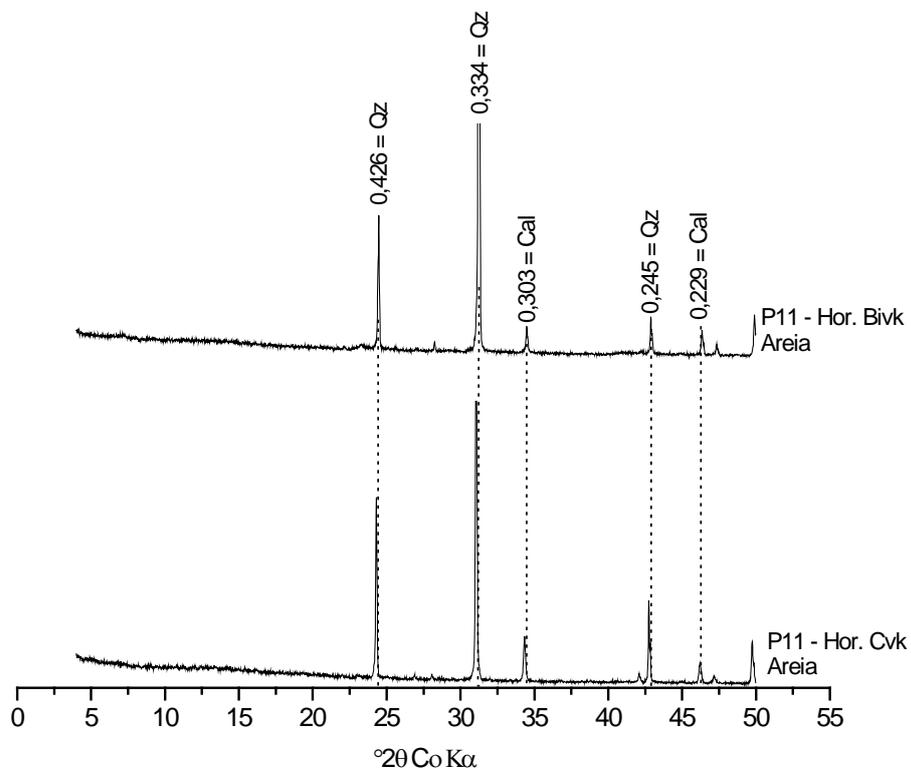


Figura 4. Difrátogramas de raios-X da fração areia de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico (P11) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Cal=calcita).

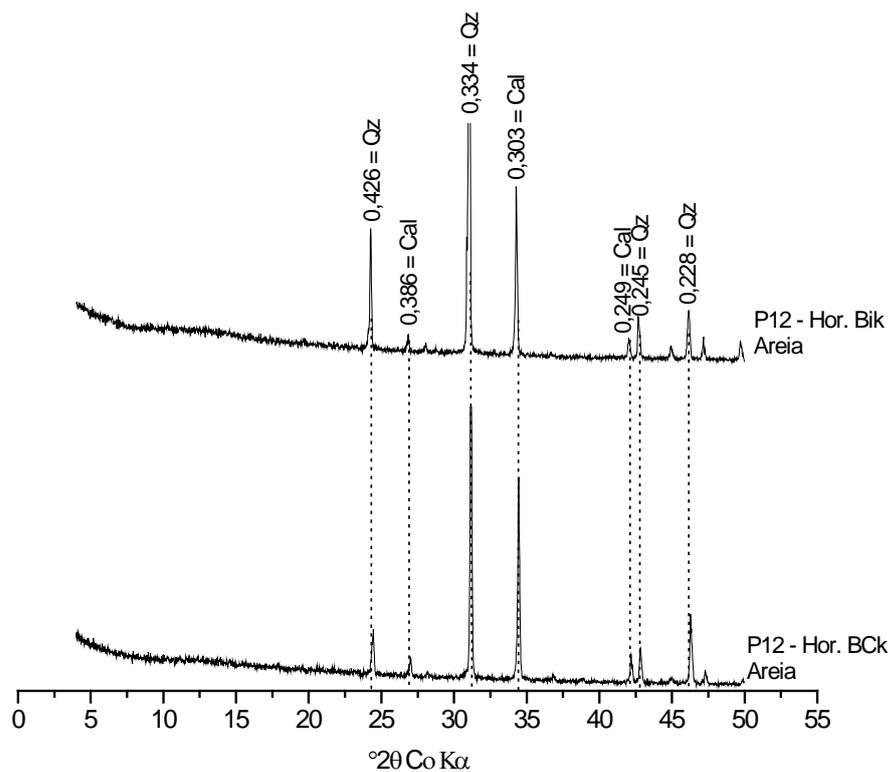


Figura 5. Difrátogramas de raios-X da fração areia de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P12) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Cal=calcita).

Os Latossolos da topossequência 3, representados pelos perfis P15 (Figura 6) e P17 (Figura 8), possuem mineralogia da fração areia formada apenas por quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228 nm). Embora formado em ambiente de influência de rochas carbonáticas, o intenso intemperismo sobre esses solos promoveu a dissolução dessas rochas, não deixando qualquer resíduo carbonático na fração areia. Já os Cambissolos dos perfis P16 (Figura 7) e P18 (Figura 9), possuem mineralogia composta por quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228 nm) e calcita (0,386; 0,303; 0,284; 0,249 nm). Em campo, foi observado que esses Cambissolos estão localizados em fundos de dolinas, onde ocorreu a reprecipitação de carbonatos dissolvidos das rochas localizadas nas partes mais elevadas da paisagem, que influenciaram na presença da calcita na fração areia.

Observações feitas em microscopia ótica, com aumento de 20 vezes, demonstram que, em todas as amostras, os grãos de quartzo apresentam superfície arredondada (Figura 10) que, segundo Bomfim et al. (1985), pode ter sido consequência do transporte eólico. Esse material possui capeamento superficial com brilho metalizado, que pode ser formado por ferro (Embrapa, 1979).

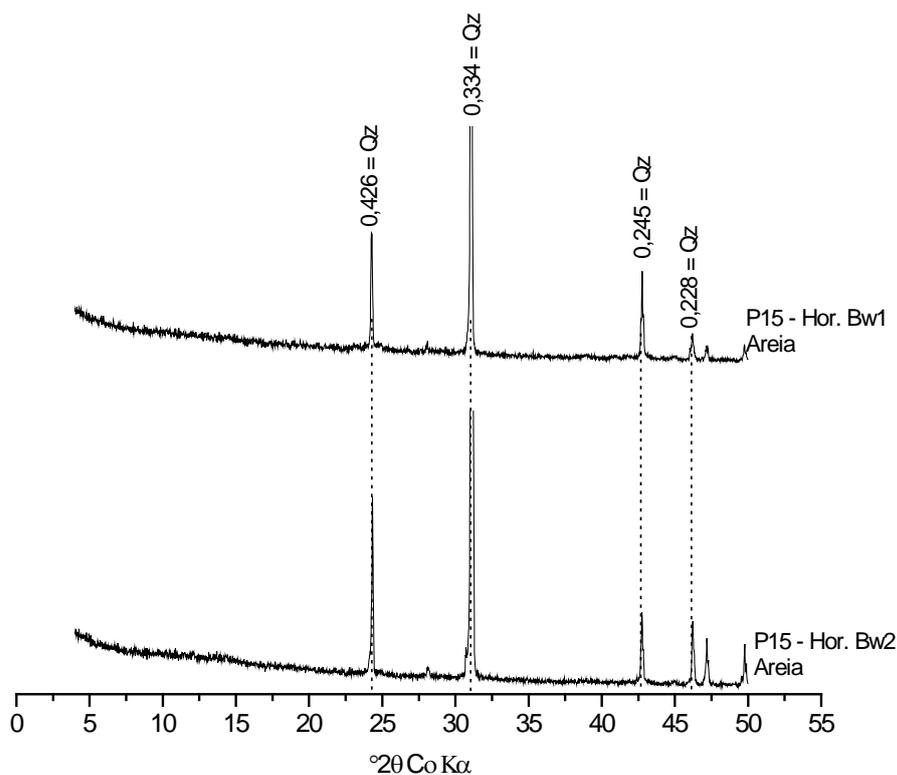


Figura 6. Difratogramas de raios-X da fração areia de um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico (P15) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo).

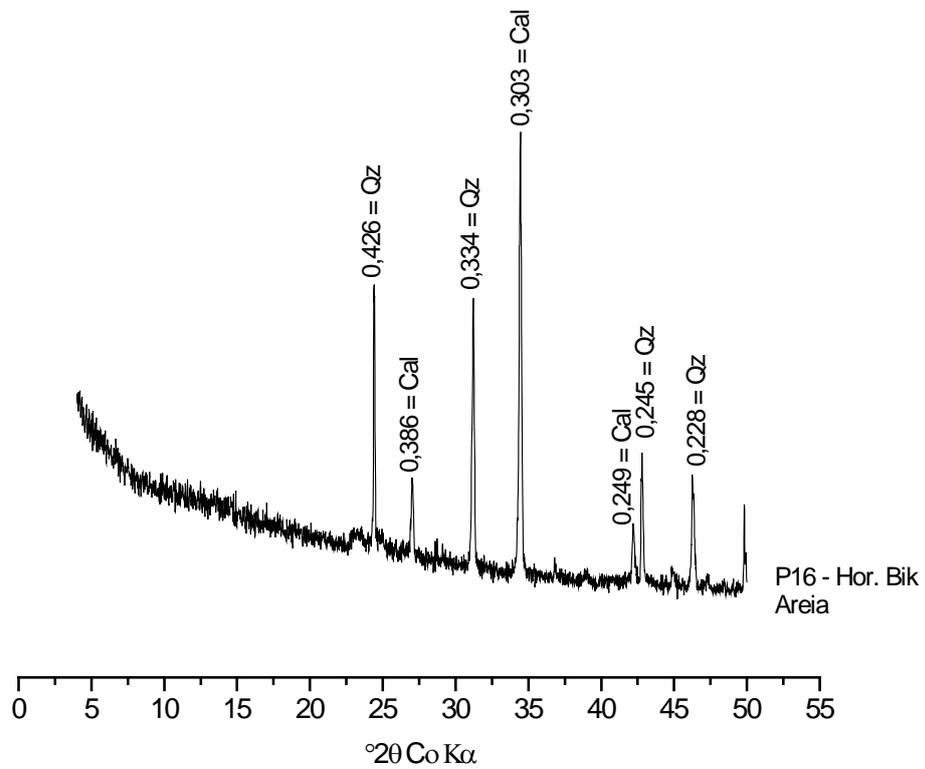


Figura 7. Difratoograma de raios-X da fração areia de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P16) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Cal=calcita).

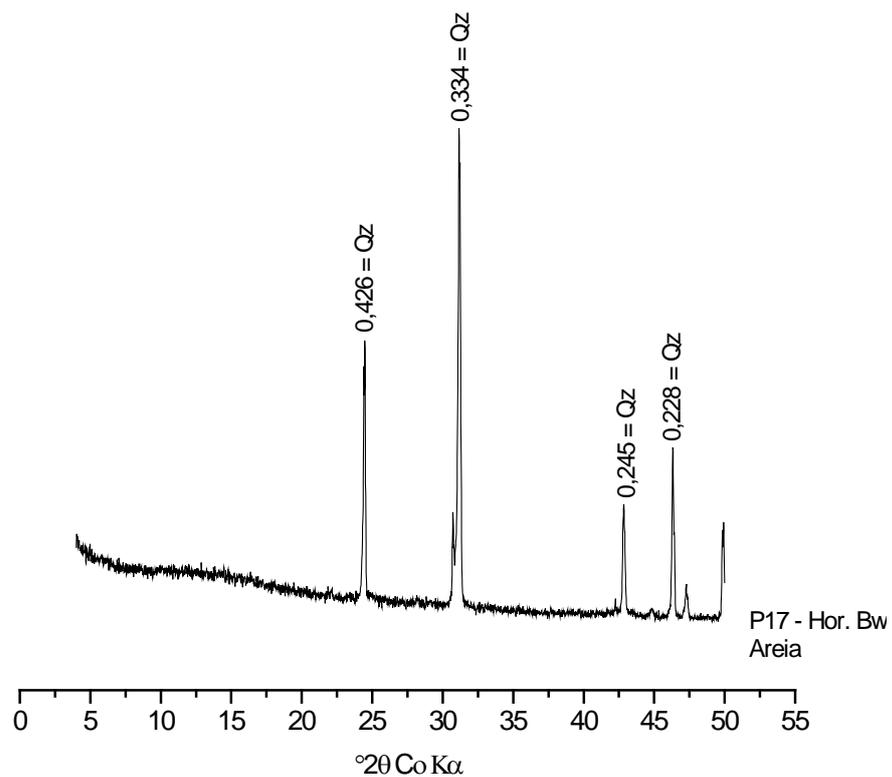


Figura 8. Difratoograma de raios-X da fração areia de um Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico (P17) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo).

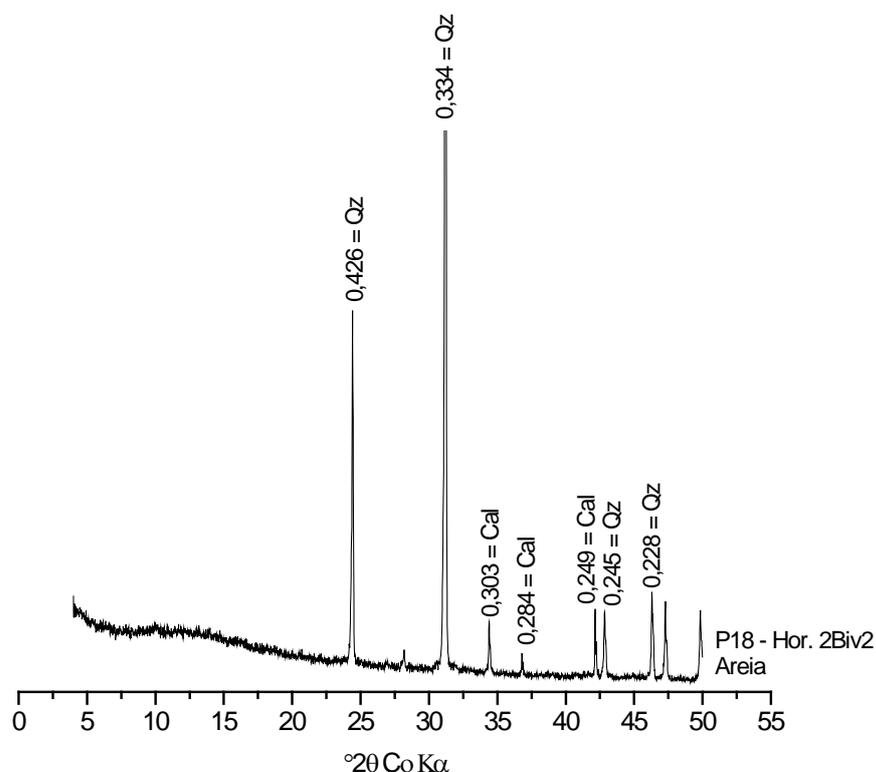


Figura 9. Difratoograma de raios-X da fração areia de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico vértico (P18) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Cal=calcita).

A análise das nodulações/concreções escuras, na forma de grão e em pó, presentes na fração areia (Figura 11), por meio de difratometria de raios-X, detectou a presença de mica (1,000; 0,499 nm), caulinita (0,714; 0,447 nm), quartzo (0,334 nm), hematita (0,366; 0,269; 0,251 nm), goethita (0,416; 0,269; 0,244; 0,219 nm) e calcita (0,224 nm). A análise dos teores totais nessas nodulações/concreções revelou as concentrações seguintes, em mg kg^{-1} : Fe=38.820; Pb=9.262; Mn=8.228; Zn=1.508; Cr=551,4; Cu=185,6; Ni=44,1; Cd=0,1.

Embora existam registros da presença de Mn nesses nódulos/concreções (Cunha et al., 2000), os métodos utilizados no presente estudo não foram capazes de detectar a sua presença. Desse modo, o manganês pode apresentar baixa cristalinidade nesse material, não sendo possível detectá-lo por difratometria de raios-X.

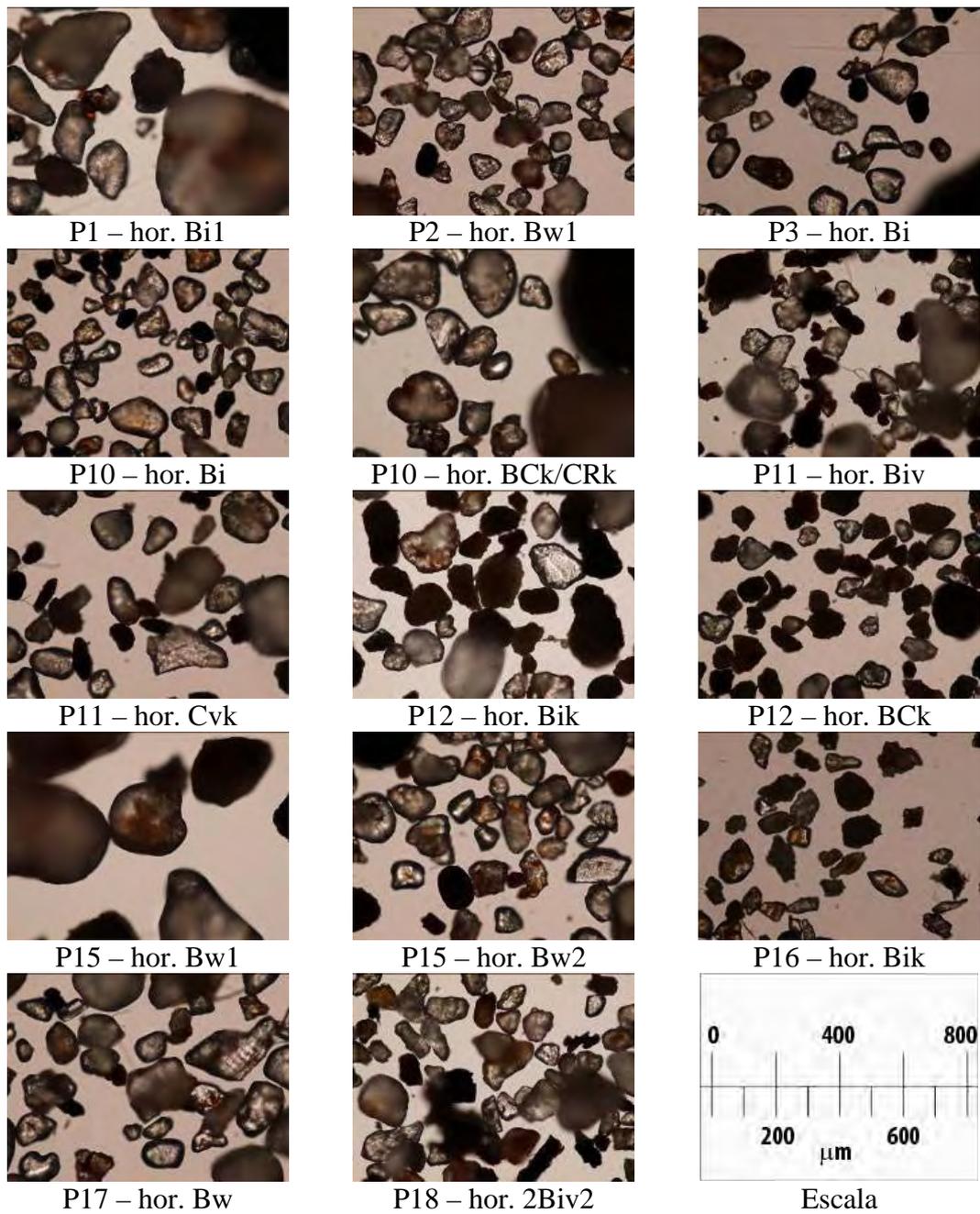


Figura 10. Fotos da fração areia de solos do Platô de Irecê-BA, obtidas por microscopia ótica.

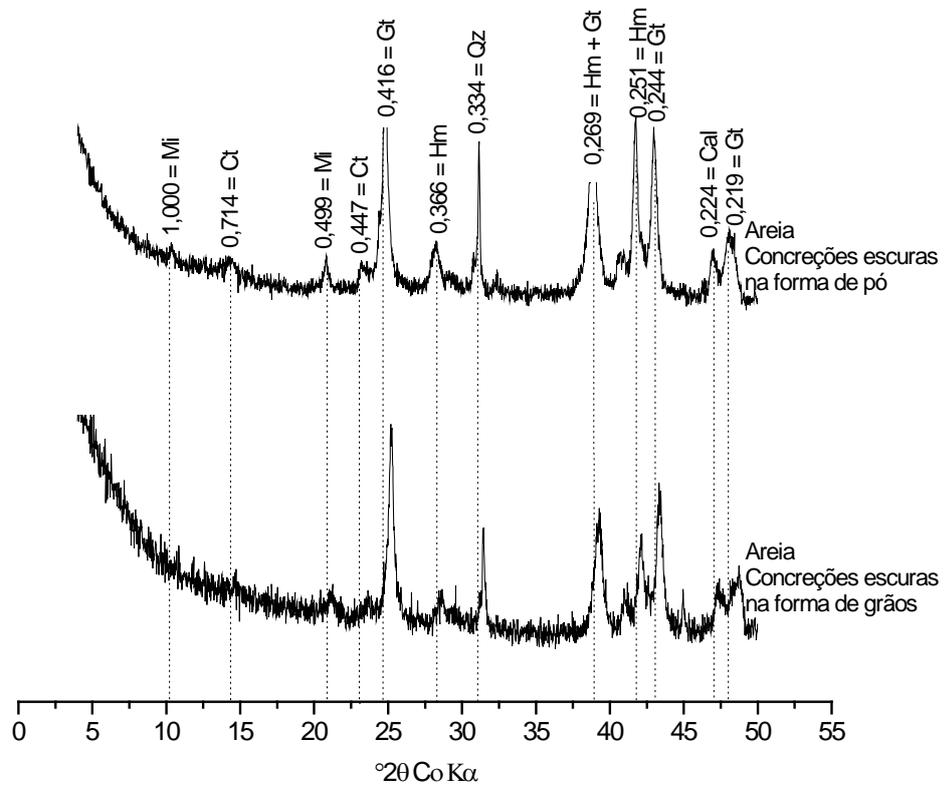


Figura 11. Difratogramas de raios-X de nodulações/concreções escuras da fração areia de solos calcários do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Gt=goethita, Hm=hematita, Cal=calcita).

3.2. Mineralogia da fração silte

A mineralogia da fração silte dos solos da topossequência 1 (Figura 12) é dominada por quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228; 0,223 nm), que pode ser derivado de veios silicosos presentes no calcário, mais resistentes ao intemperismo. A dolomita identificada na fração areia não foi observada nos solos com a diminuição do tamanho das partículas.

A fração silte dos solos da topossequência 2 (Figuras 13, 14 e 15) apresenta mineralogia composta por quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228 nm) e calcita (0,386; 0,304; 0,249 nm). Todos os horizontes dos solos dessa topossequência possuem caráter carbonático ($\geq 150 \text{ g kg}^{-1}$ de CaCO_3), exceto o horizonte Bi do perfil 10 que possui caráter com carbonato (50-150 g kg^{-1} de CaCO_3), de acordo com critério adotados por Embrapa (2006). Esses teores elevados de carbonato ocorrem nesses solos porque eles estão localizados nas partes mais baixas do Platô de Irecê e são originados de rochas calcíticas, com influência do calcário Caatinga, material mais recente, secundário, que é residual da dissolução e reprecipitação de rochas calcárias do topo do platô.

Na topossequência 3, nos Latossolos (Figuras 16 e 18) foram identificados quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228 nm) e caulinita (0,714; 0,447; 0,357 nm) na fração silte. Os Cambissolos (Figuras 17 e 19) apresentaram mineralogia da fração silte semelhante à da fração areia, com presença de quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228 nm), calcita (0,386; 0,304; 0,249), diferindo apenas na caulinita (0,447; 0,256 nm), que foi encontrada no perfil P18.

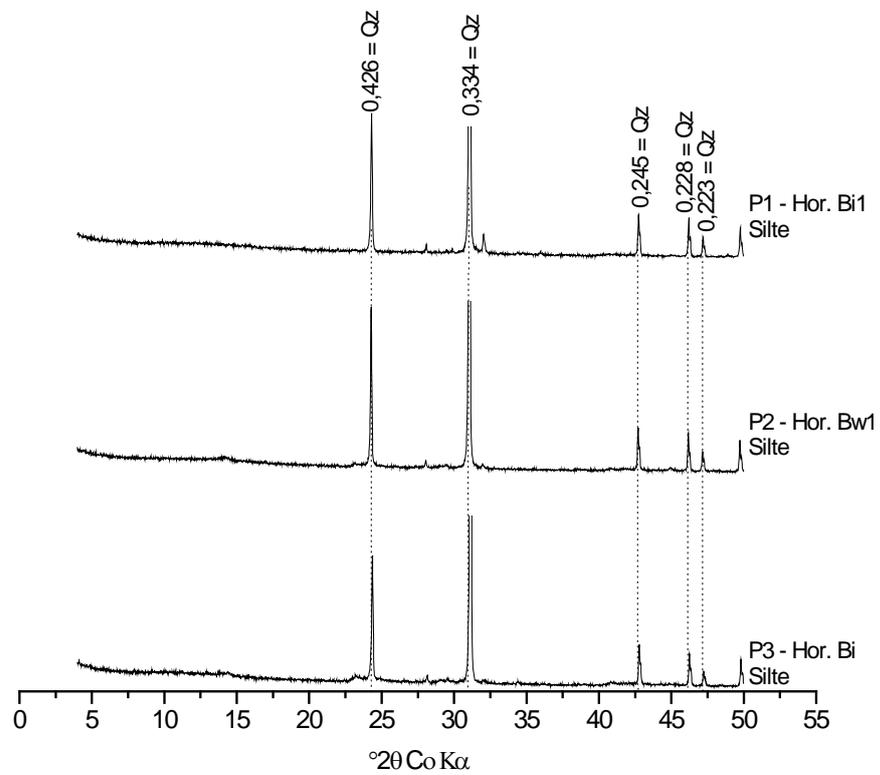


Figura 12. Difratoformas de raios-X da fração silte dos perfis P1, P2 e P3 da topossequência 1 do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo).

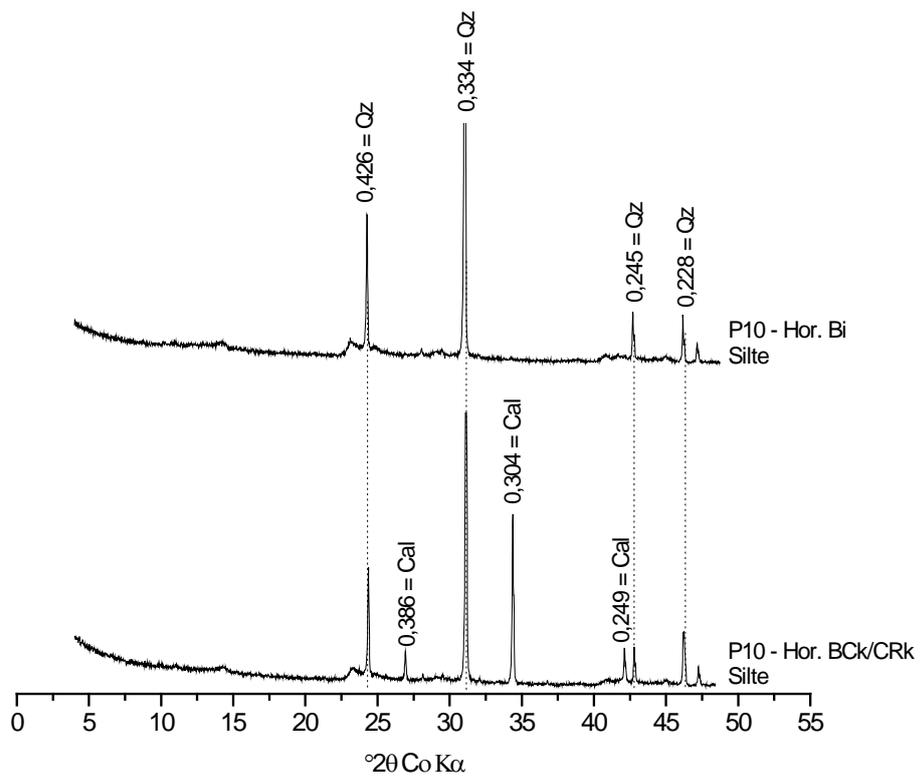


Figura 13. Difratoformas de raios-X da fração silte de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P10) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Cal=calcita).

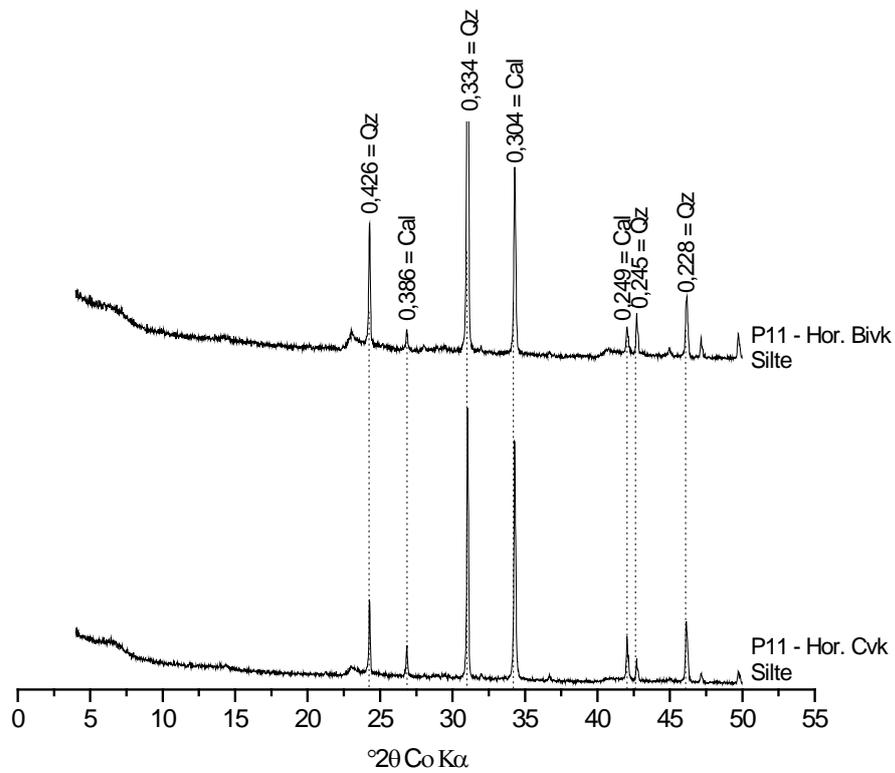


Figura 14. Difratogramas de raios-X da fração silte de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico (P11) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Cal=calcita).

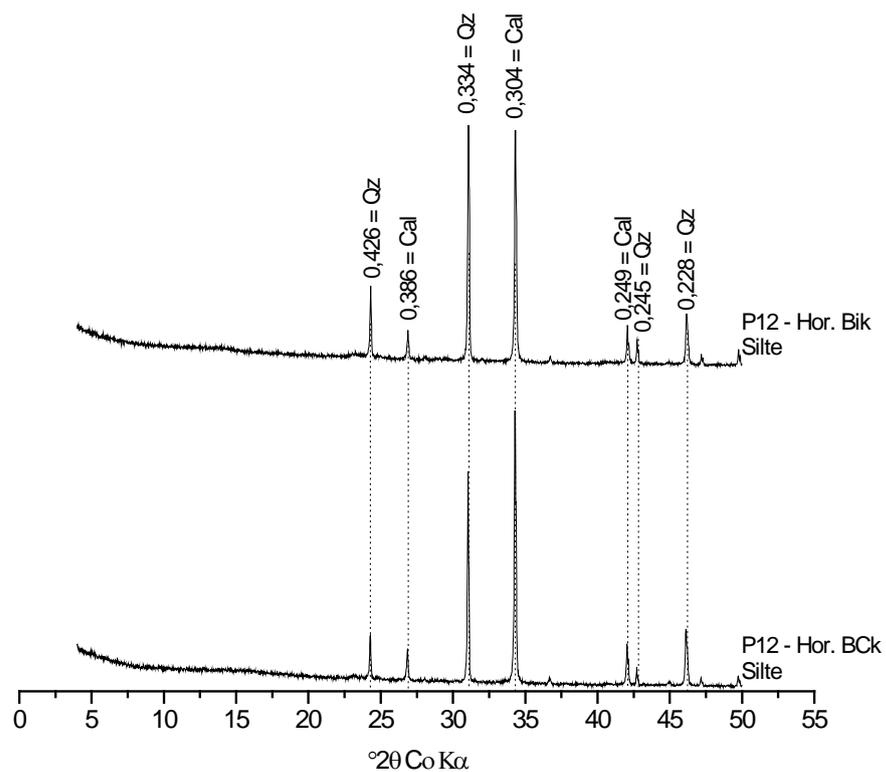


Figura 15. Difratogramas de raios-X da fração silte de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P12) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Cal=calcita).

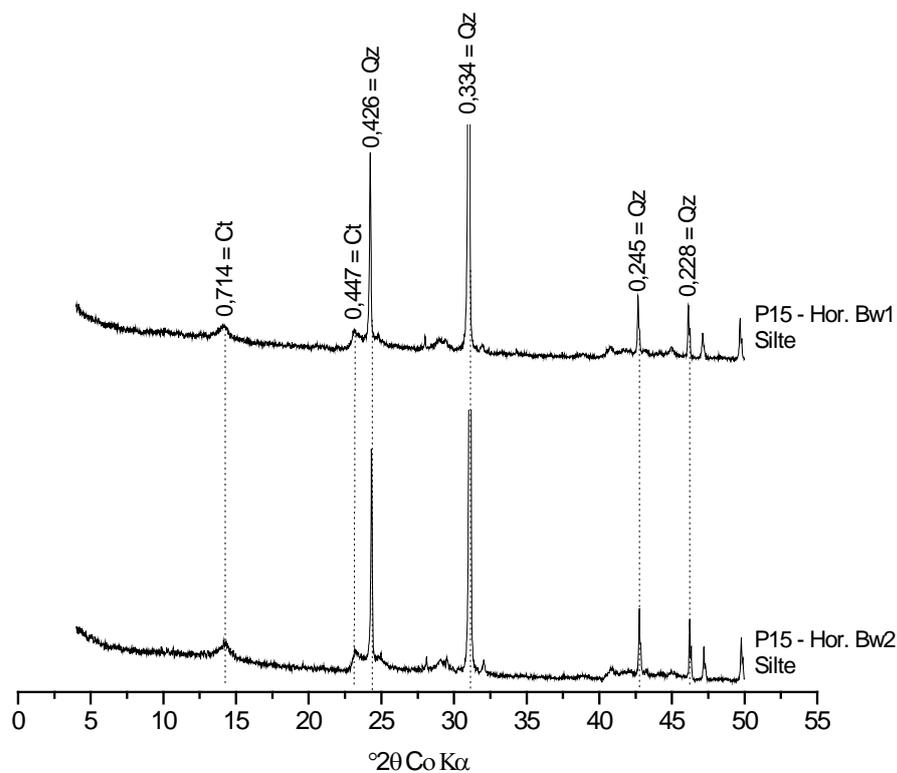


Figura 16. Difratoformas de raios-X da fração silte de um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico (P15) do Platô de Irecê-BA (Ct=caulinita, Qz=quartzo).

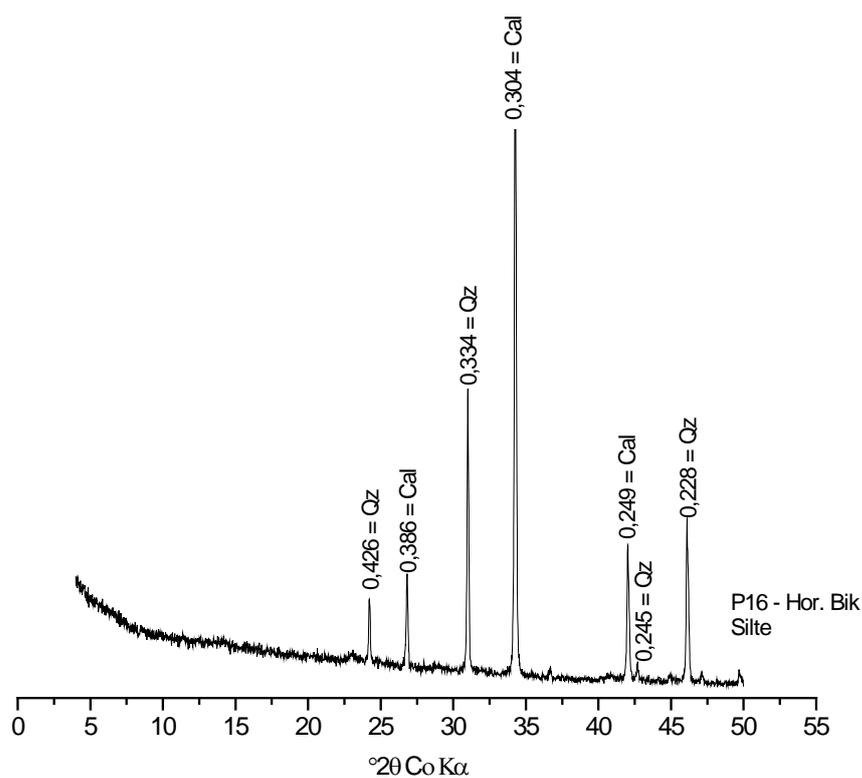


Figura 17. Difratoforma de raios-X da fração silte de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P16) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Cal=calcita).

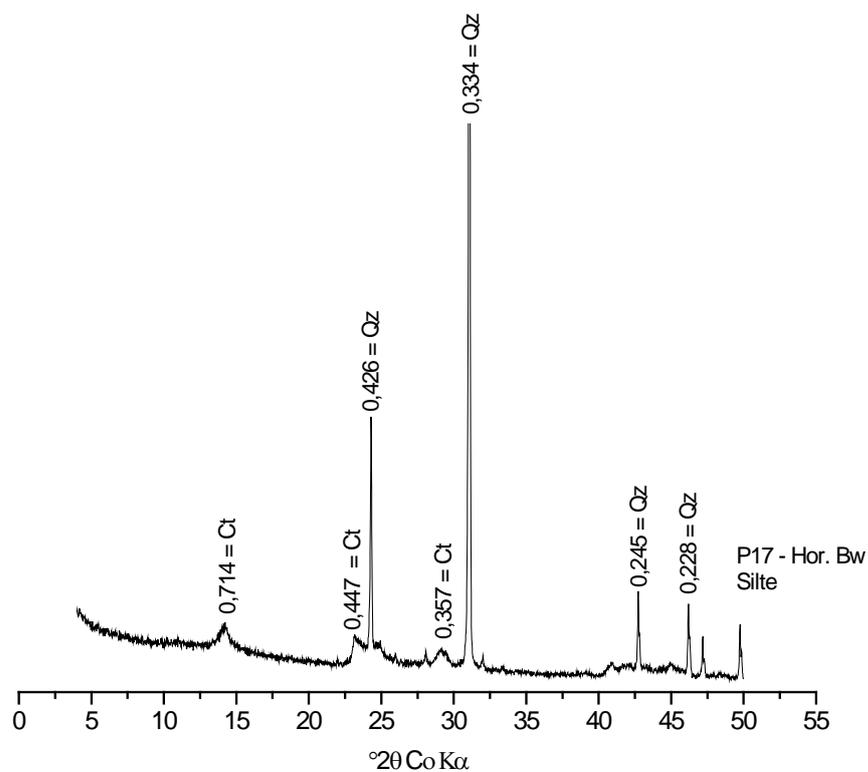


Figura 18. Difratoograma de raios-X da fração silte de um Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico (P17) do Platô de Irecê-BA (Ct=caulinita, Qz=quartzo).

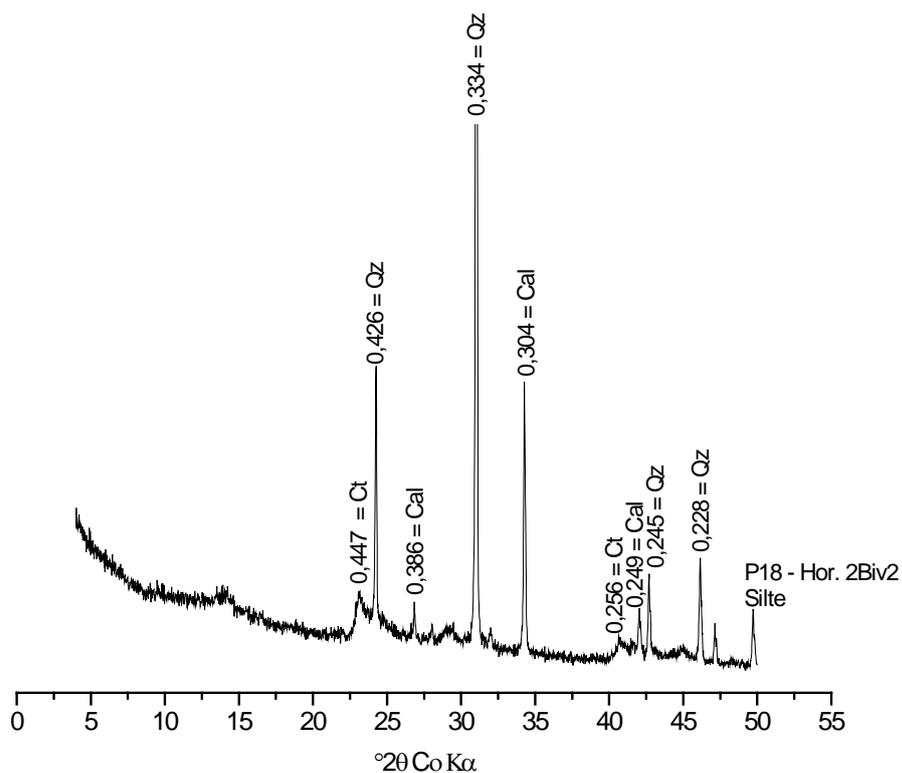


Figura 19. Difratoograma de raios-X da fração silte de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico vértico (P18) do Platô de Irecê-BA (Ct=caulinita, Qz=quartzo, Cal=calcita).

3.3. Mineralogia da fração argila

A fração argila do perfil P1 da topossequência 1 (Figura 20) é composta por caulinita (0,714; 0,447; 0,256 nm), quartzo (0,426; 0,334; 0,228; 0,223 nm), goethita (0,244 nm), mica (0,932 nm) e esmectita (0,1430 nm). Esse solo está localizado no topo do Morro Pelado e foi desenvolvido a partir do intemperismo de rochas dolomíticas escuras identificadas no local, que são menos solúveis quando comparadas com as calcíticas. A presença de mica nesse solo está relacionada ao material de origem.

O Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (perfil P2) também possui mineralogia da fração argila composta por mica (1,000 nm), caulinita (0,714; 0,447; 0,357; 0,256 nm) e quartzo (0,426; 0,334 nm) (Figura 21). Esse solo está localizado no terço médio da topossequência 1 e foi desenvolvido a partir de colúvios latossólicos, oriundos do terço superior e, por essa razão, apresenta alguns minerais em comum com o perfil P1. O perfil P2 também apresenta gibbsita (0,485 nm), condizente com o maior intemperismo sofrido por esse solo. As condições de oxidação proporcionadas pela posição do solo na paisagem contribui para a ocorrência de hematita (0,269; 0,251 nm) na fração argila.

O perfil P3 (Figura 22), localizado no terço inferior da topossequência e desenvolvido a partir do intemperismo de rochas calcíticas, possui caulinita (0,714; 0,447; 0,416; 0,256 nm), quartzo (0,426; 0,334 nm), goethita (0,269 nm) e hematita (0,269; 0,251 nm) na fração argila.

Todos os solos da topossequência 2 (Figuras 23 a 28) têm em comum na mineralogia da fração argila a presença de caulinita (0,714; 0,447; 0,357; 0,256 nm), quartzo (0,426; 0,334 nm) e calcita (0,386; 0,304; 0,249; 0,229 nm). A esmectita (1,540; 0,447 nm) encontra-se presente nos perfis P11 e P12, sendo no perfil P11 os picos são mais intensos do que no P12, sugerindo maior quantidade desse mineral nesse solo, corroborando o caráter vértico atribuído em função das características observadas em campo (fendilhamento típico provocado pela expansão e contração da esmectita, efeito não observado nos demais).

O material de origem favoreceu a presença de mica (1,000; 0,932; 0,499 nm) nos perfis P10 e P12, que também apresentaram goethita (0,418; 0,244 nm) na fração argila. A hematita (0,269; 0,251 nm) encontra-se presente nos perfis 10 e 11 .

Na topossequência 3, os Latossolos (Figuras 29, 30 e 32) apresentam mica (1,000; 0,932 nm), caulinita (0,714; 0,447; 0,357; 0,256 nm), goethita (0,418; 0,415; 0,244 nm), quartzo (0,426; 0,334 nm) e hematita (0,269; 0,251 nm) como minerais

componentes da fração argila. Além desses minerais, o perfil P15 apresenta gibbsita (0,485 nm) e o P17, rutilo (0,325 nm), que é um óxido de titânio, produto de intemperismo avançado.

Os perfis (P16 e P18) de Cambissolo (Figuras 31 e 33) possuem esmectita (1,540 nm), caulinita (0,714; 0,447; 0,418; 0,357; 0,256 nm), quartzo (0,426; 0,334 nm), goethita (0,415; 0,244 nm), calcita (0,386; 0,304; 0,249; 0,229 nm) e hematita (0,269; 0,251 nm). O perfil P16 apresenta ainda mica (1,000; 0,499 nm) na fração argila.

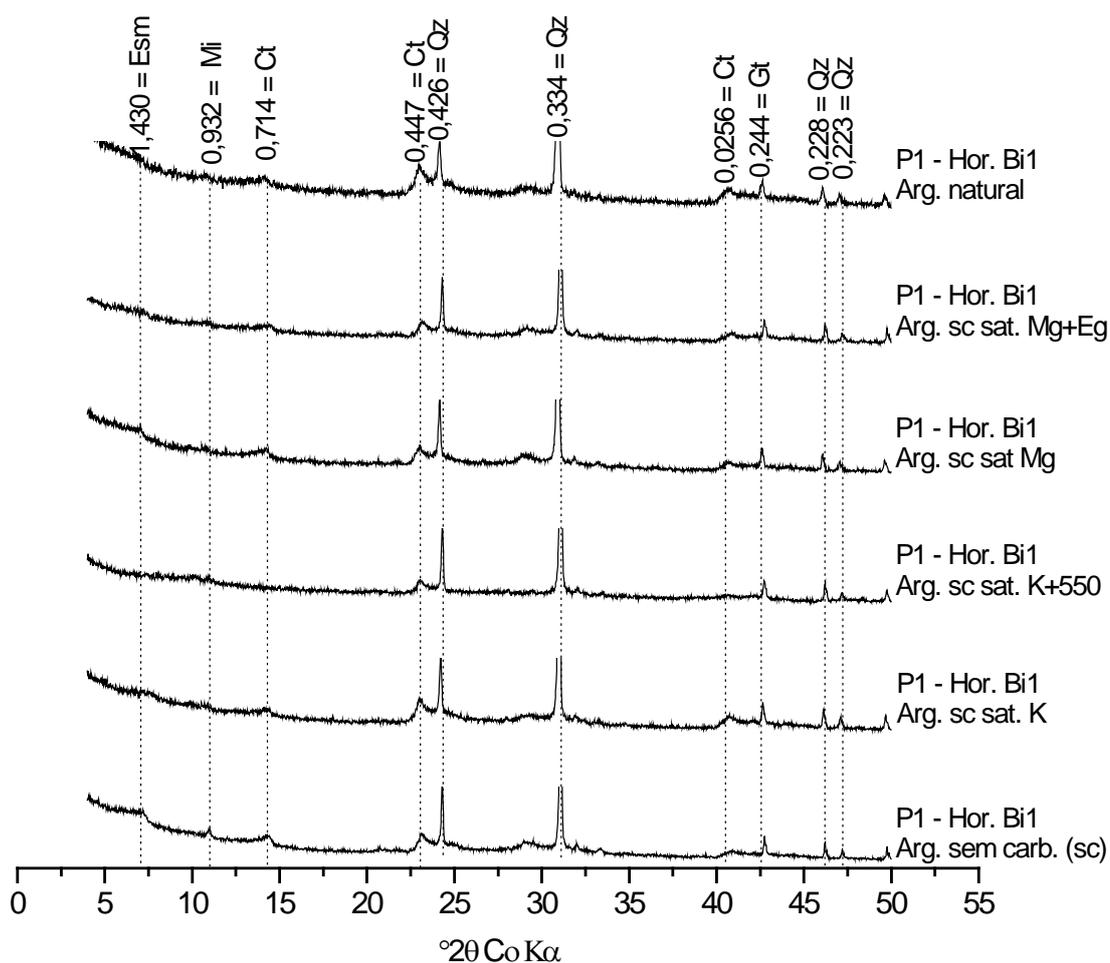


Figura 20. Difratoformas de raios-X da fração argila de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P1) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Gt=goethita).

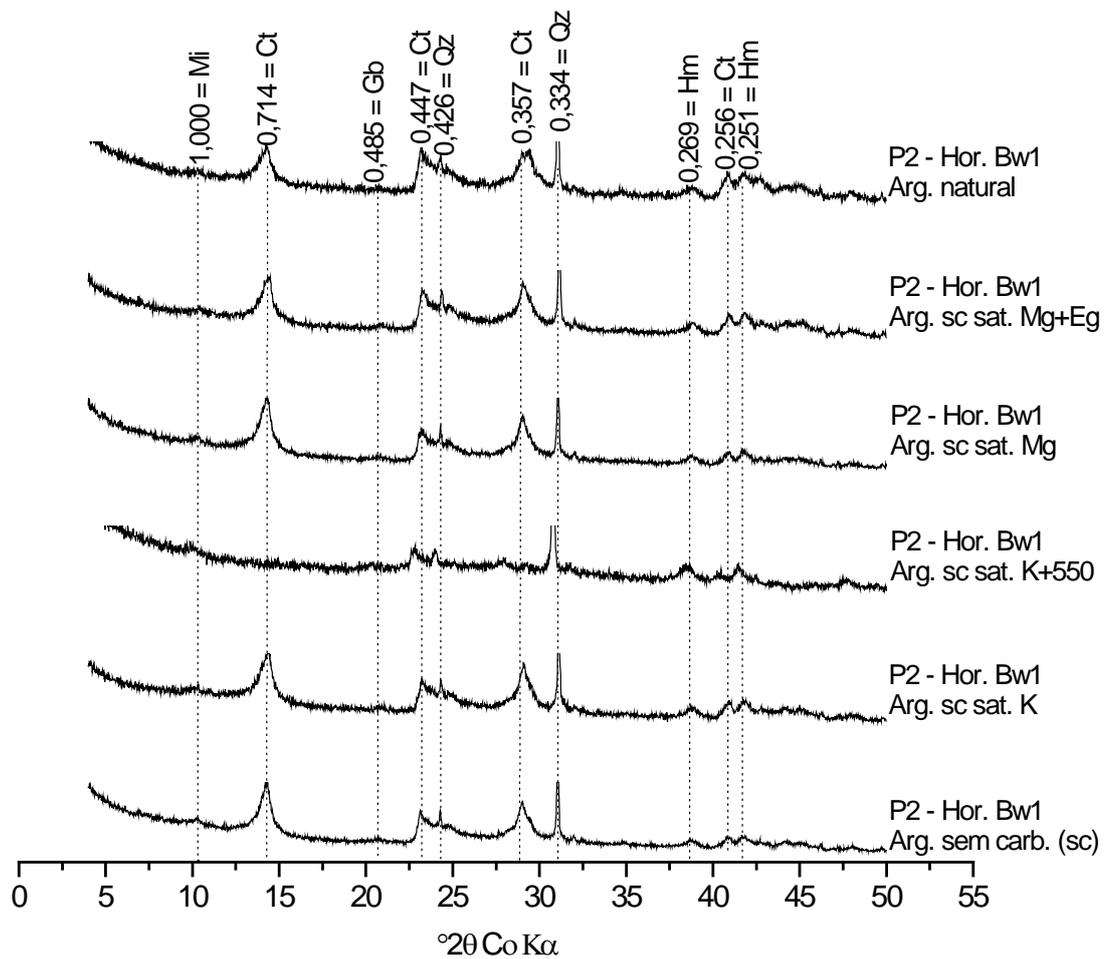


Figura 21. Difratoigramas de raios-X da fração argila de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P2) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Gb=gibbsita, Qz=quartzo, Hm=hematita).

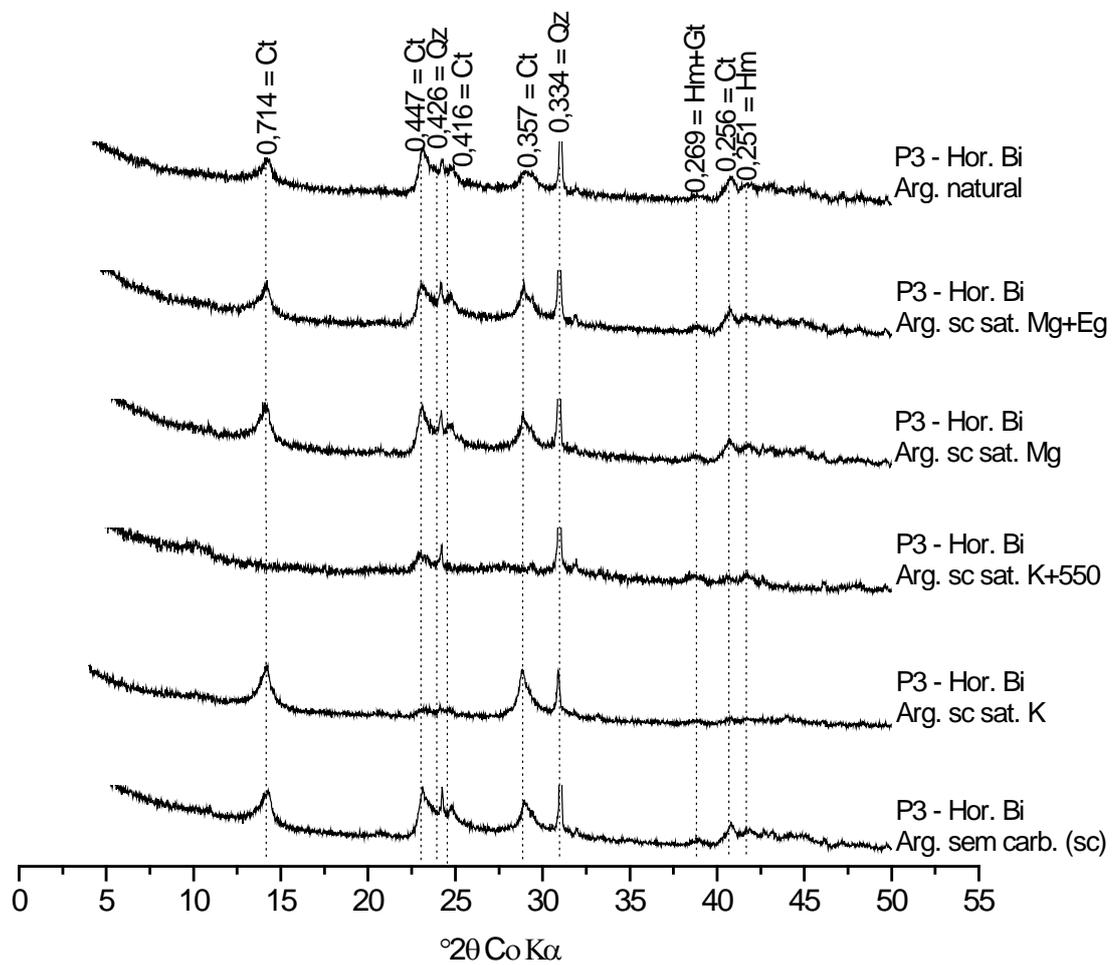


Figura 22. Difratogramas de raios-X da fração argila de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P3) do Platô de Irecê-BA (Ct=caulinite, Qz=quartzo, Gt=goethita, Hm=hematita).

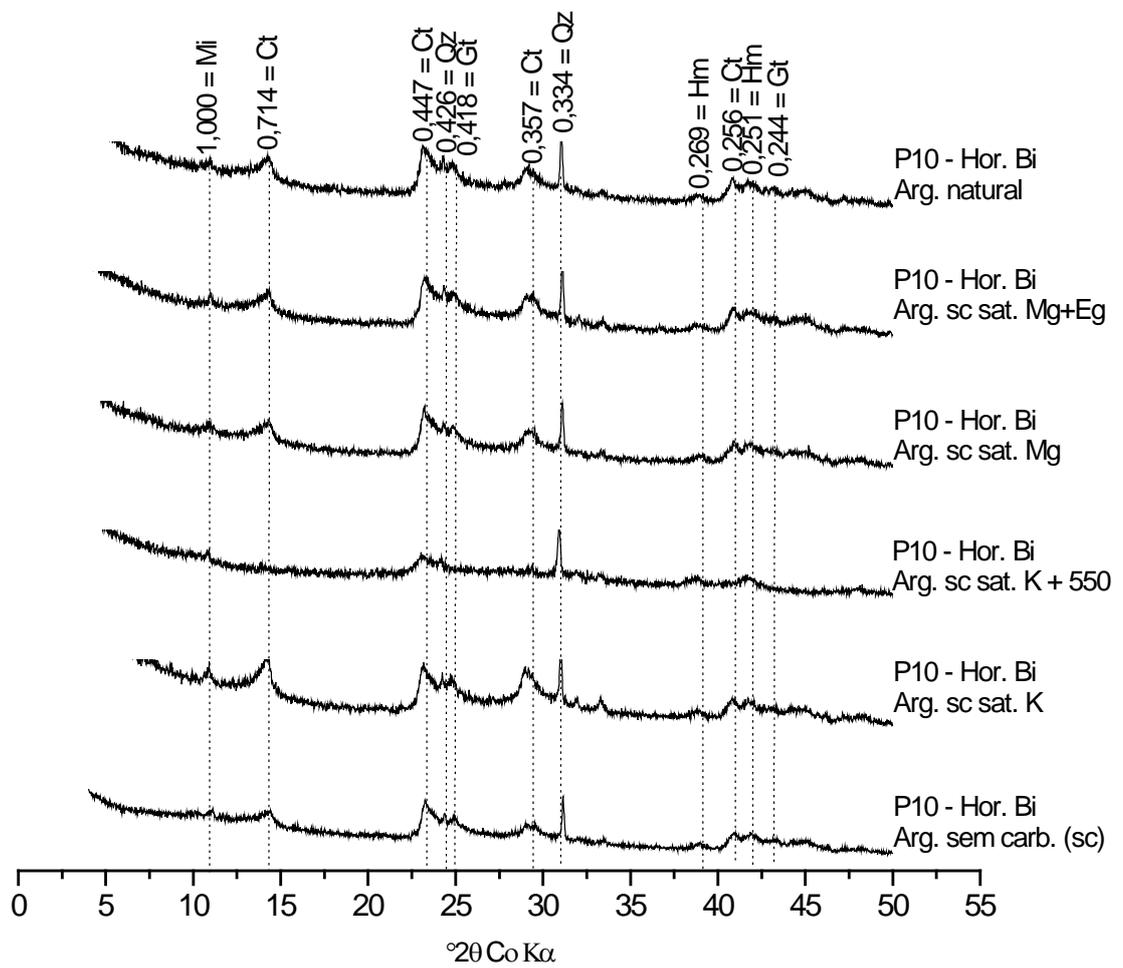


Figura 23. Difrátogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bi de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P10) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Cal=calcita, Hm=hematita, Gt=goethita).

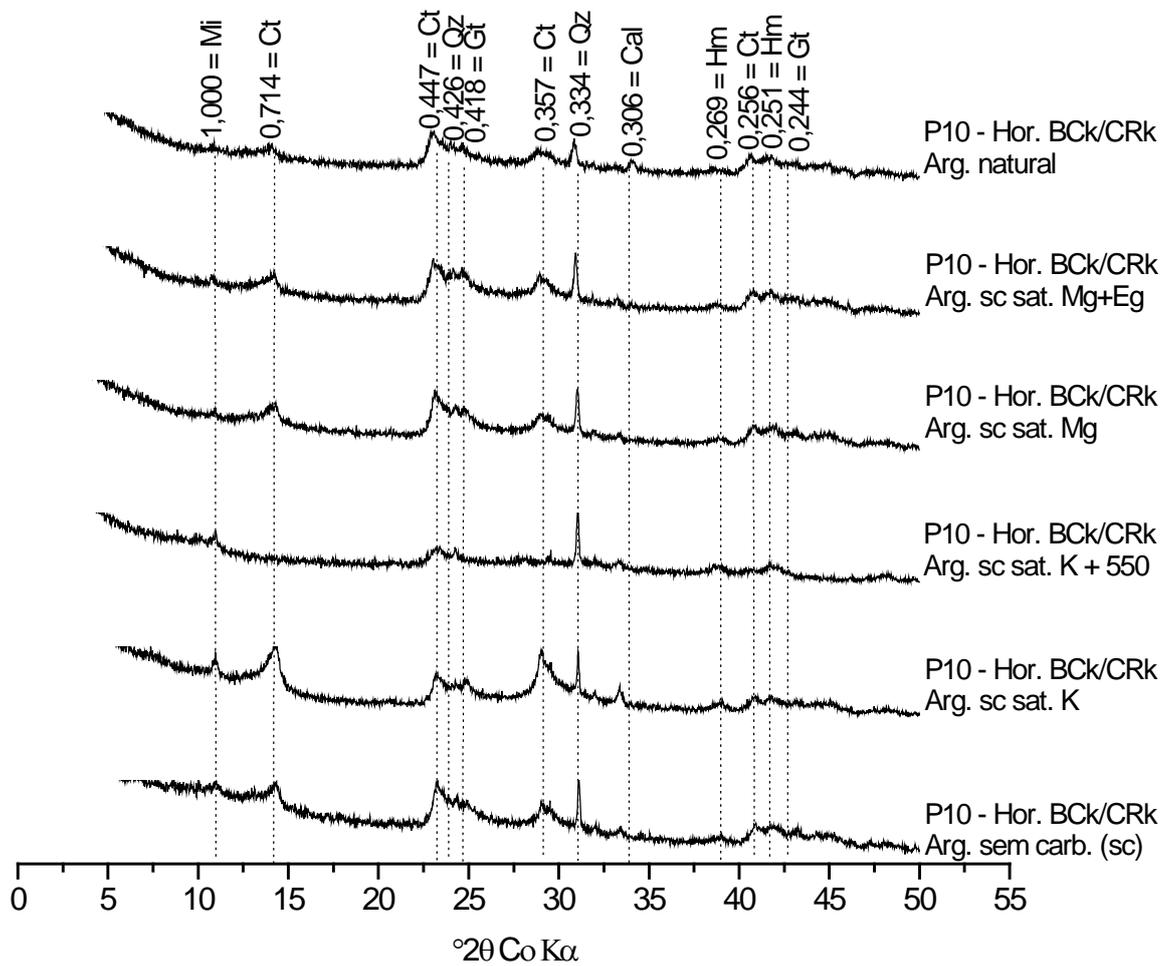


Figura 24. Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bck/CRk de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P10) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Cal=calcita, Hm=hematita, Gt=goethita).

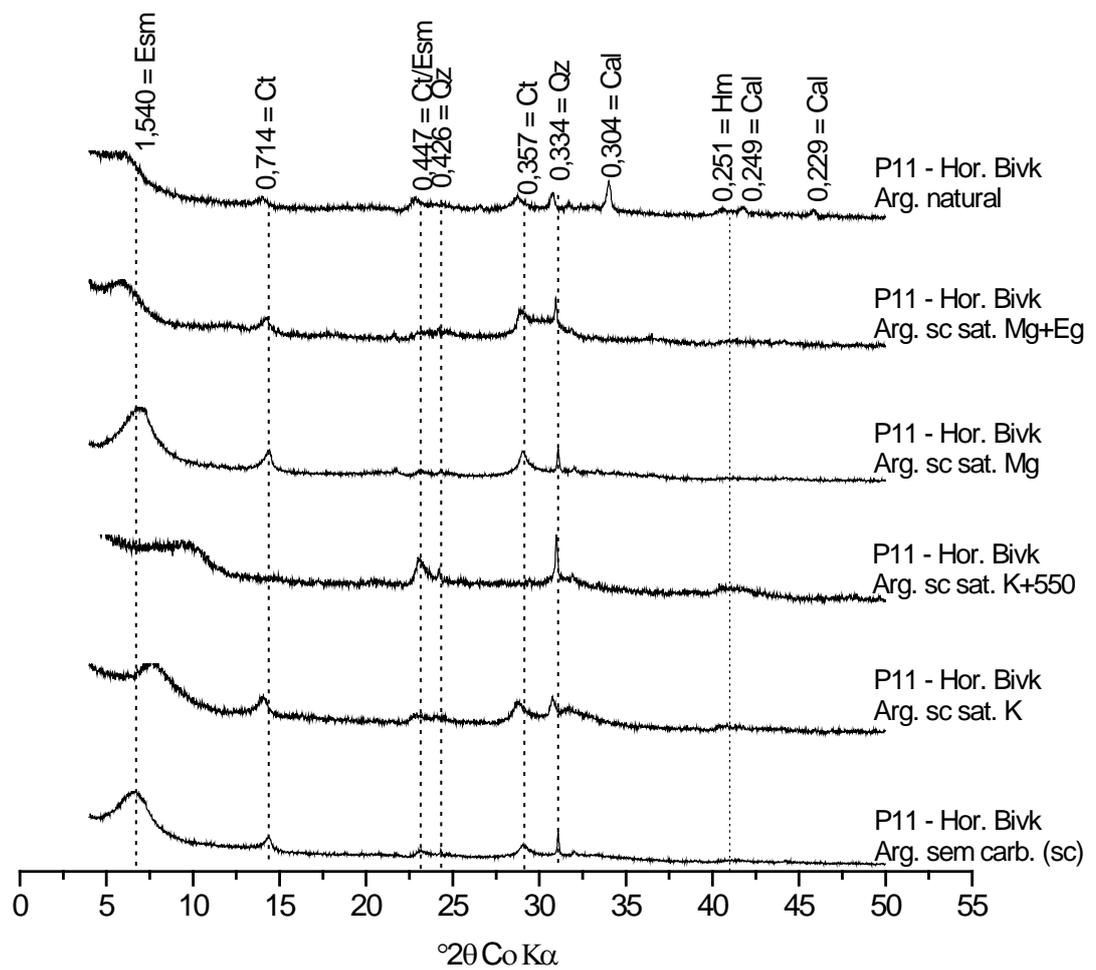


Figura 25. Difratogramas de raios-X da fração argila do horizonte Bivk de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico (P11) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Cal=calcita, Hm=hematita).

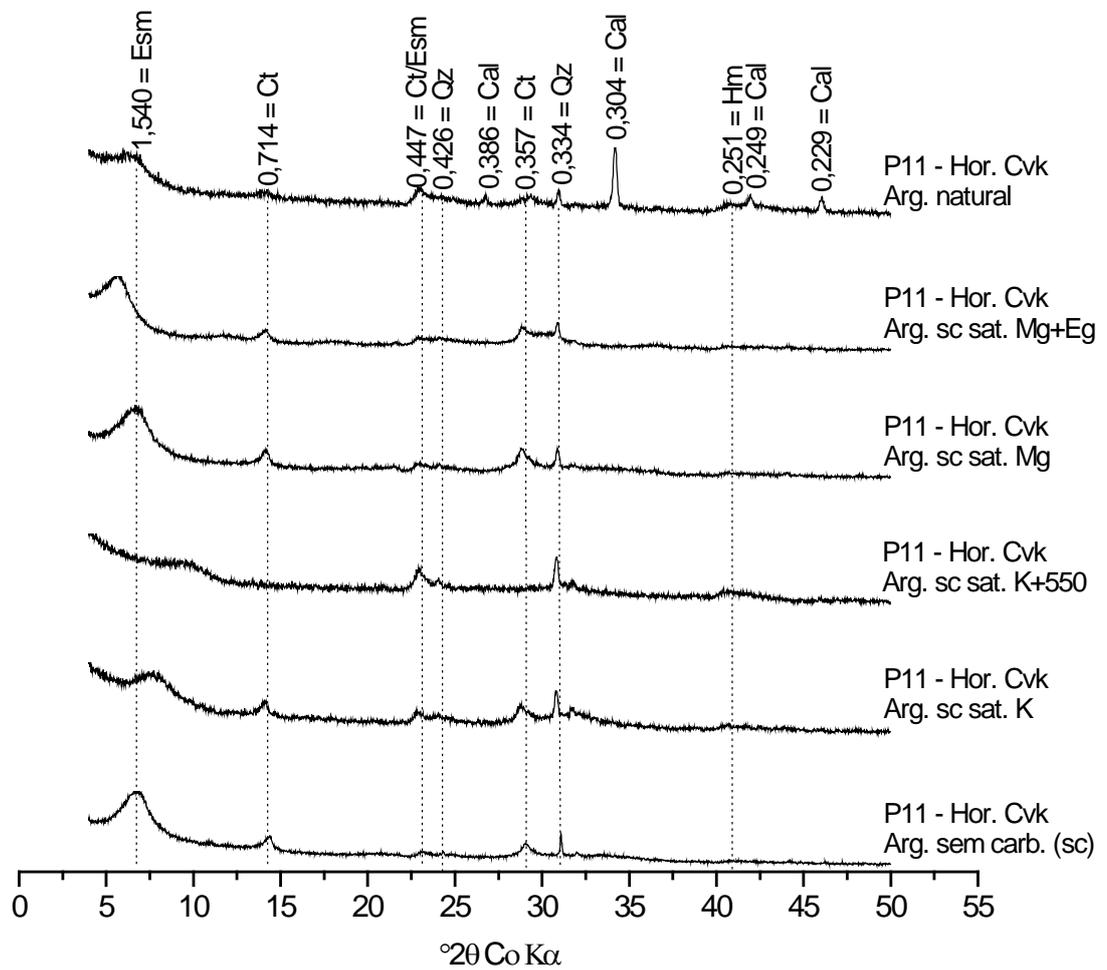


Figura 26. Difratomogramas de raios-X da fração argila do horizonte Cvk de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico (P11) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Cal=calcita, Hm=hematita).

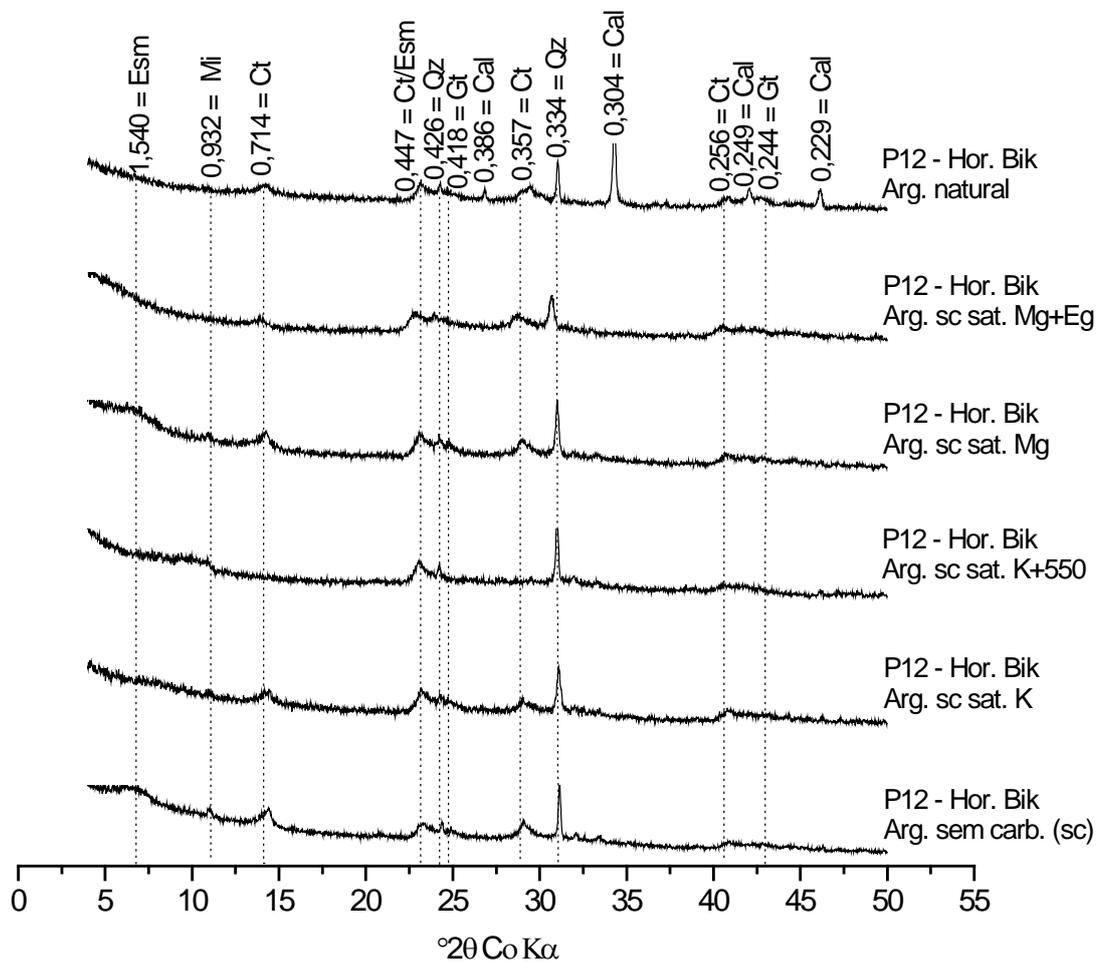


Figura 27. Difratoqramas de raios-X da fração argila do horizonte Bik de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P12) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Gt=goethita, Cal=calcita).

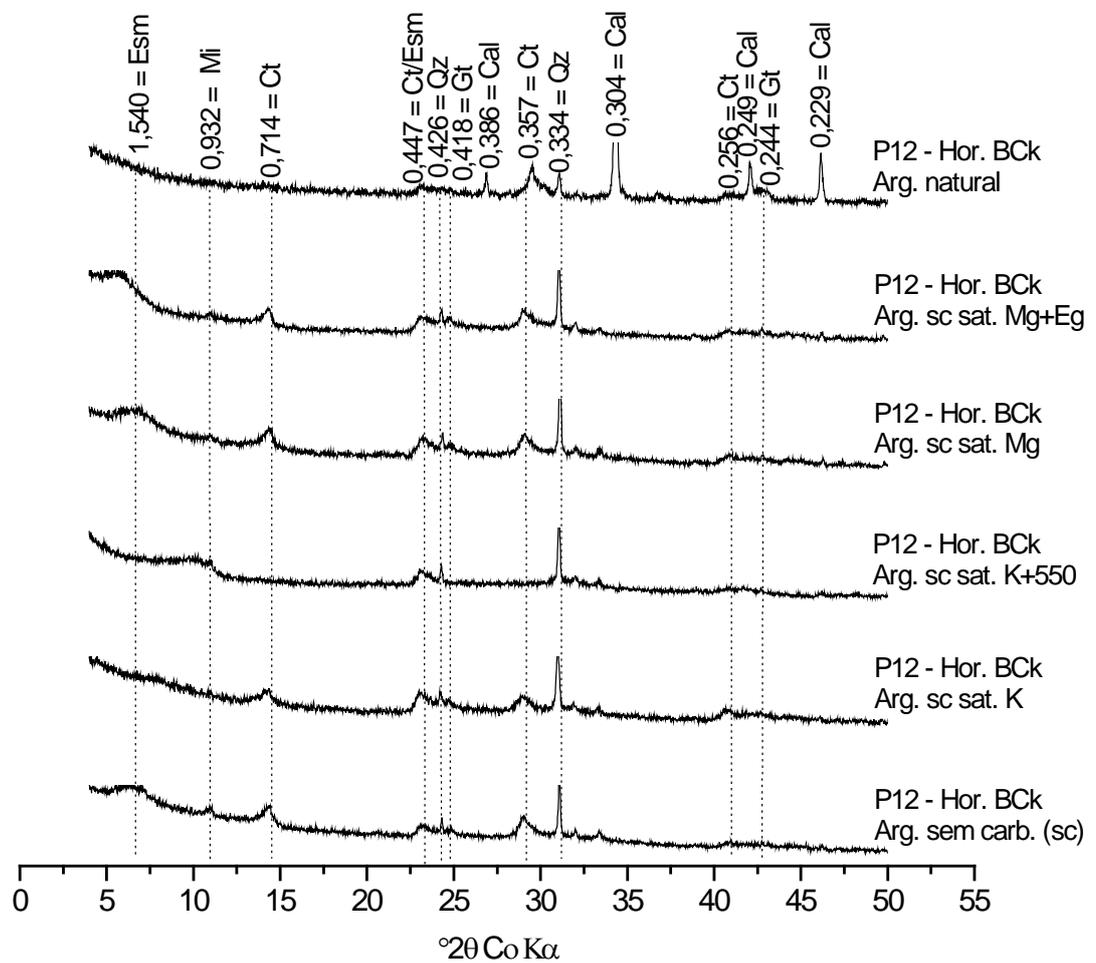


Figura 28. Difratoigramas de raios-X da fração argila do horizonte BCh de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P12) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzito, Gt=goethita, Cal=calcita).

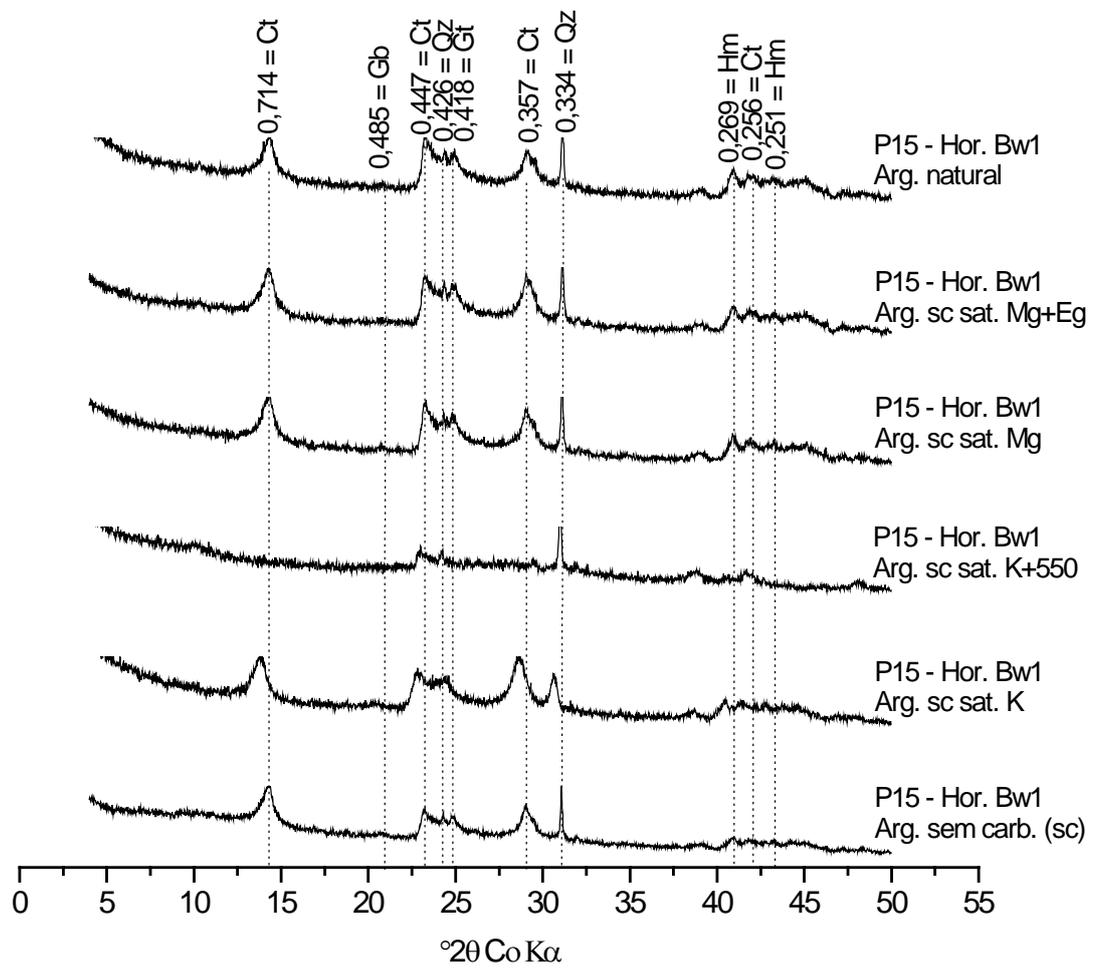


Figura 29. Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bw1 de um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico (P15) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Gb=gibbsita, Gt=goethita, Qz=quartzo, Hm=hematita).

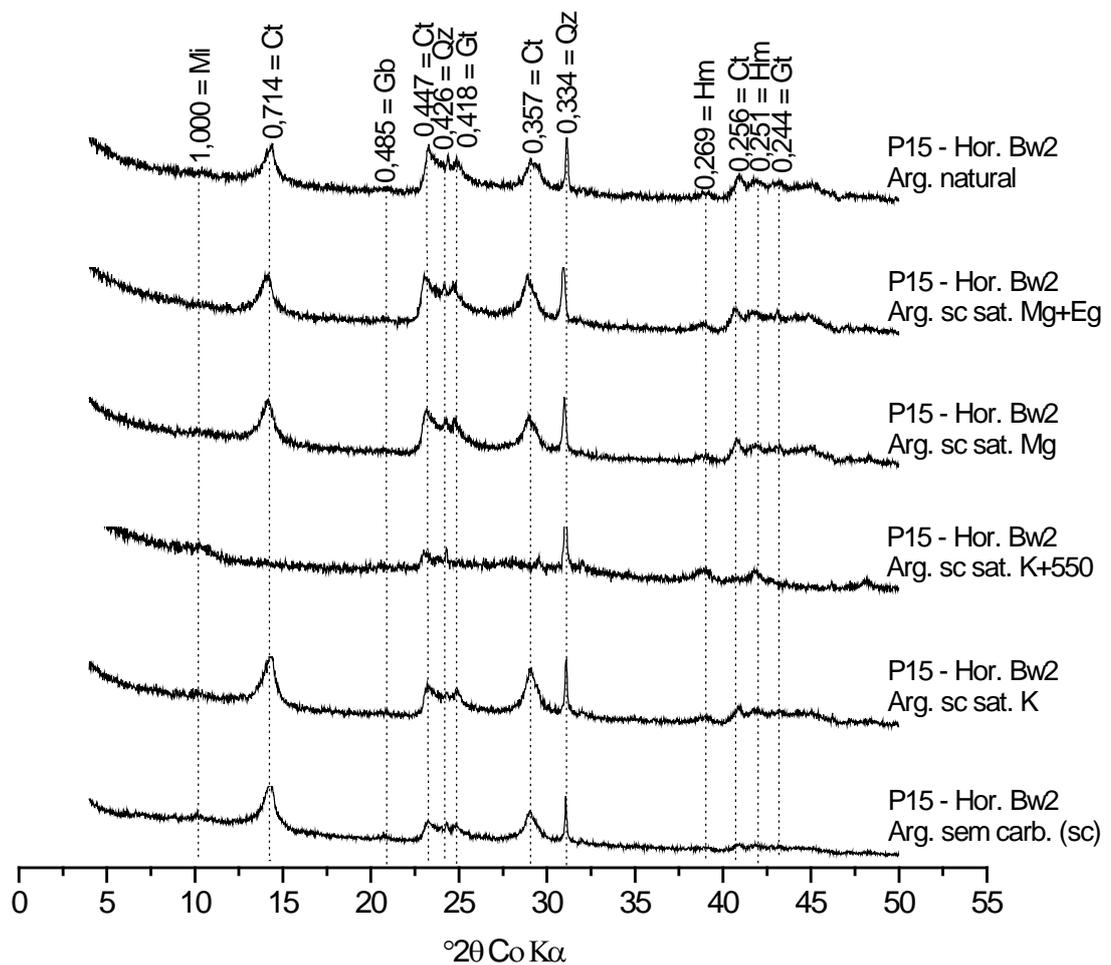


Figura 30. Difratoformas de raios-X da fração argila do horizonte Bw2 de um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico (P15) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Gb=gibbsita, Gt=goethita, Qz=quartzo, Hm=hematita).

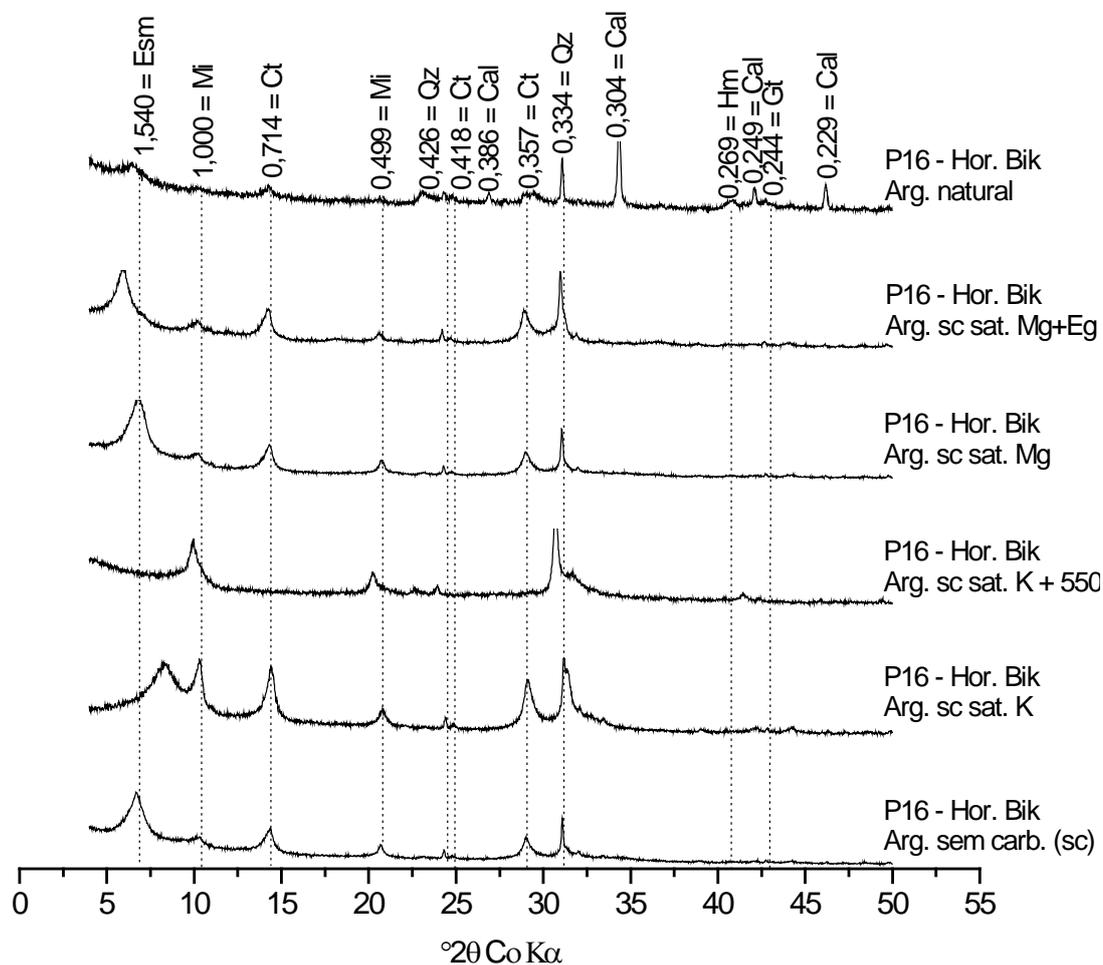


Figura 31. Difratoformas de raios-X da fração argila de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico (P16) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Cal=calcita, Hm=hematita, Gt=goethita).

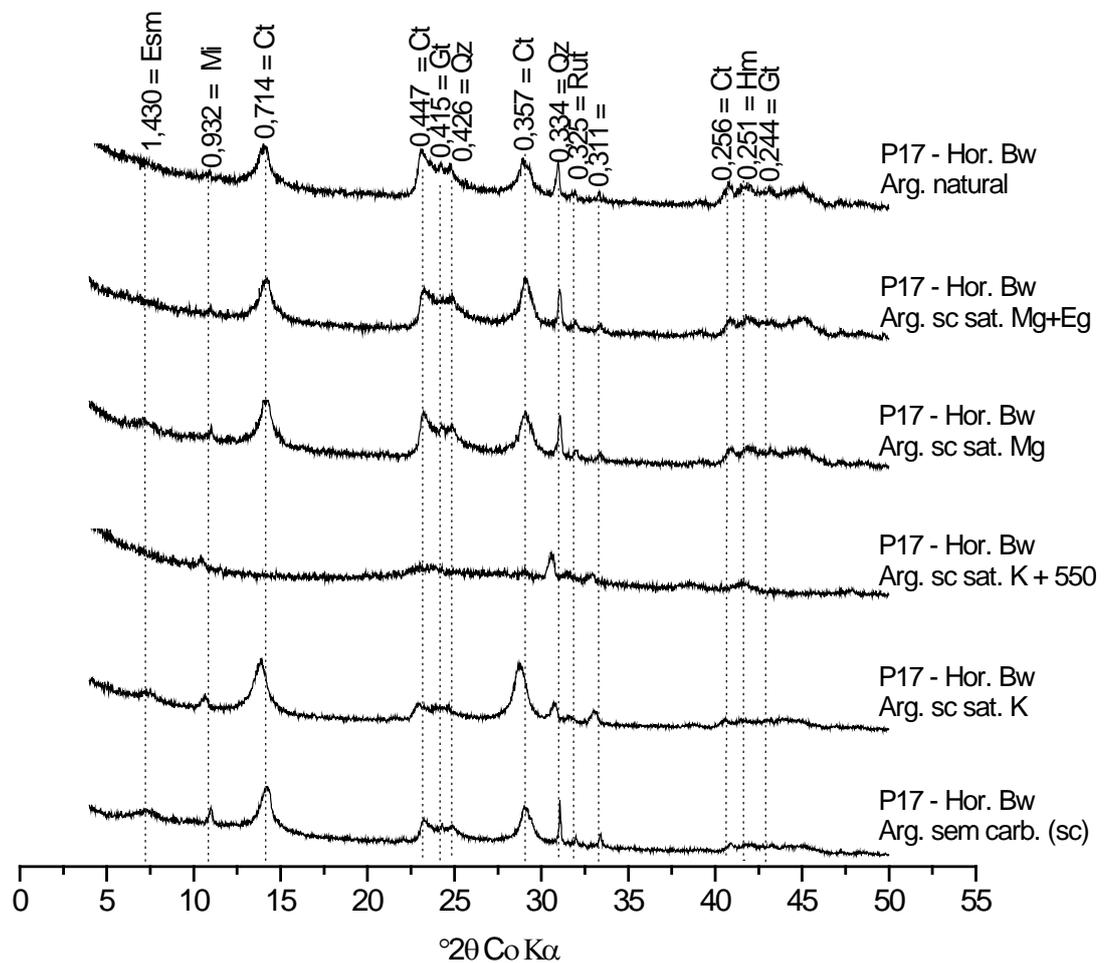


Figura 32. Difratoqramas de raios-X da fração argila de um Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico (P17) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Gt=goethita, Qz=quartzo, Rut=rutilo, Hm=hematita).

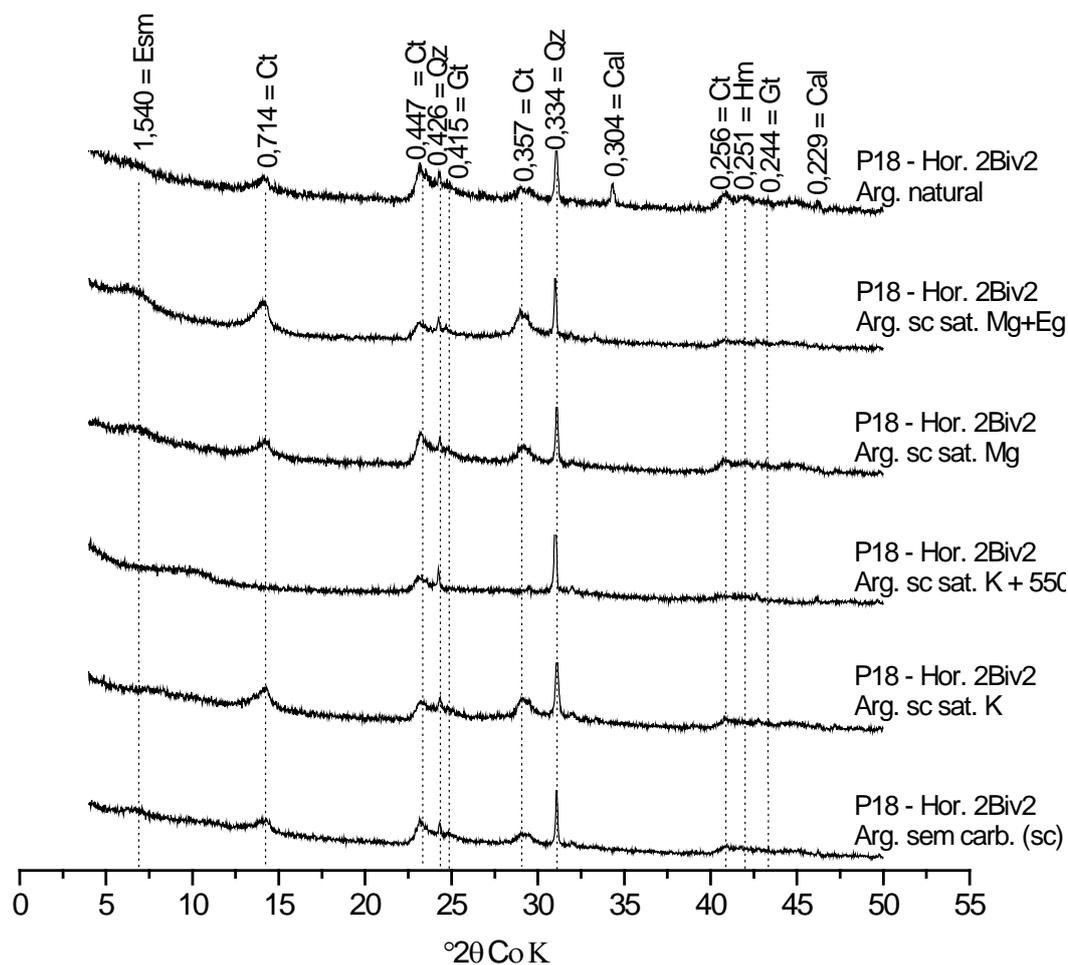


Figura 33. Difratoqramas de raios-X da fração argila de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico vértico (P18) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Gt=goethita, Cal=calcita, Hm=hematita).

4. DISCUSSÃO

A presença do mineral quartzo no Platô de Irecê pode ser devida ao aporte de sedimentos oriundos do Supergrupo Espinhaço, por suspensão e posterior deposição na plataforma carbonática da Formação Salitre (Bomfim et al., 1985), resultando na formação de rochas do tipo calcarenitos e arenitos (Bomfim et al., 1985; Sampaio, 2001), que contribuíram para a presença de quartzo nos solos.

O quartzo foi identificado nas frações areia, silte e argila de todos os horizontes analisados. A presença na fração areia é pela herança do material de origem, enquanto nas demais frações a sua presença está relacionada ao processo de neoformação. De acordo com Besoain (1985) e Allen & Hajek (1999), minerais primários como o quartzo podem ser encontrados na fração argila grossa (2,0 a 0,2 μm) de muitos solos,

especialmente em solos pouco intemperizados, como é o caso dos solos do Platô de Irecê.

A presença de quartzo na fração areia de Cambissolos calcários também foi relatada por Embrapa (1979) e Cunha et al. (2000) no Platô de Irecê, por Souza et al. (1993) no Baixio de Irecê e por Lemos et al. (1997) e Mota et al. (2007) na Chapada do Apodi-RN. Ernesto Sobrinho (1980) observou a presença de quartzo em estudos feitos na mineralogia da fração argila de Cambissolos desenvolvidos de rochas calcárias na Chapada do Apodi-RN.

A ocorrência de dolomita nesses solos está associada a zonas de dolomitização localizadas em pequenos morros. No Platô de Irecê existe uma ampla distribuição de dolomitos por toda a região (Rocha et al., 1979), que pode influenciar na mineralogia de muitos solos. Desse modo, a dolomita observada nos difratogramas de raios-X da fração areia dos solos da topossequência 1 e do P10 da topossequência 2, teve origem direta dos carbonatos que compõem esses ambientes. Não foram observados picos de dolomita na fração silte, material que já foi solubilizado.

A calcita foi observada nas frações areia, silte e argila em todos os solos da topossequência 2 e nos Cambissolos da topossequência 3.

A calcita e a dolomita são os carbonatos mais comuns encontrados em solos (Besoain, 1985) e em rochas sedimentares (Doner & Linn, 1999). Esses minerais são comumente formados em solos como produto da precipitação (Besoain, 1985; Schulze, 1999, Doner & Linn, 1999), favorecidos por ambientes áridos ou semiáridos (Allen & Hajek, 1999, Besoain, 1985; Schulze, 1999), podendo ser constituintes das rochas ou formadas no próprio local de deposição (Allen & Hajek, 1999).

Nas condições de pH neutro, proporcionado pelo intemperismo das rochas calcárias em clima semiárido, Lindsay (1979) afirma que a dolomita e a calcita permanecem no ambiente, sendo essa a razão para a presença desses minerais nos solos calcários do Platô de Irecê.

Os carbonatos de origem pedogênica (secundários) quase sempre são do tamanho da fração silte; já a calcita e a dolomita encontradas na fração areia são herdadas do material de origem (Doner & Linn, 1999).

A calcita presente na fração argila dos solos do Platô de Irecê encontra-se nos horizontes subsuperficiais, corroborando com o exposto por Allen & Hajek (1999), que afirmam que o conteúdo de calcita geralmente aumenta com a profundidade do perfil do solo em regiões áridas, devido à dissolução na parte superior e subsequente precipitação na parte inferior do perfil. Lemos et al. (1997) também registraram a presença de calcita

nas frações areia e silte de Cambissolos calcários da Chapada do Apodi-RN. No plasma de solos calcários do Canadá, Mermut & Arnaud (1981) relatam a presença de pequenos cristais de carbonatos de origem pedogênica.

De acordo com Schulze (1999), em geral as micas presentes na fração argila de solos apresentam baixo grau de cristalinidade, são pobres em potássio e possuem alto conteúdo de água. Segundo Norrish & Pickering (1983), muitas vezes as micas são minerais dominantes em resíduos insolúveis de calcários.

A presença da esmectita é relacionada a regiões de clima temperado. No entanto, esse mineral pode ocorrer em ambientes tropicais com problema de aridez, onde a lixiviação é limitada pela baixa precipitação (Allen & Hajek, 1999), como é o caso do Platô de Irecê.

Os solos do Platô de Irecê passaram por um período pretérito mais úmido, que favoreceu a remoção de sílica do ambiente e contribuiu para a formação da caulinita. De acordo com Allen & Hajek (1999) e Norrish & Pickering (1983), a formação da caulinita é mais relacionada a solos mais intemperizados em regiões úmidas, sob intensa perda de sílica, como em ambientes calcários, de alto pH. Norrish & Pickering (1983) afirmam que em solos mais jovens, desenvolvidos de rochas sedimentares, a caulinita é originada do pré-intemperismo do material de origem.

Em estudos de mineralogia de Cambissolos desenvolvidos de rochas calcárias na Chapada do Apodi-RN foram encontradas mica, caulinita e goethita na fração argila (Ernesto Sobrinho, 1980), mica, caulinita, goethita e anatásio na fração argila (Lemos et al., 1997) e caulinita, illita e anatásio na fração argila e caulinita, muscovita e goethita na fração silte (Mota et al., 2007). Souza et al. (1993) observaram a presença de caulinita, mica e esmectita em Cambissolos calcários do Baixo de Irecê.

Um intemperismo severo pode remover sílica da caulinita presente nos solos e formar gibbsita (Norrish & Pickering, 1983). Possivelmente, por esse motivo, há ocorrência de gibbsita em alguns Latossolos da região.

5. CONCLUSÕES

1. A ocorrência de calcita na fração areia foi condicionada a ambientes com cotas de menor altitude, onde ocorreram aportes de sedimentos calcários, ou em áreas de dolinas, quando a altitude é mais elevada.
2. A presença de caulinita e gibbsita nos solos do Platô de Irecê indica que a região passou por um período pretérito mais úmido, com intensa remoção de sílica.

3. Alguns solos do Platô de Irecê apresentam calcita e dolomita na fração argila, resultantes da precipitação dos carbonatos, favorecida pelas condições geoambientais da região.
4. O quartzo foi o único mineral presente nas três frações de todos os perfis, sendo que nas frações argila e silte sua origem está relacionada à neoformação, enquanto que na fração areia tem origem da rocha matriz.
5. A caulinita é o mineral mais comum na fração argila nos solos avaliados no Platô de Irecê.
6. A presença de minerais primários na fração argila dos solos do Platô de Irecê pode ser uma importante fonte de nutrientes para esses solos.

6. LITERATURA CITADA

ALLEN, B.L.; HAJEK, B.F. Mineral occurrence in soil environmental. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. (eds). Minerals in soil environments. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1999. p.199-278.

BESOAIN, E. Mineralogía de arcillas de suelos. San José, IICA, 1985. 1205p.

BOMFIM, L.F.C.; ROCHA, A.J.D.; PEDREIRA, A.J.; MORAIS FILHO, J.C.; GUIMARÃES, J.T.; TESCH, N.A. Projeto bacia de Irecê – relatório final, texto. Vol I. Salvador: CBPM, 1985. 149p.

CAR - Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. Irecê: Perfil Regional; Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável - PDRS. Salvador: 2002. 61p. (Série Cadernos CAR, 29).

CAVEDON, A. D. Classificação, características morfológicas, físicas e químicas dos principais solos que ocorrem no semiárido brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, Feira de Santana, 1984. Anais... SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. 361p. p. 74-91.

CEI - Centro de Estatística e Informações (BA). Informações básicas dos municípios baianos: Irecê. Salvador: 1994. 453p.

CHEN, P-Y. Table of key lines in x-ray powder diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks. Bloomington: Dep. Nat. Res. Geol. Sur., 1977. 67p.

CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. Plano de desenvolvimento agrícola para o aproveitamento dos recursos de água subterrânea da região do Platô de Irecê/BA. Relatório de revisão e complementação dos estudos pedológicos. Vol. 1, texto. Brasília: 1991. 36p.

CUNHA, T.J.F.; RIBEIRO, L.P.; SANTOS, H.G.; GOMES, I.A.; SANTOS, R.D. Estudo de correlação de solos para fins de classificação nas regiões do Recôncavo Baiano e microrregião de Irecê-Bahia. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2000. 49p. (Boletim de Pesquisa 9).

DONER, H.E.; LINN, W.C. Carbonate, halide, sulfate, and sulfide minerals. In: DIXON, J.B; WEED, S.B. (eds). Minerals in soil environments. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1999. p.279-330.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: 2006. 306p.

EMBRAPA-SNLCS. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco - Estado da Bahia. Recife: 1979. v. 2. (Brasil-SNLCS. Boletim Técnico, 52; Brasil. SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 10).

ERNESTO SOBRINHO, F. Caracterização, gênese e interpretação para uso de solos derivados de calcário da região da Chapada do Apodí, Rio Grande do Norte. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1980. 133p. (Tese de Mestrado).

IBGE. Cidades@. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. Acesso em: 22 mar 2010.

LEMOS, M.S.S.; CURI, N.; MARQUES, J.J.G.S.M.; ERNESTO SOBRINHO, F. Evaluation of characteristics of Cambisols derived from limestone in low tablelands in Northeastern Brazil: Implications for management. Pesq. Agropec. Bras., 32:825-834, 1997.

LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New York: John Wiley & Sons, 1979. 449p.

MERMUT, A.R.; ARNAULD, R.J.ST. A micromorphological study of calcareous soil horizons in Saskatchewan soils. *Can. J. Soil Sci.*, 61:243-260, 1981.

MINCRYST - Mineral Crystal Structure Database. Crystallographic and Crystallochemical Database for Minerals and their Structural Analogues. Disponível em: < <http://database.iem.ac.ru/mincryst/search.php?select=Name> >. Acesso em: 08 dez. 2009.

MISI, A. O Grupo Bambuí no Estado da Bahia. In: INDA, H.A.V. (Ed.). *Geologia e recursos minerais do estado da Bahia - textos básicos*. Salvador: SME/CPM, 1979. v. 1. p.120-154.

MORAES FILHO, O.; SANTANA, A.C.; PEREIRA, L.H.M.; BRUNI, D.C.; SILVA, P.E.L. Projeto Morro do Gomes – relatório final de pesquisa. Salvador: CPRM, 1978. 148p.

MOTA, J.C.A.; ASSIS JÚNIOR, R.N.; AMARO FILHO, J.; ROMERO, R.E.; MOTA, F.O.B.; LIBARDI, P.L. Atributos mineralógicos de três solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi : RN. *R. Bras. Ci. Solo*, 31: 445-454, 2007.

NORRISH, K.; PICKERING, J.G. Clay minerals. In: CSIRO, Division of Soils. *Soils: an Australian viewpoint*. Melbourne: Academic Press, 1983. p.281-308.

PEDREIRA, A.J.; ROCHA, A.J.D.; GUIMARÃES, J.T.; BOMFIM, L.F.C; MORAIS FILHO, J.C.; MOTTA, A.C. Projeto Bacia de Irecê – relatório da etapa I. Salvador: CPRM, 1985. 93p.

PERRAUD, A.J.; SOBRINHO, N.A.L.; RICHE, G.R.; AGUIAR, A.C. Levantamento semi-detalhado de solos, escala 1:100.000, folha de Irecê. Salvador: Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia, 1981. s.p.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. *Pedologia e fertilidade do solo – interações e aplicações*. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p.

ROCHA, A.J.D.; MOTTA, A.C.; BRUNI, D.C. Prospecto Central – Irecê – Lapão. Salvador: CPRM, 1979. sp.

SAMPAIO, A. R. Geologia. In: SAMPAIO, A. R. SANTOS, R.A .; ROCHA, A.J.D. (orgs.) Programa Levantamentos Geológicos do Brasil-PLGB. Jacobina- Folha SC.24-Y-C, Estado da Bahia. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. p.7-44.

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. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2005. 92p.

SCHULZE, D.G. An introduction to soil mineralogy. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. (eds). Minerals in soil environments. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1999. p.1-34.

SEPLANTEC, Secretária de Ciência e Tecnologia. Programa de desenvolvimento integrado da MRP-12 – Irecê. Resumo do diagnóstico, estratégia, programação indicativa. Salvador: 1974 (s.p.).

SILVA, F. B. R.; RICÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C.; BRITO, L.T.L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, A.B.; ARAÚJO FILHO, A.C.; LEITE, A.P. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/Recife: EMBRAPA/CNPS. Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v.

SOUZA, E.A.; RIBEIRO, M.R.; FERREIRA, M.G.V.X. Caracterização e gênese de solos do baixio de Irecê (BA). R. Bras. Ci. Solo, 17:89-97, 1993.

USEPA. Method 3051A - Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Disponível em: <http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3051a.pdf>. Acesso em: nov. 2009.

WHITTING, L.D. X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition. In: BLACK, C.A. (Ed.). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.671-698. (Agronomy Series, 9).

CAPÍTULO III

OCORRÊNCIA NATURAL DE PLUMBOGUMITA E FOSFOFERRITA EM SOLOS DESENVOLVIDOS SOBRE UMA ANOMALIA GEOQUÍMICA NO PLATÔ DE IRECÊ, BA

RESUMO: A região de Irecê está localizada no centro norte do Estado da Bahia e possui características climáticas de semiaridez. O Platô de Irecê, com altitude que varia de 500 a 800 m, apresenta, em áreas concentradas, um complexo formado por rochas carbonáticas e fosfáticas e mineralizações sulfetadas de Fe, Zn e Pb na forma de diversos gossans que foram originados por hidrotermalismo. A proximidade da ocorrência de fosfatos com metais pode levar à formação de minerais de ocorrência pouco comum em solos, como a plumbogumita e a fosfoferrita. O objetivo do presente estudo foi avaliar a mineralogia das frações areia, silte e argila de uma sequência de solos desenvolvidos ao longo de um gossan no Platô de Irecê-BA, que apresenta condições ambientais compatíveis com a presença de fosfatos de chumbo e minerais associados. Os resultados indicam que a associação de rochas fosfáticas com mineralizações sulfetadas do gossan foi determinante para a presença de plumbogumita e fosfoferrita nos solos do Platô de Irecê. Apesar das condições semiáridas atuais, os solos desenvolvidos de gossans no Platô de Irecê têm elevado grau de intemperismo, indicado pela presença da plumbogumita. A detecção pioneira de fosfoferrita em solos brasileiros, em condições semiáridas, indica que este mineral formado por hidrotermalismo, pode se manter estável no ambiente pedogenético. Não houve necessidade de tratamento das três frações dos solos para concentração no resíduo e detecção por difratometria de raios-X.

PALAVRAS-CHAVE: mineralizações sulfetadas, rochas fosfáticas, gossan.

**PLUMBOGUMMITE AND PHOSPHOFERRITE NATURAL OCCURENCE IN
SOILS DEVELOPED ON A GEOCHEMICAL ANOMALY IN IRECÊ
PLATEAU, BAHIA**

ABSTRACT: The Irecê region is located in North center of Bahia under semi-arid climate characteristics and has an altitude ranging 500 to 800 m. In concentrated areas there is a complex formatted by carbonate and phosphate rocks and Fe, Zn and Pb sulphide mineralizations in many gossans forms that were originated by hydrothermalism. The proximity of occurrence of phosphates with metals can lead to unusual mineral formations in soils, such as plumbogummite and phosphoferrit. This study aimed to evaluate a developed soils sequence of sand, silt and clay fractions along a gossan in the Irecê Plateau that presents compatible environmental conditions to the lead phosphate and associated minerals presence. The results indicate that phosphate rock association occurred with gossan veins of sulfide was determinant to the plumbogummite and phosphoferrite in the Irecê soils. Despite to the actual semi-arid conditions, the developed gossan soils in Irecê Plateau have a weathering high level, indicated by the plumbogummite presence. The pioneer phosphoferrite detection in Brazilian solis under semi-arid conditions indicates that this mineral, formed by hydrothermalism, can remain stable in pedogenic environment. There was no need for treating the three soil fractions to residual concentration and detection by X-ray diffraction.

KEY WORDS: sulfide mineralization, phosphate rocks, gossan.

1. INTRODUÇÃO

A região de Irecê está localizada no centro norte do Estado da Bahia e possui características climáticas de semiaridez. A região está representada geologicamente pela bacia calcária de Irecê, composta pela Formação Salitre, pertencente ao do Grupo Una (Misi, 1979; Bomfim et al., 1985).

O Platô de Irecê, principal unidade geoambiental da região, possui mineralizações de fosfatos que estão concentradas em estruturas biogênicas denominadas estromatólitos colunares, próximas a depósitos de sulfetos de Fe, Zn e Pb

e que possuem uma relação com diversos gossans que ocorrem na região (Bomfim et al., 1985). A proximidade da ocorrência de fosfatos com metais pode levar à formação de minerais secundários de ocorrência pouco comum em solos, como o grupo da plumbogumita, que apresenta uma grande estabilidade no meio ambiente, assim como outros minerais fosfatados, como a fosfoferrita.

De acordo com Bain (1970), os minerais que pertencem a esse grupo são fosfatos aluminosos hidratados, com fórmula básica $XAl_3(PO_4)_2(OH)_5 \cdot H_2O$, onde X pode ser ocupado por Pb (plumbogumita), Sr (goyazita), Ca (crandalita), Ba (gorceixita) e Ce ou outros elementos terras raras (florencita).

Esse mineral foi identificado pela primeira vez em rochas por Romé de Lisle em 1779 (Hartley, 1900) e em solos por Norrish em 1957 (Norrish & Rosser, 1983). Hartley (1900) registrou a presença da plumbogumita em áreas de mineração de Pb, formando uma fina crosta sobre veios de quartzo ou misturada com esse mineral, não sendo possível separá-los mecanicamente. Outros autores, como Förtsch (1968) e Bain (1970), também identificaram minerais desse grupo em rochas. Para identificação do mineral, Bain (1970) triturou amostras de rochas e as partículas da fração argila foram tratadas com ácido fluorídrico para concentração dos minerais no resíduo, com posterior identificação por difratometria de raios-X.

No Brasil, Oliveira & Imbernon (1998) e Ferrari et al. (2007) encontraram minerais do grupo da plumbogumita em rochas alteradas do complexo carbonato-apatita de Catalão, em Goiás.

Ainda que rara, a plumbogumita pode ocorrer em solos, mas sempre em pequenas quantidades. Alguns dos minerais do grupo da plumbogumita são muito resistentes ao intemperismo, podendo ser encontrados em certos solos altamente intemperizados (Norrish & Rosser, 1983). Por essa razão, os fosfatos tem sido utilizados para estabilização de metais pesados em cinzas de resíduos sólidos urbanos (Crannell et al., 2000) e em solos (Pierangeli et al., 2004; Kede et al., 2008).

Sarma & Krishna Murti (1969/1970) identificaram minerais do grupo da plumbogumita em solos da Índia, Campbell et al. (1972) e Adams et al. (1973) registraram a presença desse mineral em solos altamente intemperizados da Nova Zelândia. Para a detecção da plumbogumita por difração de raios-X, esses autores trataram os solos com ácido fluorídrico para concentração dos minerais no resíduo.

Campbell et al. (1972) observaram que a intensidade e os espaços dos picos de raios-X nos resíduos dos solos diminuíram com o aumento da idade dos solos e com a diminuição do tamanho das partículas, sugerindo que esses picos não estão associados

com o produto final do intemperismo, mas com algumas espécies que foram reduzidas com o avanço do intemperismo.

A fosfoferrita é um mineral ainda mais raro e poucas vezes relatado na literatura (Mattievichi & Danon, 1977). Possui fórmula química $(\text{Fe,Mn})_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (MINCRYST, 2009) e sua origem está relacionada a processos de alterações hidrotermais (Moore, 1971; Lottermoser & Lu, 1997). Existem poucos registros na literatura sobre esse mineral, e nenhum deles relata sua presença no solo.

O presente estudo teve como objetivos avaliar a mineralogia das frações areia, silte e argila de uma sequência de solos desenvolvidos ao longo de um gossan no Platô de Irecê-BA, que apresenta condições ambientais compatíveis com a presença de fosfatos de chumbo e minerais associados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Município de Lapão, localizado na unidade geoambiental Platô de Irecê-BA, que possui tipo climático de semiárido, com temperatura média anual de 21,3 °C e pluviosidade anual variando de 400 a 800 mm (CEI, 1994). Uma sequência de solos desenvolvidos a partir de um gossan identificado com base no mapa da amostragem geoquímica para prospecção de metais e fosfatos (Bahia, 1997) foi selecionada para os estudos. A região de estudo localizava-se nas proximidades do povoado de Tanquinho, com altitude média de 740 m, e coordenadas UTM de referência de 187935 e 8736346, zona 24S.

Os perfis dos solos estão alinhados no sentido leste-oeste e foram descritos em campo segundo Santos et al. (2005) e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), conforme descrição a seguir:

1. P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico, horizontes Bi2 (30-50 cm) e Bw2 (80-110 cm+);
2. P5 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico, horizontes Ap (0-5 cm), Bic (20-60 cm) e Bw (60-120 cm);
3. P6 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico, horizontes Ap (0-10 cm), Bwc (45-100 cm), BCc (100-150 cm) e Cc (150-190 cm+); e
4. P7 - Cambissolo Háptico Ta eutrófico latossólico, horizontes Bw1 (15-35 cm) e BCc (90-140 cm+).

Amostras de cada um dos horizontes dos solos descritos foram coletadas, secas ao ar e passadas em peneira com abertura de malha de 2,00 mm, constituindo-se em TFSA.

Para a separação das frações areia, silte e argila, subamostras de 20 g de TFSA foram colocadas em garrafas plásticas de 500 ml, com adição de 100 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹, que foram agitadas em agitador do tipo Wagner, com 50 rotações por minuto durante 16 horas. Após esse período, as amostras foram passadas em peneira com abertura de malha de 0,053 mm para separação da fração areia. As frações silte e argila foram separadas com base no princípio da lei de Stokes.

A fração argila foi tratada com KCl 1,0 mol L⁻¹, KCl 1,0 mol L⁻¹ + aquecimento a 550°C, MgCl₂ 0,5 mol L⁻¹ e MgCl₂ 0,5 mol L⁻¹ + etilenoglicol para identificação dos minerais do tipo 2:1 (Whitting, 1965). Em outra parte da argila, removeram-se carbonatos com ácido acético a 5 %.

As frações argila (natural, sem carbonatos e tratadas para identificação dos minerais do tipo 2:1) e silte foram orientadas em lâminas de vidro para identificação por difratometria de raios-X.

A quantidade de difratogramas gerados pelos tratamentos da fração argila foi muito elevada; por essa razão, serão apresentados apenas os difratogramas das argilas naturais e sem carbonatos.

Amostras da fração areia foram colocadas em lâminas de vidro escavada, sem orientação.

Os minerais foram analisados por difratometria de raios-X em equipamento PANalytical X'Pert pro, utilizando-se radiação CoK α , com ângulo de varredura de 4 a 50 °2 θ . Os minerais foram identificados conforme Chen (1977) e nas informações encontradas no site do IEM (*Institute of Experimental Mineralogy*) da *Russian Academy of Sciences* (MINCRYST, 2009).

Algumas amostras de solos e da fração silte foram impregnadas com uma mistura de resina poliéster (POLYLITE T- 208) e estireno, com adição de catalisador. As amostras foram ultrapolidas com disco de nylon (Bullock et al., 1985) até a espessura de 1 μ m, necessária para a análise em MEV/EDS. As lâminas foram recobertas com filme de carbono em ambiente de vácuo e analisadas em microscópio eletrônico de varredura – MEV/EDS (Energy Dispersive Scanning Electron Microscope), marca Oxford Instruments, modelo LEO 430. As análises microquímicas foram adquiridas a uma distância de trabalho de 19 mm, com tensão de aceleração de 20 kV.

3. RESULTADOS

3.1. Mineralogia da fração areia

Todos os solos dessa sequência foram desenvolvidos a partir de um complexo formado por rochas carbonáticas e fosfáticas e por mineralizações sulfetadas na forma de gossan. O perfil P4 (Figura 1) apresenta mineralogia com predominância de quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228; 0,223 nm) e com resíduos de dolomita (0,369 nm). O perfil P5 (Figura 2) possui mineralogia semelhante à do perfil P4, exceto no horizonte Bw, onde há presença de resíduos de calcita (0,249 nm) e caulinita (0,234 nm). Observa-se no perfil P6 (Figura 3) uma maior participação de dolomita (0,369; 0,267; 0,254 nm) e calcita (0,249 nm) na fração areia, demonstrada pelo aumento da intensidade dos picos desses minerais. A mineralogia do perfil P7 (Figura 4) é herdada de material do gossan, sendo formada por quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228; 0,223 nm), com resíduos de dolomita (0,369 nm) e picos de menor intensidade de plumbogumita (0,279 nm) e fosfoferrita (0,276; 0,269 nm).

Nessa sequência de solos, a diferença mineralógica está diretamente influenciada pela diversidade de rochas e minerais, uma vez que se trata de um ambiente com pouca diferenciação topográfica.

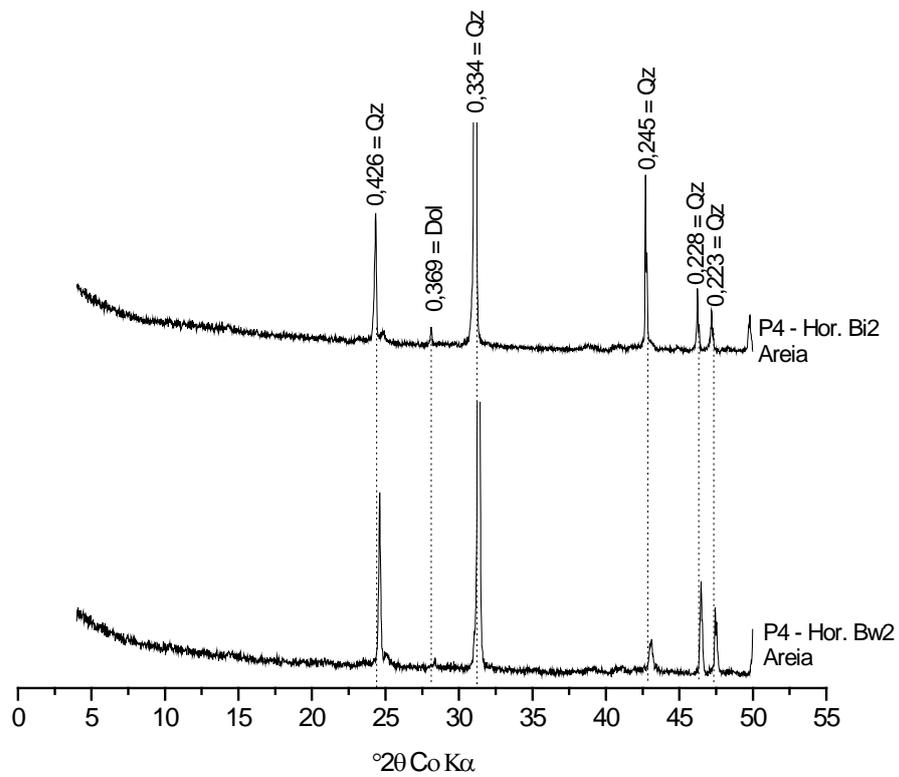


Figura 1. Difratogramas de raios-X da fração areia de um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico (P4) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Dol=dolomita).

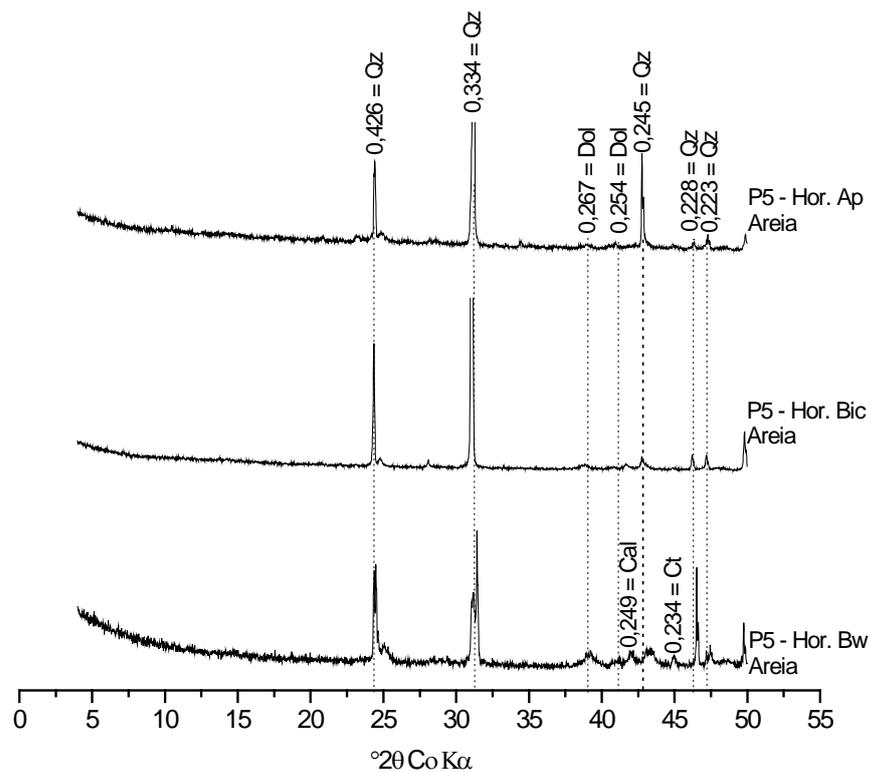


Figura 2. Difratogramas de raios-X da fração areia de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P5) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Dol=dolomita, Cal=calcita, Ct=caulinita).

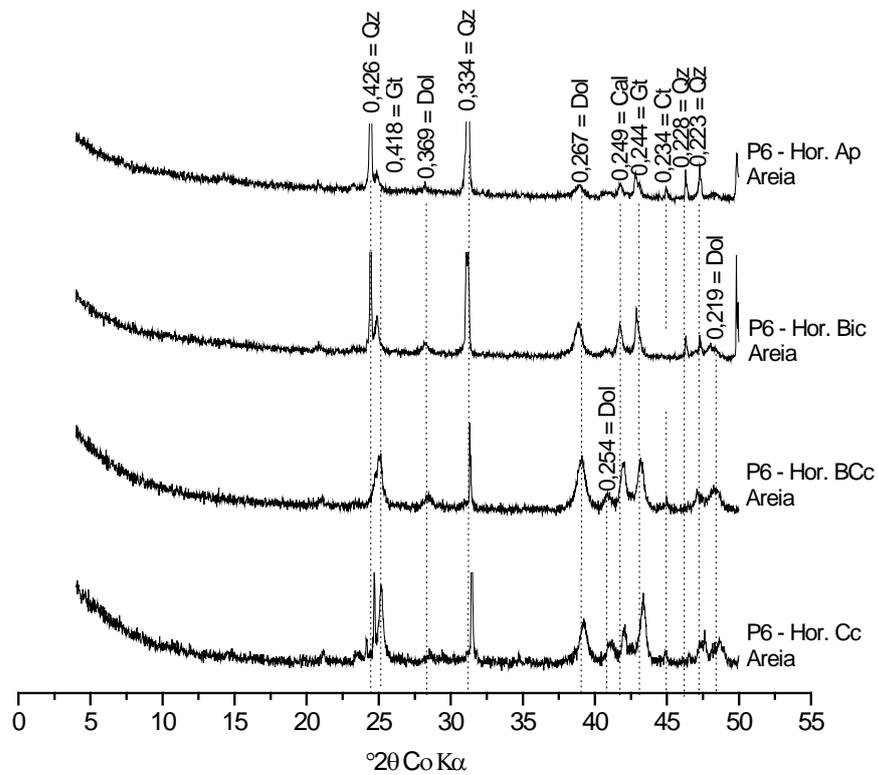


Figura 3. Difratogramas de raios-X da fração areia de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Gt=goethita, Dol=dolomita, Cal=calcita, Ct=caulinita).

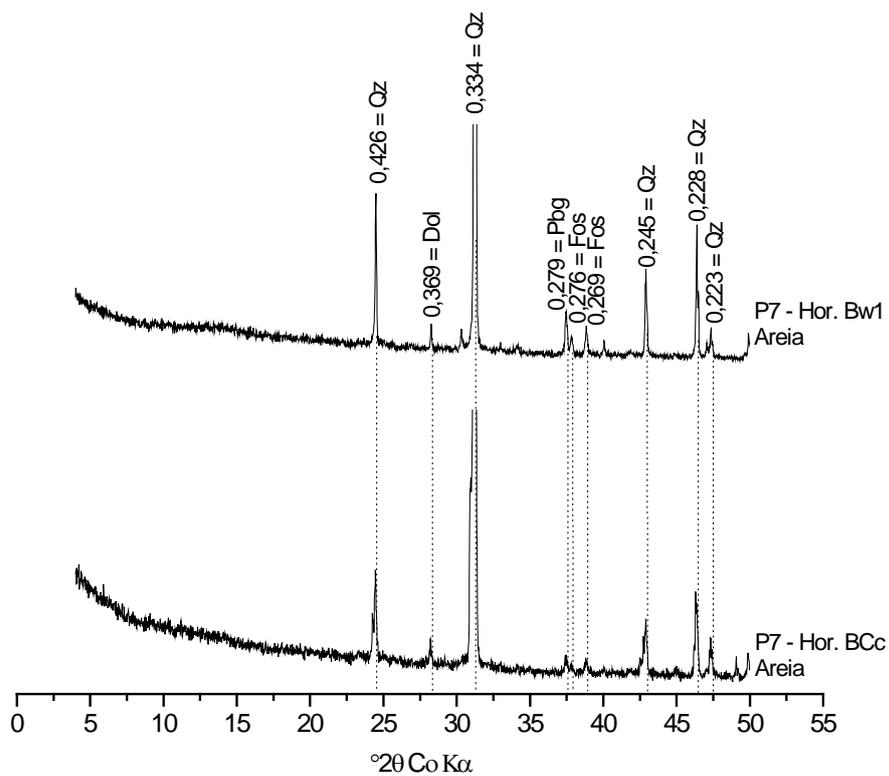


Figura 4. Difratogramas de raios-X da fração areia de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Dol=dolomita, Pbg=plumbogumita, Fos=fosfoferrita).

3.2. Mineralogia da fração silte

O perfil P4 (Figura 5) possui quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228; 0,223 nm) e caulinita (0,714; 0,447; 0,256 nm) na mineralogia da fração silte. Os perfis P5 e P6 (Figura 6 e 7) apresentam os minerais caulinita (0,714; 0,447; 0,418; 0,256 nm), quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228 nm), resíduos de mica (1,000; 0,499 nm), fosfoferrita (0,319 nm) e plumbogumita (0,297; 0,286; 0,279 nm) na fração silte. Esses dois últimos minerais são encontrados no perfil P5 apenas no horizonte superficial, indicando que pode ter ocorrido deposição de material. A presença de plumbogumita e de fosfoferrita no perfil P6 ocorre apenas nos horizontes mais profundos (BCc e Cc), que apresentam concreções de minerais sulfetados. O perfil P7 (Figura 8) possui mineralogia formada por quartzo (0,426; 0,334; 0,245; 0,228 nm), fosfoferrita (0,276; 0,269 nm) e plumbogumita (0,279 nm). Isso demonstra que a mineralogia da fração silte dos dois primeiros perfis sofreu influência apenas das rochas calcárias, enquanto que nos dois últimos perfis a mineralogia foi influenciada pelas rochas carbonáticas e fosfáticas e por mineralizações sulfetadas.

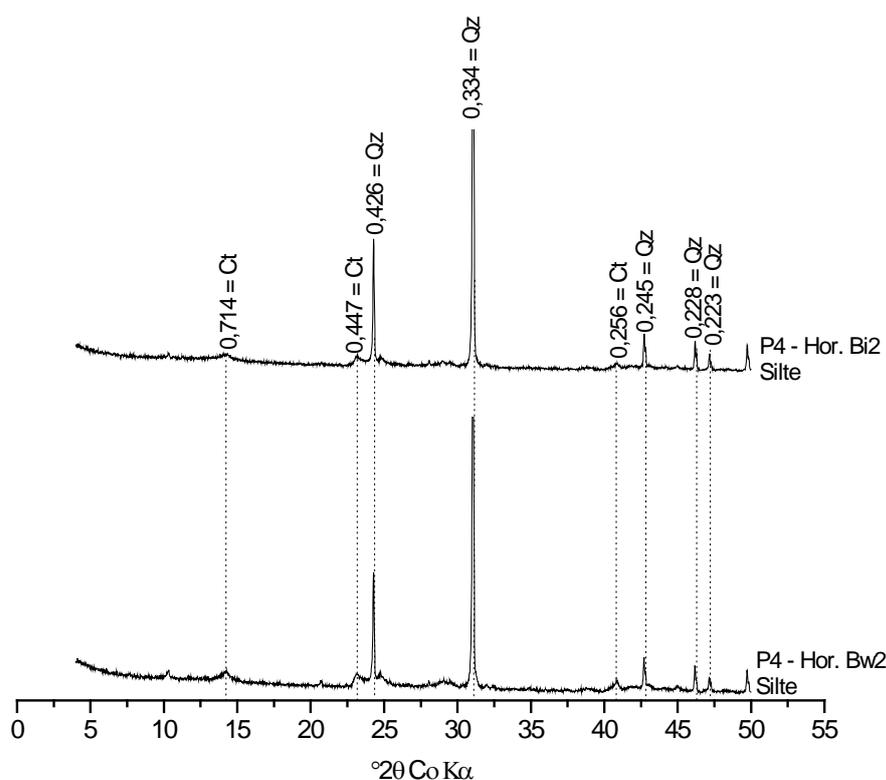


Figura 5. Difratogramas de raios-X da fração silte de um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico (P4) do Platô de Irecê-BA (Ct=caulinita, Qz=quartzo).

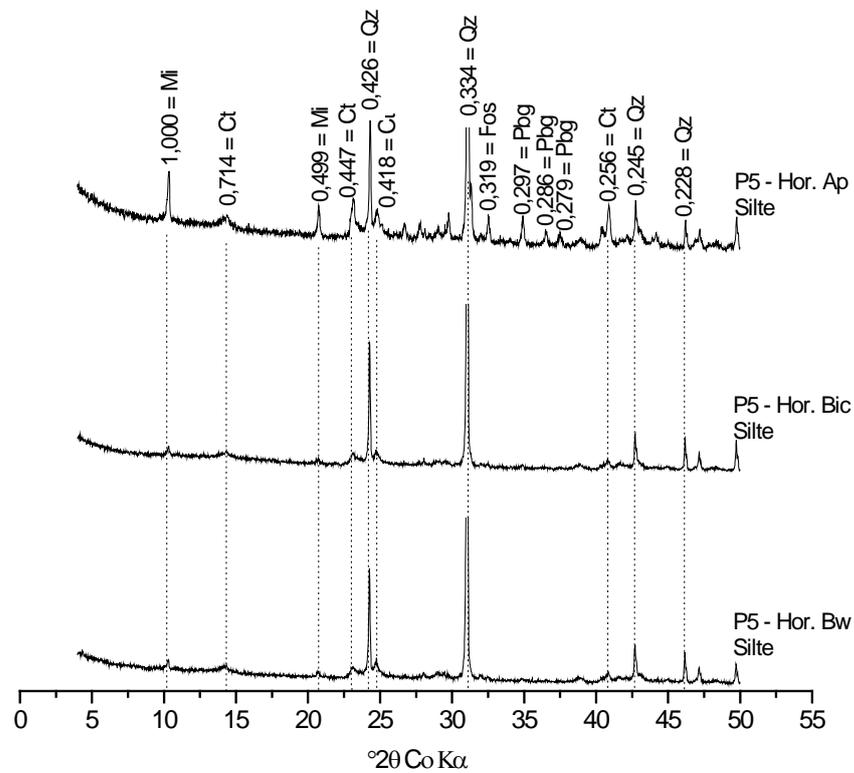


Figura 6. Difratogramas de raios-X da fração silte de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P5) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Fos=fosfoferrita, Pbg=plumbogumita).

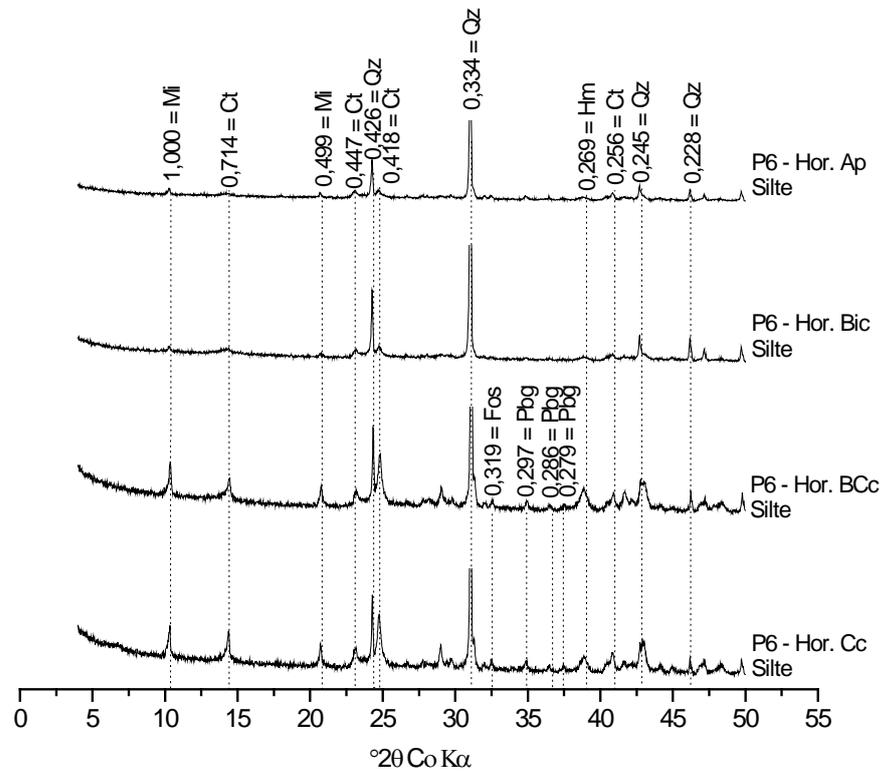


Figura 7. Difratogramas de raios-X da fração silte de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Fos=fosfoferrita, Pbg=plumbogumita, Hm=hematita).

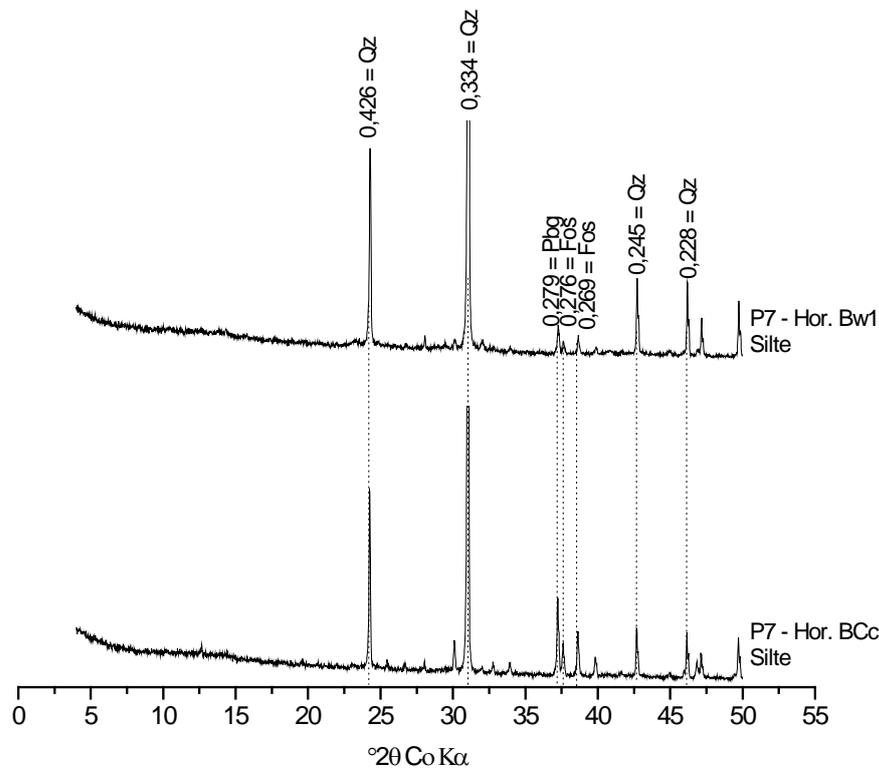


Figura 8. Difratogramas de raios-X da fração silte de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) do Platô de Irecê-BA (Qz=quartzo, Pbg=plumbogumita, Fos=fosfoferrita).

3.3. Mineralogia da fração argila

O perfil P4 (Figura 9) apresenta mineralogia da fração argila composta por mica (1,000; 0,499 nm), caulinita (0,714; 0,447; 0,357; 0,256 nm), goethita (0,418; 0,244 nm), gibbsita (0,437; 0,245 nm), quartzo (0,334 nm) e hematita (0,269; 0,251 nm). O intemperismo das rochas calcárias com impurezas favoreceu a presença da mica. Com a parcial dessilificação desse mineral em período pretérito mais úmido, originou a caulinita nesse ambiente. A presença dos demais minerais é devido ao material residual originado do Supergrupo Espinhaço, que se localiza na borda do Grupo Una, que engloba as Formações Salitre (Bacia Calcária de Irecê) e Bebedouro.

Os demais perfis (P5, P6 e P7) apresentam mineralogia semelhante na fração argila, composta por esmectita (1,540 nm), mica (1,000; 0,499 nm), caulinita (0,714; 0,447; 0,418; 0,357; 0,256 nm), quartzo (0,334 nm), fosfoferrita (0,319; 0,309 nm), plumbogumita (0,297; 0,286; 0,279 nm), hematita (0,269; 0,251 nm) e goethita (0,244 nm). A presença dos minerais mica, caulinita, quartzo, hematita e goethita pode ser explicada pelas mesmas razões atribuídas ao perfil P4. Por se tratar de solos menos

intemperizados do que o perfil P4, ainda há presença de esmectita nesse ambiente, que é favorecida pelo clima semiárido.

O maior grau de intemperismo do perfil P4 (Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico), em relação aos demais solos da sequência (Cambissolos), é evidenciado pela presença da gibbsita no primeiro perfil, que é um hidróxido de alumínio encontrado em solos mais intemperizados do Brasil.

Por se tratar de solos influenciados pelo intemperismo de rocha fosfática, resultando em elevados teores de fósforo no solo (maiores detalhes no capítulo IV desta tese), associados à mineralização sulfetada, com elevados teores de chumbo, zinco, ferro e manganês, dentre outros (ver capítulo V desta tese), o ambiente favoreceu a ocorrência de minerais pouco comuns em solos, como a plumbogumita e a fosfoferrita, encontrados nos perfis dos Cambissolos (P5, P6 e P7). Esses minerais são encontrados no perfil P5 apenas no horizonte superficial, indicando que pode ter ocorrido deposição de material nesse solo.

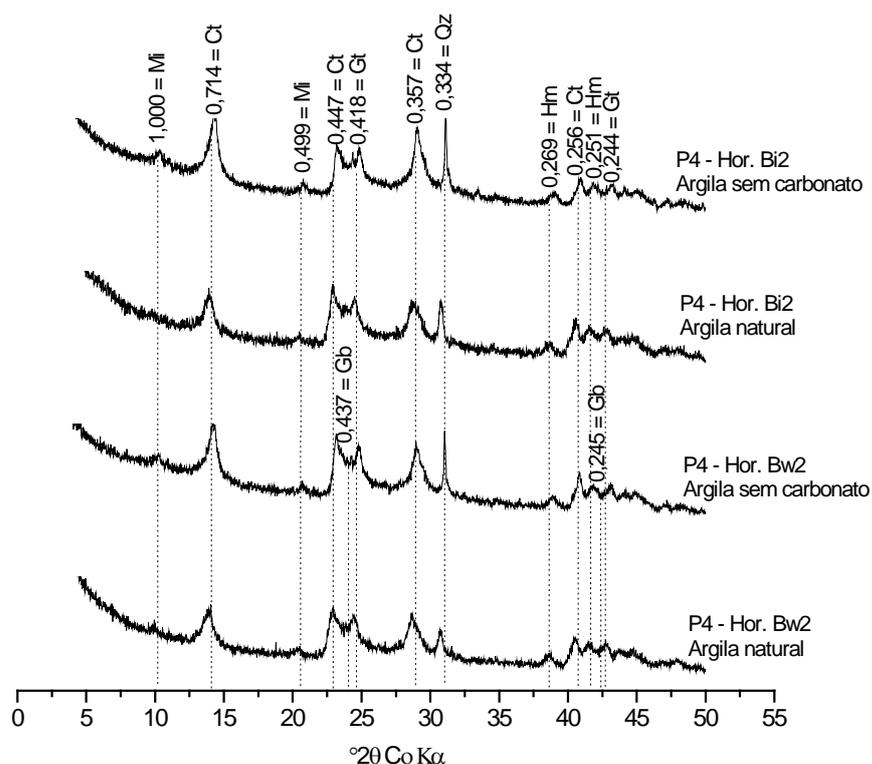


Figura 9. Difratogramas de raios-X da fração argila de um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico (P4) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Gt=goethita, Gb=gibbsita, Qz=quartzo, Hm=hematita).

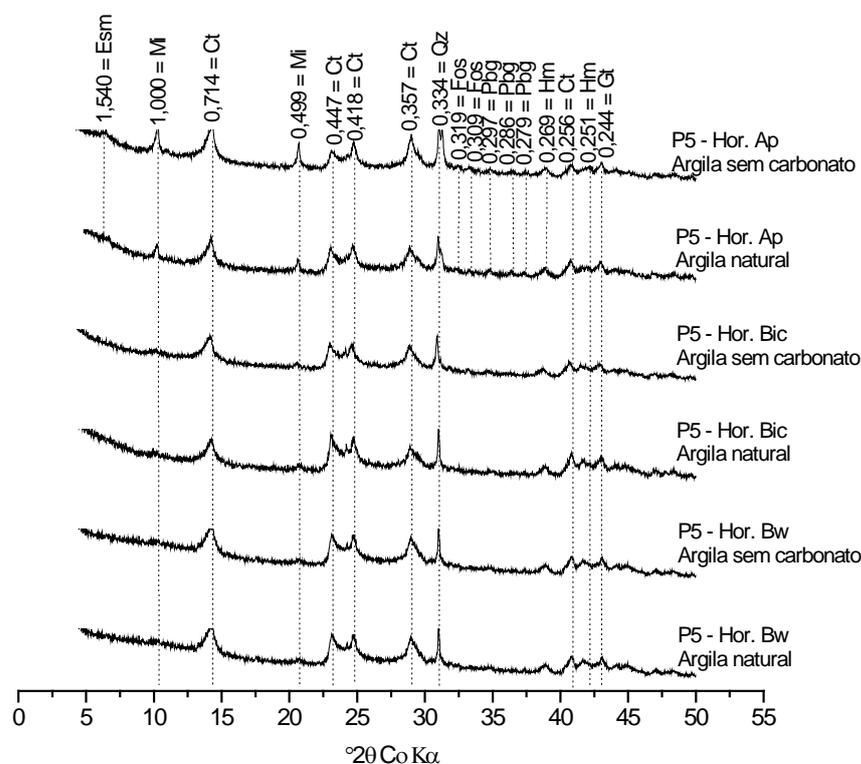


Figura 10. Difratoigramas de raios-X da fração argila de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P5) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Fos=fosfoferrita, Pbg=plumbogumita, Hm=hematita, Gt=goethita).

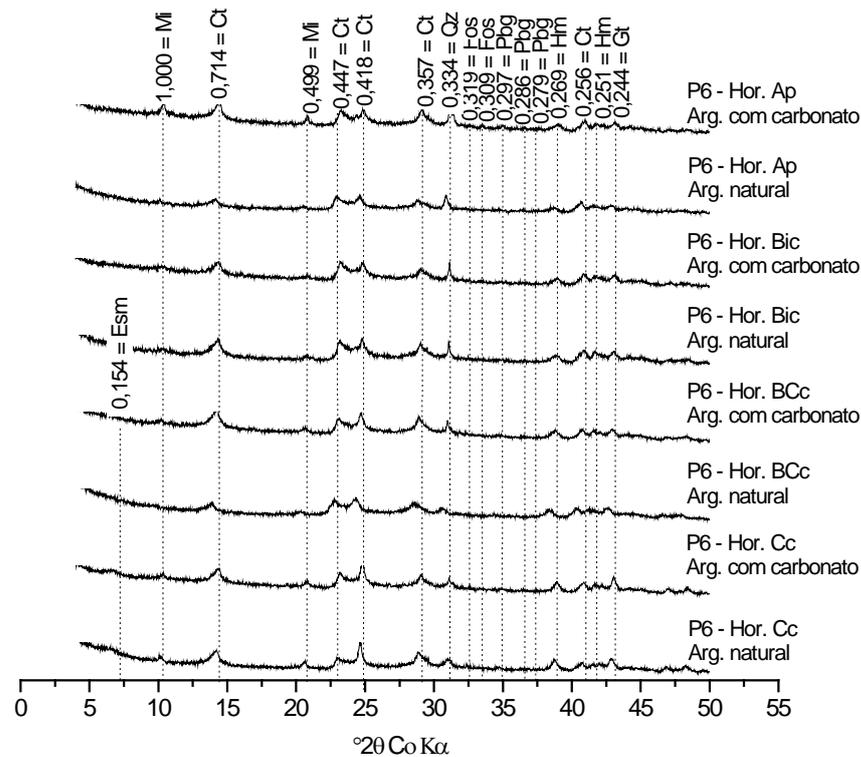


Figura 11. Difratoigramas de raios-X da fração argila de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Fos=fosfoferrita, Pbg=plumbogumita, Hm=hematita, Gt=goethita).

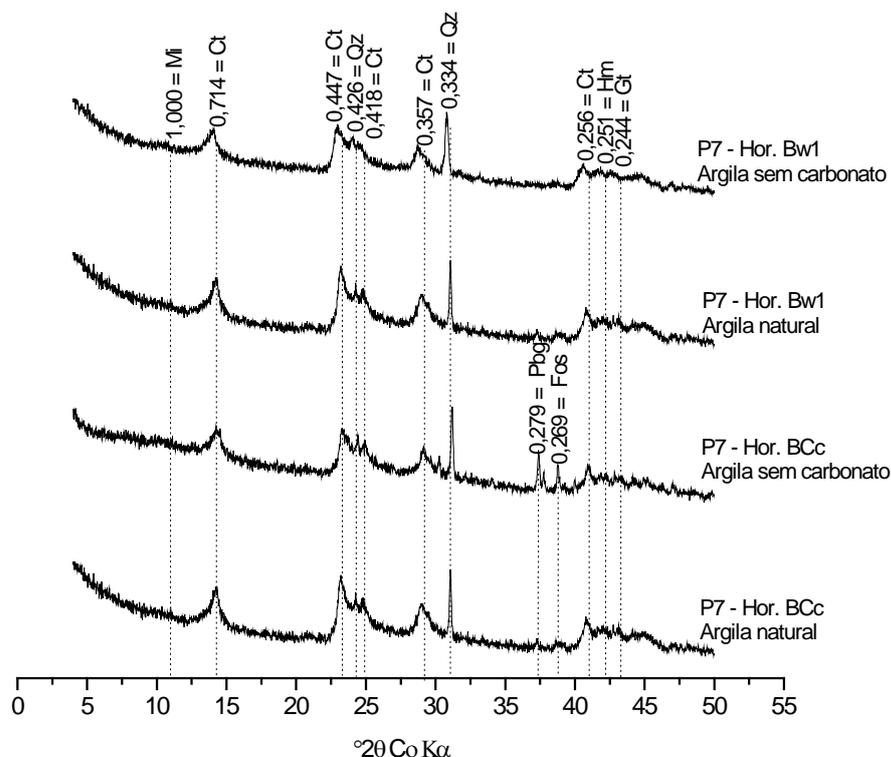


Figura 12. Difratogramas de raios-X da fração argila de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Pbg=plumbogumita, Fos=fosfoferrita, Hm=hematita, Gt=goethita).

3.4. Mapas microquímicos e análise microquímica pontual por meio de MEV-EDS

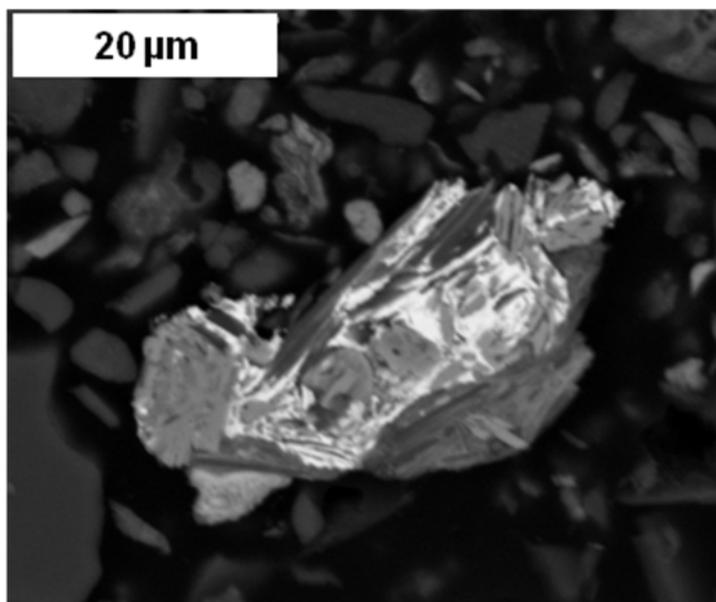
Os mapas microquímicos obtidos por microscopia eletrônica de varredura na fração silte do horizonte BCc do Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6), indicam a existência de Al, Fe, Mn, P e Pb (Figura 13). Isto sugere a possibilidade de ocorrência na imagem com brilho metalizado tanto de plumbogumita quanto de fosfoferrita, que foram detectadas por difratometria de raios-X nas frações silte e argila do mesmo horizonte desse perfil.

Outra técnica de detecção que confirma a presença da plumbogumita no solo é a análise microquímica feita por MEV-EDS. No horizonte Bw1 do Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7), a análise microquímica do ponto 8 (Figura 14 e Tabela 1) apresenta 8,72 % de Al_2O_3 , 18,40 % de P_2O_5 e 1,13 % de PbO, correspondentes aos elementos químicos formadores da plumbogumita, cuja fórmula química é $PbAl_3(PO_4)_2(OH)_5.H_2O$.

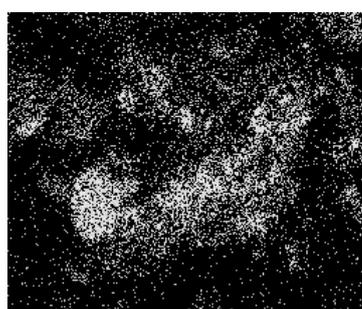
A análise microquímica do horizonte Bw1 do Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) indica a presença da fosfoferrita. O ponto 9 (Figura 15 e Tabela 2) possui composição química de 1,67 % de P_2O_5 , 11,84 % de FeO e 12,26 % de MnO,

correspondentes aos elementos químicos formadores da fosfoferrita, cuja fórmula química $(\text{Fe,Mn})_3[\text{PO}_4]_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

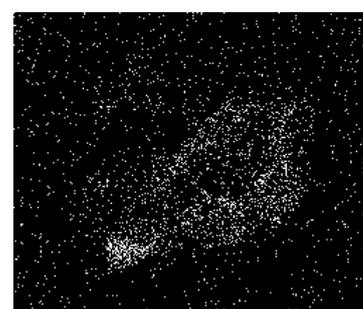
Além dessas técnicas auxiliares, os dois minerais também foram detectados por difratometria de raios-X nas frações areia e silte do mesmo horizonte do perfil P7 (Figuras 4 e 8, respectivamente).



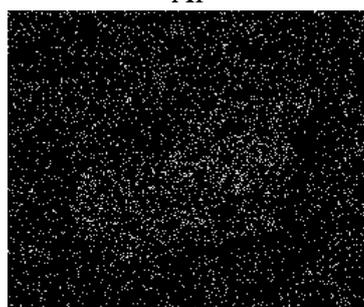
Al



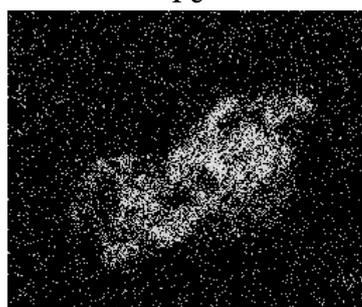
Fe



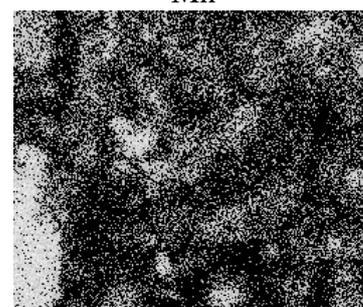
Mn



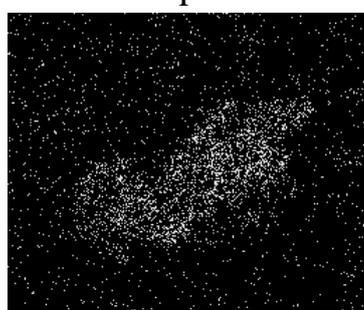
P



Pb



Si



V

Figura 13. Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura da fração silte do horizonte BCc de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6) do Platô de Irecê-BA.

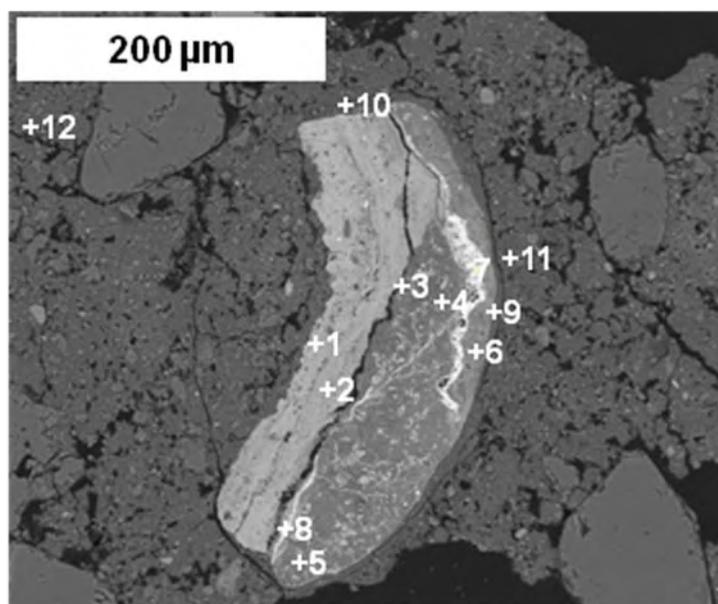


Figura 14. Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura do horizonte Bw1 de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) do Platô de Irecê-BA.

Tabela 1. Composição química pontual por meio de MEV-EDS do horizonte Bw1 de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) do Platô de Irecê-BA, referente à Figura 14

Óxidos	Pontos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Al ₂ O ₃	7,16	7,77	34,48	33,05	32,73	24,24	2,79	8,72	33,16	30,77	33,18	31,58
SiO ₂	6,56	5,94	44,99	42,75	40,06	32,60	1,30	8,16	49,98	52,24	51,53	53,70
CaO	0,77	0,96	0,46	0,55	0,45	1,19	6,55	4,86	0,75	1,00	0,81	2,67
TiO ₂	1,45	---	---	---	---	1,75	---	---	---	0,97	1,66	0,88
FeO	81,68	81,61	18,80	22,45	25,74	37,00	9,55	25,97	12,50	10,23	9,93	8,57
ZrO ₂	2,38	2,59	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
P ₂ O ₅	---	1,13	---	---	---	1,39	31,53	18,40	---	---	---	---
K ₂ O	---	---	1,28	1,20	1,01	0,91	---	---	1,80	1,02	1,58	1,37
MgO	---	---	---	---	---	0,91	---	---	1,81	1,25	1,32	1,23
Ce ₂ O ₃	---	---	---	---	---	---	---	32,76	---	---	---	---
PbO	---	---	---	---	---	---	---	1,13	---	---	---	---
MnO	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2,52	---	---

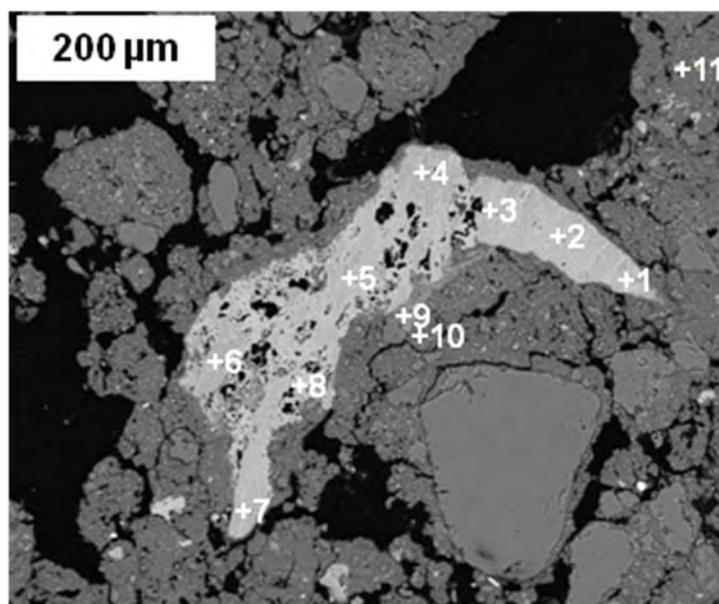


Figura 15. Fotomicrografia em microscopia eletrônica de varredura do horizonte Bw1 de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) do Platô de Irecê-BA.

Tabela 2. Composição química pontual por meio de MEV-EDS do horizonte Bw1 de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) do Platô de Irecê-BA, referente à Figura 15

Óxidos	Pontos										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P ₂ O ₅	44,87	45,13	44,74	44,86	44,89	45,17	45,78	2,27	1,67	---	---
CaO	55,13	54,87	55,26	54,51	54,53	54,32	54,22	1,59	2,85	0,45	1,28
Al ₂ O ₃	---	---	---	---	---	---	---	4,96	28,46	29,98	32,97
SiO ₂	---	---	---	---	---	---	---	2,86	39,89	57,22	52,59
TiO ₂	---	---	---	---	---	---	---	0,92	1,20	0,74	0,75
FeO	---	---	---	---	---	---	---	87,40	11,84	9,03	10,18
MgO	---	---	---	---	---	---	---	---	0,85	1,04	1,12
K ₂ O	---	---	---	---	---	---	---	---	0,97	1,55	1,11
MnO	---	---	---	---	---	---	---	---	12,26	---	---

4. DISCUSSÃO

A plumbogumita é um fosfato aluminoso hidratado encontrado em solos altamente intemperizados (Sarma & Krishna Murti, 1969/1970; Bain, 1970; Campbell et al., 1972; Adams et al., 1973; Norrish & Rosser, 1983). Na maioria das vezes, tem origem pedogênica (Allen & Hajek, 1999). A existência desse mineral em solos pouco intemperizados do Platô de Irecê ocorre em pequenas áreas de solos desenvolvidos a partir de gossans formados por mineralizações sulfetadas e que, de acordo com Bomfim et al (1985), localizam-se acima de depósitos de fosforita, associada a rochas carbonáticas. Para Faure (1991), o mineral mais importante para a formação dos gossans é a pirita que, ao se solubilizar, promove a oxidação do ferro, que é depositado na superfície na forma de uma carapaça ferruginosa (gossan). A solubilização da pirita provoca também a drenagem de águas ácidas que acelera o intemperismo químico, mesmo em condições de semiaridez, como ocorre no Platô de Irecê.

Em estudo realizado na França por Morin et al. (2001), em um solo desenvolvido sobre uma anomalia geoquímica resultante de um depósito de Pb-Zn, a plumbogumita foi o principal hospedeiro do Pb no perfil do solo.

A presença de fosfoferrita no Platô de Irecê pode ser justificada pelas mineralizações sulfetadas que tiveram sua origem na ação dos fluidos hidrotermais através de falhas e fraturas herdadas do embasamento (Gomes, 2005), que são condições importantes para a formação do mineral (Moore, 1971; Lottermoser & Lu, 1997). No Platô de Irecê, a presença de fosfoferrita está restrita a pequenas áreas anômalas (gossans) onde coexistem minerais sulfetados com rochas fosfáticas.

A fosfoferrita originada por processos hidrotermais foi registrada por Dill et al. (2008) em uma área de mineralização de fosfatos (Fe, Mn e outros) e de alguns sulfetos de Cu e Pb na Alemanha e por Lottermoser & Lu (1997) na Austrália. Sua ocorrência nos solos do Platô de Irecê demonstra estabilidade em condições de pedogênese em clima semiárido.

5. CONCLUSÕES

1. A ocorrência de rochas fosfáticas associadas aos gossans foi fator determinante para a presença de plumbogumita e fosfoferrita nos solos do Platô de Irecê.

2. A ocorrência de plumbogumita indica o elevado grau de intemperismo dos solos desenvolvidos de gossans no Platô de Irecê, apesar das condições semiáridas atuais.
3. A detecção pioneira de fosfoferrita em solos brasileiros, em condições semiáridas, indica que este mineral, formado por hidrotermalismo, pode se manter estável no ambiente pedogenético.
4. Os minerais foram detectados nas três frações dos solos, sem necessidade de tratamento para concentrá-los no resíduo.

6. LITERATURA CITADA

ADAMS, J.A.; HOWARTH, D.T.; CAMPBELL, J.A. Plumbogummite minerals in a strongly weathered New Zealand soil. *Journal of Soil Science*, 24:224-231, 1973.

ALLEN, B.L.; HAJEK, B.F. Mineral occurrence in soil environmental. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. (eds). *Minerals in soil environments*. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1999. p.199-278.

BAHIA. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Mapa de amostragem geoquímica da área alvo Tanquinho-Lapão: projeto metais-base e fosfato da bacia de Irecê 2ª fase. Salvador: CBPM, 1997. 1 mapa cópia heliográfica. Anexo 8.

BAIN, D.C. Plumbogummite-group minerals from Mull and Morvern. *Mineralogical Magazine*, 37:934-938, 1970.

BOMFIM, L.F.C.; ROCHA, A.J.D; PEDREIRA, A.J.; MORAIS FILHO, J.C.; GUIMARÃES, J.T.; TESCH, N.A. Projeto bacia de Irecê – relatório final, texto. Salvador: CBPM, 1985. vol 1. 149p.

BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T. *Handbook for soil thin section description*. Wolverhampton: Waine Research Publications, 1985. 153p.

CAMPBELL, A.S.; ADAMS, J.A.; HOWARTH, D.T. Some problems encountered in the identification of plumbogummite minerals in soils. *Clay Minerals*, 9:415-423, 1972.

CEI - Centro de Estatística e Informações (BA). Informações básicas dos municípios baianos: Irecê. Salvador: 1994. 453p.

CHEN, P-Y. Table of key lines in x-ray powder diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks. Bloomington: Dep. Nat. Res. Geol. Sur., 1977. 67p.

CRANNELL, B.S.; EIGHMY, T.T.; KRZANOWSKI, J.E.; EUSDEN JR., J.D.; SHAW, E.L.; FRANCIS, C.A. Heavy metal stabilization in municipal solid waste combustion bottom ash using soluble phosphate. *Waste Management*, 20:135-148, 2000.

DILL, H.G.; MELCHER, F.; GERDES, A.; WEBER, B. The origin and zoning of hypogene and supergene Fe–Mn–Mg–Sc–U–REE phosphate mineralization from the newly discovered trutzhofmühle aplite, hagendorf pegmatite province, Germany. *Can. Mineral.*, 46:1131-1157, 2008.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: 2006. 306p.

FAURE, G. Principles and applications of inorganic geochemistry. New York: Macmillan Publishing Company, 1991. 626p.

FERRARI, V.C.; TOLEDO, M.C.M.; ATENCIO, D. Gorceixite from Catalão, Goiás, Brazil: Rietveld Crystal Structure Refinement. *Geol. USP Sér. Cient.*, 7: 25-36, 2007.

FÖRTSCH, E.B. Plumbogummite from Roughten Gill, Cumberland. *Mineralogical Magazine*, 36:530-538, 1968.

GOMES, A.S.R. Modelagem metalogenética das mineralizações de Pb-Zn hospedadas em carbonatos neoproterozóicos de Irecê (BA), Serra do Ramalho (BA) e Montalvânia (MG). Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2005. 169p. (Tese de Doutorado).

HARTLEY, E.G.J. Plumbogummite and hitchcockite. *The Mineralogical Magazine and Journal of the Mineralogical Society*, 12: 223-233, 1900.

KEDE, M.L.F.M.; MOREIRA, J.C.; MAVROPOULOS, E.; ROSSI, A.M.; BERTOLINO, L.C.; PEREZ, D.V.; ROCHA, N.C.C. Estudo do comportamento do chumbo em Latossolos brasileiros tratados com fosfatos: contribuições para a remediação de sítios contaminados. *Quim. Nova*, 31: 579-584, 2008.

LOTTERMOSER, B. G.; LU, J. Petrogenesis of rare-element pegmatites in the Olary Block, South Australia, part 1. Mineralogy and chemical evolution. *Mineralogy and Petrology*, 59:1-19, 1997.

MATTIEVICH, E.; DANON, J. Hydrothermal synthesis and mossbauer studies of ferrous phosphates of the homologous series $\text{Fe}_3^{2+}(\text{PO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_n$. *J. Inorg. nucl. Chem.* 39: 569-580, 1977.

MINCRYST - Mineral Crystal Structure Database. Crystallographic and Crystallochemical Database for Minerals and their Structural Analogues. Disponível em: < <http://database.iem.ac.ru/mincryst/search.php?select=Name> >. Acesso em: 08 dez. 2009.

MISI, A. O Grupo Bambuí no Estado da Bahia. In: INDA, H.A.V. (Ed.). *Geologia e recursos minerais do estado da Bahia - textos básicos*. Salvador: SME/CPM, 1979. vol 1. p.120-154.

MOORE, P.B. The $\text{Fe}_3^{2+}(\text{H}_2\text{O})_n(\text{PO}_4)_2$ homologous series: crystal-chemical relationships and oxidized equivalents. *Amer. Mineral.*, 56: 1-17, 1971.

MORIN, G.; JUILLOT, F.; ILDEFONSE, P.; CALAS, G.; SAMAMA, J-C.; CHEVALLIER, P.; BROWN JR, G.E. Mineralogy of lead in a soil developed on a Pb-mineralized sandstone (Largentière, France). *Am. Min.*, 86:92-104, 2001.

NORRISH, K.; PICKERING, J.G. Clay minerals. In: CSIRO, Division of Soils. *Soils: an Australian viewpoint*. Melbourne: Academic Press, 1983. p.281-308.

OLIVEIRA, S.M.B.; IMBERNON, R.A.L. Weathering alteration and related REE concentration in the Catalão I carbonatite complex, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 11:379-388, 1998.

PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; CURTI, N.; ANDERSON, S.J.; LIMA, J.M. Adsorção e dessorção de cádmio, cobre e chumbo por amostras de Latossolos pré-tratadas com fósforo. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:377-384, 2004.

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*. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2005. 92p.

SARMA, V.A.K.; KRISHNA MURTI, G.S.R. Plumbogummite minerals in Indian soils. *Geoderma*, 3: 321-327, 1969/1970.

WHITTING, L.D. X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition. In: BLACK, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.* Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.671-698. (Agronomy Series, 9).

CAPÍTULO IV

FORMAS DE FÓSFORO EM SOLOS DO SEMIÁRIDO DESENVOLVIDOS DE ROCHAS CARBONÁTICAS/FOSFÁTICAS NO PLATÔ DE IRECÊ, BA

RESUMO: Estudos sobre as formas de fósforo em solos do semiárido brasileiro desenvolvidos de calcários são inexistentes na literatura e permitem postular características químicas bem diferenciadas em relação a solos não calcários da mesma região. Neste trabalho, utilizou-se uma extração sequencial de fósforo, adaptada para o estudo detalhado de suas formas e relação com a presença ou ausência de fosforita natural na rocha, associadas a gossans. Foram separadas as frações de fósforo inorgânico, similar ao fósforo da solução do solo, com utilização de resina de troca aniônica (P-res); fósforo lábil (inorgânico e orgânico) com a utilização de bicarbonato de sódio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (P-ib e P-ob); fósforo inorgânico e orgânico adsorvidos quimicamente por componentes de Fe e Al, extraídos com hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (P-ih e P-oh); fósforo inorgânico ligado ao Ca, com utilização de ácido sulfúrico 1 mol L^{-1} (P-a); e fósforo residual, extraído com ácido sulfúrico concentrado e peróxido de hidrogênio (P-rdu). Os resultados indicam que os solos do Platô de Irecê possuem formas de $\text{P-Ca} > \text{P-Fe/Al} > \text{P-lábil}$. Os elevados teores de P-lábil encontrados no horizonte superficial do Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (perfil P8) indicam que houve redistribuição do material transportado a partir da área de mineralização fosfática para o solo externo à área de mineralização. Os solos apresentaram comportamento diferenciado de solos não calcários do semiárido nordestino, como observado pelo maior teor de carbonato de cálcio, que proporcionou maiores teores de P-Ca e menor P-residual em relação ao P-total.

PALAVRAS-CHAVE: fracionamento de fósforo, fósforo lábil, solos calcários.

PHOSPHORUS FORMS IN SEMIARID SOILS DEVELOPED FROM CARBONATE/PHOSPHATE ROCKS OF IRECÊ PLATEAU

ABSTRACT: Studies on soil phosphorus form in the semiarid soils developed from limestone are virtually absent in the literature, and we postulate a different chemistry compared with non-carbonate soils in the same region. In this work, we used an adapted sequential P for the detailed study of P forms and the influence of phosphate-rich parent rock associate to gossans. Inorganic phosphorus fractions, attributable to phosphorus in solution, was separated using anion exchange resin (P-res); labile phosphorus (inorganic and organic) with the use of sodium bicarbonate 0.5 mol L⁻¹ (P-ib and P-ob); inorganic and organic phosphorus chemically adsorbed by Fe and Al compounds extracted with sodium hydroxide 0.1 mol L⁻¹ (P-ih and P-oh); inorganic Ca-P forms phosphorus with sulphuric acid 1 mol L⁻¹ (Pa) and; residual phosphorus, extracted with concentrated sulphuric acid and hydrogen peroxide (P-rdu). The results indicate the following decreasing order of P forms in Irecê soils: P-Ca > P-Fe/Al > P-labile; high levels of labile P found in the surface horizon of eutric oxic Inceptisol (pedon P8) indicates that redistribution of material transported from the area of mineralization phosphate to the soil outside the area of mineralization occurred; the soils showed a contrasting chemical behavior compared with non-calcareous soils of the semiarid northeast, illustrated by higher contents of calcium carbonate, helping to maintain higher P-Ca, and lower residual-P levels.

KEY WORDS: phosphorus fractionation, labile phosphorus, calcareous soils.

1. INTRODUÇÃO

A região de Irecê está localizada no centro norte do Estado da Bahia, possui área territorial de 25.551 km² (IBGE, 2007) e encontra-se totalmente inserida no semiárido baiano (CEI, 1994).

Oito unidades geoambientais são reconhecidas na região, sendo a unidade Chapada de Irecê a de maior área, correspondendo a 37 % de cobertura (CAR, 2002). Essa chapada é constituída por um vasto platô que varia de 500 a 800 m de altitude

(Silva et al., 1993), onde o relevo apresenta feição plana, quase uniforme (SEPLANTEC, 1974).

A alta fertilidade natural dos solos do Platô de Irecê (Embrapa, 1979; Silva et al., 1993), aliada ao relevo favorável para o uso de máquinas agrícolas (Embrapa, 1979), favoreceu a expansão agrícola na região que, em meados dos anos 1980, tornou-se a maior produtora de grãos do Estado da Bahia e do Nordeste (SEI, 2003), com destaque para os cultivos do feijão, milho e mamona.

A região possui grandes extensões de Cambissolos eutróficos originados de rochas calcárias (Cavedon, 1986; Resende et al., 1988) que apresentam, em geral, baixos teores de fósforo (Embrapa, 1979, Resende et al., 1988).

Por outro lado, a bacia calcária de Irecê possui os únicos depósitos conhecidos de fosfato do Estado da Bahia, com viabilidade econômica estabelecida (Neves, 2001). As concentrações primárias de fosfato estão contidas em estromatólitos colunares Pré-Cambrianos, mas o minério secundário está disposto em extensas faixas de “cascalho” (saprolito). A origem desse material é devida ao seu enriquecimento com o produto do intemperismo do fosfato primário que ocorreu por dissolução do material intercolunar (Pedreira et al., 1985). De acordo com Bomfim et al. (1985), a área de ocorrência do fosfato estende-se por 40 km em sentido leste-oeste e por 14 km no sentido norte-sul, sendo o tipo de mineralização primária mais comum na forma de fosforita, com teor médio de P_2O_5 de 35 % a 37 %, podendo atingir até 39,3 %. Por conta disso, a região possui solos com teores variados de fósforo, desde os mais pobres até com teores extremamente elevados, quando desenvolvidos a partir da rocha fosfática.

No solo, o fósforo forma compostos, principalmente, com íons de ferro, alumínio e cálcio, sendo que as formas P-Fe e P-Al são mais estáveis em solos altamente intemperizados, com pH ácido (Lindsay, 1979), enquanto que a forma P-Ca é mais estável em condições alcalinas, formando fosfatos de cálcio insolúveis que causam problemas para o cultivo em solos carbonáticos de regiões áridas (Pansu & Gautheyrou, 2006).

Mais do que qualquer outro nutriente, individualmente, os teores de fósforo são determinantes na fertilidade do solo. Geralmente, os teores de fósforo disponível para as plantas, em solos tropicais, correspondem a uma pequena porção do fósforo total. Por isto, solos com altos teores totais de fósforo podem requerer a adição de fertilizantes fosfatados para o adequado crescimento de plantas (Norrish & Rosser, 1983). Nesse contexto, Chang & Jackson (1957) e Hedley et al. (1982), dentre outros, propuseram a extração sequencial do fósforo no solo como importante ferramenta para a compreensão

dos fenômenos relacionados à dinâmica desse nutriente no solo. No fracionamento, são separadas as formas de fósforo orgânico e inorgânico, formas disponíveis para as plantas, formas ligadas ao Fe, Al e Ca, além do fósforo residual.

Em trabalho desenvolvido por Carreira et al. (2006) em solos calcários de regiões áridas, o fracionamento de fósforo apontou a predominância de P-Ca em relação ao P-Fe e ao P-Al. Esse resultado também está de acordo com os resultados encontrados por Lajtha & Bloomer (1988) em solos de ecossistema desértico.

Por outro lado, Ryan et al. (1984) afirmam que a adsorção de fósforo em solos calcários pode não ser muito bem relacionada com o teor de carbonato de cálcio, uma vez que os óxidos de ferro podem influenciar na adsorção de fósforo de maneira direta, ou indireta promovendo o capeamento do carbonato de cálcio.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as diferentes formas de fósforo e suas relações com alguns atributos químicos e físicos do solo em uma sequência de solos do semiárido desenvolvidos de calcários do Platô de Irecê-BA, em área influenciada pela presença de fosforita. Não há, até o presente, estudos dessa natureza aplicados a solos calcários no Brasil, e mesmo os estudos de fracionamento de P no semiárido são pouco frequentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de três horizontes foram coletadas em cinco perfis de solos localizados no município de Lapão-BA, na unidade geoambiental do Platô de Irecê, nas coordenadas UTM de referência 187935 e 8736346, zona 24S. A topossequência foi escolhida com base no mapa da amostragem geoquímica feito para a prospecção de metais e fosfatos (Bahia, 1997).

Os perfis foram descritos em campo segundo as recomendações de Santos et al. (2005) e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006), conforme se segue: P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico, P5 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico, P6 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico, P7 - Cambissolo Háptico Ta eutrófico latossólico e P8 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico.

O perfil P4 encontra-se em uma área de Caatinga degradada, rica em mandacaru (*Cereus sp.*), utilizada para pastoreio de bovinos. Os perfis P5 e P6 possuem vegetação de angico (*Anadenanthera sp.*), com cobertura graminosa. Os perfis P7 e P8 localizam-se em uma área agrícola, onde se cultiva feijão, milho e mamona há mais de 40 anos,

com o uso de mecanização agrícola. Nenhum dos solos onde foram coletadas as amostras recebeu qualquer tipo de correção ou fertilização; portanto, os teores de fósforo e de outros elementos encontrados são assumidos como de origem pedogenética. Todos os perfis estão dispostos a oeste da coordenada de referência, dentro da área de mineralização de fósforo, exceto o P8 que se encontra ao sul dos demais, que foi selecionado por estar fora da área de mineralização de fosforita.

As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com abertura de malha de 2,0 mm. Subamostras foram retiradas para análise da textura pelo método da pipeta, com remoção de carbonatos; e do equivalente de carbonato de cálcio, conforme Embrapa (1997). O carbono orgânico foi determinado pelo método Walkley-Black, conforme metodologia descrita por Jackson (1958).

O fracionamento sequencial do fósforo foi efetuado segundo método proposto por Hedley et al. (1982), com modificações efetuadas por Araújo et al. (1993) e Araújo et al. (2004). Utilizou-se 0,5 g de TFSA de cada um dos horizontes, em triplicata, que foi triturada e passada em peneira de 0,149 mm. Com o procedimento, foram separadas as frações de fósforo inorgânico, similar ao fósforo da solução do solo, com utilização de resina de troca aniônica e recuperação com ácido clorídrico $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (P-res); fósforo lábil inorgânico e orgânico com a utilização de bicarbonato de sódio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (P-ib e P-ob); fósforo inorgânico e orgânico adsorvidos quimicamente por componentes de Fe e Al, extraídos com hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (P-ih e P-oh); fósforo inorgânico ligado ao Ca, com utilização de ácido sulfúrico 1 mol L^{-1} (P-a); e fósforo residual, extraído com ácido sulfúrico concentrado e peróxido de hidrogênio (P-rdu). Considerou-se como fósforo orgânico (P-o) as frações P-ob+P-oh; fósforo inorgânico (P-i) as frações P-res+P-ib+P-ih+P-a; fósforo total (P-tot) as frações P-o+P-i+P-rdu; e fósforo lábil (P-lábil) as frações P-res+P-ib+P-ob.

As leituras do P foram executadas por espectrometria de emissão atômica por plasma induzido (ICP-AES). Foram feitas correlações estatísticas entre as diversas formas de fósforo encontradas nos solos e alguns atributos dos solos, assim como correlações de algumas formas de fósforo entre si.

3. RESULTADOS E DISCUSÃO

3.1. Atributos físicos e químicos

Os teores de argila dos solos encontram-se entre 460 a 650 g kg^{-1} (Tabela 1), com textura variando de argila a muito argilosa, o que indica origem vinculada às

impurezas pelíticas da rocha calcária que sofreu dissolução. Todos os solos foram desenvolvidos de rochas calcárias (calcíticas ou dolomíticas), com maior ou menor proporção de impurezas, além de mineralizações de P, Pb e Zn, intercalados.

Os solos apresentam teores muito baixos de matéria orgânica (Tabela 1), com variação de 0,64 a 4,99 g kg⁻¹. Os perfis P7 e P8, representantes de áreas que vêm sendo cultivadas há mais de 40 anos, revelam os teores mais baixos de MO, chegando ao máximo de 1,92 g kg⁻¹.

A natureza calcária dos solos é evidenciada pelos teores de carbonato de cálcio encontrados, com valor mínimo de 46 g kg⁻¹ (Tabela 1). Quase todos os horizontes dos cinco perfis estudados foram classificados com atributo diagnóstico “com carbonato”, de acordo com Embrapa (1999).

Tabela 1. Granulometria, matéria orgânica (MO) e equivalente de carbonato de cálcio (CaCO₃) de solos do semiárido desenvolvidos de rochas carbonáticas/fosfáticas no Platô de Irecê, BA

Hor. (cm)	Areia	Silte	Argila	M.O.	CaCO ₃	Atributo diagnóstico
----- g kg ⁻¹ -----						
P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico						
A1 (0-10)	290	180	530	3,33	46	
Bi2 (30-50)	240	170	590	1,28	73	Com carbonato
Bw2 (80-110)	180	170	650	0,77	66	Com carbonato
P5 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
Ap (0-5)	210	260	530	3,84	62	Com carbonato
Bic (20-60)	230	150	620	1,28	62	Com carbonato
Bw (60-120)	230	160	610	0,64	59	Com carbonato
P6 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
Ap (0-10)	270	180	550	4,99	72	Com carbonato
Bic (25-45)	240	170	590	2,69	74	Com carbonato
BCc (100-150)	260	180	560	0,77	71	Com carbonato
P7 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico						
Ap (0-5)	360	180	460	1,54	87	Com carbonato
Bw2 (35-90)	280	200	520	1,28	86	Com carbonato
BCc (90-140)	260	190	550	0,77	111	Com carbonato
P8 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
Ap (0-5)	210	220	570	1,92	49	
Bi (30-80)	180	220	600	0,90	67	Com carbonato
BC (80-120)	190	220	590	0,90	57	Com carbonato

3.2. Fracionamento de fósforo

3.2.1. Fósforo inorgânico (P-i)

De modo geral, a fração de fósforo extraída pela resina (P-res) foi maior nos horizontes superficiais em todos os solos, exceto no horizonte Ap do perfil P7, que parece apresentar uma anomalia de fósforo (Tabela 2). Os teores de P-res nesses horizontes variaram de 37,2 a 343,5 mg kg⁻¹. Mesmo comparado com os teores de P obtidos pela extração com Mehlich-1, os teores de P-res são considerados “muito bons” para fins de fertilidade em função do teor de argila (Alvarez V. et al., 1999). Considerando todas as profundidades indicadas, os teores de P-res variaram de 7,3 a 454,9 mg kg⁻¹, demonstrando a natureza variável do material de origem.

A fração lábil (P-lábil), representada pelas frações P-res+P-ib+P-ob, apresentou tendência semelhante apenas ao P-res. Araújo et al. (1993) e Araújo et al. (2004) também encontraram maiores teores de P nos horizontes superficiais em solos da região semiárida do Nordeste, sendo essa mesma tendência também confirmada por Tokura et al. (2002) em solos cultivados sob plantio direto na região Centro Oeste. O P-lábil constituiu de 2,2 % a 14,1 % da fração total de fósforo (P-tot) nos solos (Tabela 3). Nos perfis P4, P5 e P6, que não são cultivados com culturas anuais, a fração lábil contribuiu com percentuais maiores do P-tot, variando de 7,9 % a 14,1 %, sugerindo que as culturas anuais extraem maior quantidade do nutriente.

Os teores de P-res e de P-tot foram altamente correlacionados tanto nos horizontes superficiais ($r=0,966$, $p<0,01$) quanto nos subsuperficiais ($r=0,949$, $p<0,01$), enquanto que o P-ib teve uma correlação positiva e significativa com o P-tot ($r=0,909$, $p<0,01$) apenas nos horizontes subsuperficiais (Tabelas 4 e 5).

A fração P-Fe e P-Al (ligadas à oxi-hidróxidos), representada pelo P-ih, foi menor do que a fração P-Ca (P-a) nos horizontes superficiais de todos os solos, excetuando-se apenas no horizonte A1 do perfil P4 (Tabela 2). Esse solo apresentou valores superiores em relação aos demais solos nos três horizontes estudados, sendo que o P-Fe/Al nesse solo representou pouco mais da metade do teor total de fósforo no solo (Tabela 3). Nos demais perfis, a relação P-ih/P-tot, variou de 2,1 % a 42,0 %, bem distintas daqueles observados por Araújo et al. (2004) em um Latossolo do semiárido nordestino, cujos valores variaram de 9,0 % a 15,0 %.

Observa-se ainda que valores de P-ih maiores do que P-a ocorrem nos horizontes subsuperficiais dos perfis P4 e P5, principalmente, abaixo da profundidade de 20 cm. Isto demonstra que as formas P-Fe e P-Al, embora em termos gerais menos importantes

do que o P-Ca nos solos calcários, também têm participação importante na definição das formas de P. Neste sentido, Ryan et al. (1984) afirmam que o ferro amorfo pode ter um papel importante na adsorção de P, mesmo em solos calcários.

Tabela 2. Frações de fósforo em solos do semiárido desenvolvidos de rochas carbonáticas/fosfáticas no Platô de Irecê, BA

Hor. (cm)	Fração inorgânica ¹				Fração orgânica ²		P-rdu ³	P-tot ⁴
	P-res	P-ib	P-ih	P-a	P-ob	P-oh		
----- mg kg ⁻¹ -----								
P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico								
A1 (0-10)	38,5	32,1	333,2	86,5	0,0	60,1	74,9	625,3
Bi2 (30-50)	14,9	15,0	186,2	54,8	0,0	40,0	53,7	364,6
Bw2 (80-110)	9,5	10,8	128,9	28,2	0,0	15,2	64,2	256,8
P5 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico								
Ap (0-5)	76,3	46,4	187,4	689,4	0,0	20,3	49,1	1.068,9
Bic (20-60)	39,1	43,4	265,6	176,8	0,0	52,1	93,4	670,4
Bw (60-120)	39,2	37,2	272,1	172,4	0,0	47,5	80,1	648,5
P6 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico								
Ap (0-10)	143,4	89,3	416,5	712,6	0,0	134,5	148,9	1.645,2
Bic (25-45)	51,0	44,3	235,2	255,9	0,0	109,0	118,5	813,9
BCc (100-150)	43,8	40,7	231,8	186,6	0,0	63,3	131,3	697,5
P7 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico								
Ap (0-5)	343,5	123,3	530,4	8.173,1	0,0	216,0	208,3	9.594,6
Bw2 (35-90)	311,5	145,3	589,4	8.038,4	0,0	225,6	150,4	9.460,2
BCc (90-140)	454,9	189,2	609,6	27.754,2	0,0	202,0	147,2	29.357,1
P8 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico								
Ap (0-5)	37,2	29,3	187,5	635,0	1,2	118,4	66,8	1.075,4
Bi (30-80)	7,3	3,3	58,0	123,0	0,0	32,5	12,2	236,3
BC (80-120)	8,0	1,1	44,9	75,0	0,5	34,3	10,0	173,8

¹P-res=P extraído com resina, P-ib=P inorgânico extraído com bicarbonato de sódio, P-ih=P inorgânico extraído com hidróxido de sódio, P-a=P inorgânico extraído com ácido sulfúrico; ²P-ob=P orgânico extraído com bicarbonato de sódio, P-oh=P orgânico extraído com hidróxido de sódio; ³P-rdu=P residual; ⁴P-tot=P total.

No que se refere ao P-a, correspondente às formas de P ligadas ao Ca (P-Ca), de modo geral os horizontes superficiais dos solos apresentaram valores superiores aos horizontes subsuperficiais, variando de 86,5 a 712,6 mg kg⁻¹. A exceção mais uma vez foi observada no perfil P7, cujos teores nesse solo são muito elevados, variando de 1,84 % a 6,21 % de P₂O₅ (Tabela 2).

Excetuando-se o perfil P7, os demais horizontes apresentaram um percentual de P-a entre 11,0 % a 64,5 % em relação ao P-tot. Araújo et al. (2004) encontraram valores dessa relação que variaram de 8,0 % a 27,0 % em Luvisolo do semiárido nordestino. Já

no perfil P7, o P-tot apresenta valores que variam de 85,0 % a 94,5 % de P-Ca. Com isso, houve uma correlação positiva entre o P-a e o P-tot de 0,998 e 0,999, nos horizontes superficiais e subsuperficiais, respectivamente, com significância de 1 %. Os teores de P-a apresentaram também correlação positiva com o teor de carbonato de cálcio no solo apenas nos horizontes subsuperficiais ($r=0,926$, $P<0,01$).

O P-a apresentou tendência semelhante ao P-res, com maiores valores nos horizontes superficiais. Essas frações apresentaram correlações positivas nos horizontes superficiais ($r=0,953$, $p<0,05$) e subsuperficiais ($r=0,940$, $p<0,01$). Isso sugere que o P-Ca funciona como uma fonte de fósforo nos horizontes superficiais dos Cambissolos estudados. Resultados semelhantes também foram encontrados por Lajtha & Bloomer (1988) em solos de ecossistema desértico e por Carreira et al. (2006) em solos calcários de regiões áridas.

Tanto em termos absolutos, quanto em termos relativos ao P-tot, a fração P-Ca apresentou tendência dominante em todos os solos, com exceção ao perfil P4, resultados semelhantes aos encontrados por Harrell & Wang (2006) em solos calcários da América do Norte. Não há referências comparativas para solos calcários do Brasil.

3.2.2. Fósforo orgânico (P-o)

Praticamente não foram observadas formas de fósforo de origem microbiológica nos solos, extraído pelo bicarbonato de sódio (P-ob). A única forma expressiva de fósforo orgânico encontrado foi o P-oh (Tabela 2). A fração orgânica (P-ob+ P-oh) representou valores que variam de 0,70 % a 20,0 % do P-tot (Tabela 3), com uma média de 8,30 %, corroborando os dados obtidos em solos do semiárido nordestino por Agbenin & Tiessen (1994), que verificaram teor médio de 5 %, mas bem abaixo daqueles observados por Samadi (2003) em solos calcários da Austrália (35 %). É preciso destacar que os valores de MO dos solos são muito baixos e, por essa razão, devem ter influenciado nos baixos teores de P-o desses solos.

O P-o não apresentou correlação significativa com a matéria orgânica dos solos em nenhum dos horizontes, diferente do observado por Shariatmadari et al. (2007), que verificaram correlação positiva e significativa em solos calcários do semiárido no Irã.

Tabela 3. Contribuição de formas de fósforo em relação ao fósforo total, encontradas em solos do semiárido desenvolvidos de rochas carbonáticas/fosfáticas no Platô de Irecê, BA

Hor. (cm)	P-o ¹	P-i	P-lab	P-ih	P-a	P-rdu
----- % -----						
P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico						
A1 (0-10)	9,6	78,4	11,3	53,3	13,8	12,0
Bi2 (30-50)	11,0	74,3	8,2	51,1	15,0	14,7
Bw2 (80-110)	5,9	69,1	7,9	50,2	11,0	25,0
P5 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
Ap (0-5)	1,9	93,5	11,5	17,5	64,5	4,6
Bic (20-60)	7,8	78,3	12,3	39,6	26,4	13,9
Bw (60-120)	7,3	80,3	11,8	42,0	26,6	12,3
P6 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
Ap (0-10)	8,2	82,8	14,1	25,3	43,3	9,0
Bic (25-45)	13,4	72,0	11,7	28,9	31,4	14,6
BCc (100-150)	9,1	72,1	12,1	33,2	26,8	18,8
P7 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico						
Ap (0-5)	2,3	95,6	4,9	5,5	85,2	2,2
Bw2 (35-90)	2,4	96,0	4,8	6,2	85,0	1,6
BCc (90-140)	0,7	98,8	2,2	2,1	94,5	0,5
P8 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico						
Ap (0-5)	11,1	82,7	6,3	17,4	59,0	6,2
Bi (30-80)	13,8	81,1	4,5	24,5	52,1	5,2
BC (80-120)	20,0	74,2	5,6	25,8	43,1	5,7

¹ P-ob=P orgânico, P-ib=P inorgânico, P-lab=P lábil, P-ih=P inorgânico extraído com hidróxido de sódio, P-a=P inorgânico extraído com ácido sulfúrico, P-rdu=P residual.

Tabela 4. Coeficientes de correlação linear (r) entre formas de fósforo e alguns atributos do solo em horizontes superficiais de cinco perfis de solos do semiárido desenvolvidos de rochas carbonáticas/fosfáticas no Platô de Irecê, BA

	P-res ¹	P-ib	P-ih	P-a	P-oh	P-rdu	P-tot	Argila	M.O.	CaCO ₃
P-res	1,000									
P-ib	0,959* ²	1,000								
P-ih	0,848 ^{ns}	0,882**	1,000							
P-a	0,953**	0,829 ^{ns}	0,737 ^{ns}	1,000						
P-oh	0,823 ^{ns}	0,799 ^{ns}	0,782 ^{ns}	0,803 ^{ns}	1,000					
P-rdu	0,932**	0,958**	0,949**	0,830 ^{ns}	0,907**	1,000				
P-tot	0,966*	0,855 ^{ns}	0,771 ^{ns}	0,998*	0,824 ^{ns}	0,859 ^{ns}	1,000			
Argila	-0,867 ^{ns}	-0,742 ^{ns}	-0,730 ^{ns}	-0,900**	-0,531 ^{ns}	-0,704 ^{ns}	-0,897**	1,000		
M.O.	-0,357 ^{ns}	-0,104 ^{ns}	-0,102 ^{ns}	-0,612 ^{ns}	-0,488 ^{ns}	-0,216 ^{ns}	-0,581 ^{ns}	0,427 ^{ns}	1,000	
CaCO₃	0,942**	0,975*	0,764 ^{ns}	0,818 ^{ns}	0,708 ^{ns}	0,876 ^{ns}	0,836 ^{ns}	-0,734 ^{ns}	-0,090 ^{ns}	1,000

¹P-res=P extraído com resina, P-ib=P inorgânico extraído com bicarbonato de sódio, P-ih=P inorgânico extraído com hidróxido de sódio, P-a=P inorgânico extraído com ácido sulfúrico, P-oh=P orgânico extraído com hidróxido de sódio, P-rdu=P residual, P-tot=relação P total. ²* significativo a 1 %, ** significativo a 5 %, ^{ns} não significativa.

Tabela 5. Coeficientes de correlação linear (r) entre formas de fósforo e alguns atributos do solo em horizontes subsuperficiais de cinco perfis de solos do semiárido desenvolvidos de rochas carbonáticas/fosfáticas no Platô de Irecê, BA

	P-res ¹	P-ib	P-ih	P-a	P-oh	P-rdu	P-tot	Argila	M.O.	CaCO ₃
P-res	1,000									
P-ib	0,986* ²	1,000								
P-ih	0,928*	0,972*	1,000							
P-a	0,940*	0,896*	0,790*	1,000						
P-oh	0,924*	0,945*	0,931*	0,761**	1,000					
P-rdu	0,692**	0,793*	0,853*	0,542 ^{ns}	0,780*	1,000				
P-tot	0,949*	0,909*	0,807*	0,999*	0,778*	0,563 ^{ns}	1,000			
Argila	-0,711**	-0,719**	-0,702**	-0,542 ^{ns}	-0,827*	-0,598 ^{ns}	-0,557 ^{ns}	1,000		
M.O.	-0,083 ^{ns}	-0,015 ^{ns}	0,021 ^{ns}	-0,178 ^{ns}	0,199 ^{ns}	0,229 ^{ns}	-0,168 ^{ns}	-0,073 ^{ns}	1,000	
CaCO₃	0,924*	0,899*	0,823*	0,926*	0,835*	0,668**	0,931*	-0,654**	0,039 ^{ns}	1,000

¹P-res=P extraído com resina, P-ib=P inorgânico extraído com bicarbonato de sódio, P-ih=P inorgânico extraído com hidróxido de sódio, P-a=P inorgânico extraído com ácido sulfúrico, P-oh=P orgânico extraído com hidróxido de sódio, P-rdu=P residual, P-tot=relação P total. ²* significativo a 1 %, ** significativo a 5 %, ^{ns} não significativa.

3.2.3. Fósforo residual (P-rdu) e fósforo total (P-tot)

Os teores de P-rdu variaram de 10,0 a 208,3 mg kg⁻¹ (Tabela 2). O perfil P7, que apresentou os maiores teores de P-tot, foi o solo que teve a menor relação P-rdu/P-tot, variando de 0,5 % a 2,2 %. A maior parte do fósforo nesse perfil está ligada ao cálcio. Por outro lado, o perfil P4, que apresentou os maiores valores na relação P-rdu/P-tot, apresentou os menores teores de P-Ca e de P-tot. Observa-se que os valores de P-tot diminuíram em todos os solos com o aumento da profundidade, tendência que também foi observada por Tokura et al. (2002) em solos cultivados sob plantio direto no Cento-Oeste.

Os valores de P-tot nesses perfis podem ser considerados altos quando comparados com outros solos do Nordeste Brasileiro estudados por Araújo et al. (1993) e Araújo et al. (2004). Nos horizontes superficiais, os menores valores foram apresentados pelo perfil P4, com 625,4 mg kg⁻¹; já nos horizontes subsuperficiais, o perfil P8, escolhido por estar fora da área de mineralização de fósforo, foi o solo que apresentou os valores mais baixos (variando de 173,8 a 236,2 mg kg⁻¹).

O perfil P7 apresentou maiores valores de P em todas as frações analisadas, dentre todos os perfis e, como consequência, apresentou também os maiores valores de P-tot, que podem ser considerados como elevados para solos, variando de 2,07 % a 6,67 % de P₂O₅, o que demonstra que esse solo apresenta uma anomalia natural de fósforo, com pedogênese vinculada à rocha fosfática.

4. CONCLUSÕES

1. Dentre as formas inorgânicas de P nos solos do Platô de Irecê, estabeleceu-se a seguinte ordem: P-Ca > P-Fe/Al > P-lábil.
2. O Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico (perfil P8), utilizado como solo de referência de área externa à mineralização de fósforo, também apresentou valores elevados de P-lábil no horizonte superficial, indicando a redistribuição do material transportado a partir da área de mineralização fosfática.
3. Os solos da sequência analisada apresentaram comportamento diferenciado de solos não calcários do semiárido nordestino, como observado pelo maior teor de carbonato de cálcio que proporcionou maiores teores de P-Ca e menor de P-residual em relação ao P-total.

5. LITERATURA CITADA

AGBENIN, J.O.; TIESSEN, H. Phosphorus transformations in a toposequence of Lithosols and Cambisols from semi-arid northeastern Brazil. *Geoderma*, 62:345-362, 1994.

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação das análises dos resultados dos solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H., (eds.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação*. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

ARAÚJO, M.S.B., SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B. Efeito de fertilizações fosfatadas anuais em solos cultivados com cana-de-açúcar: I. Intensidade e formas de acumulação. *R. Bras. Ci. Solo*, 17: 389-396, 1993.

ARAÚJO, M.S.B.; SCHAEFER, C.E.R.; SAMPAIO, E.V.S. B. Soil phosphorus fractions from toposequences of semi-arid Latosols and Luvisols in northeastern Brazil. *Geoderma*, 119:309-321, 2004.

BAHIA. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Mapa de amostragem geoquímica da área alvo Tanquinho-Lapão: projeto metais-base e fosfato da bacia de Irecê 2ª fase. Salvador: CBPM, 1997. 1 mapa cópia heliográfica. Anexo 8.

BOMFIM, L.F.C.; ROCHA, A.J.D; PEDREIRA, A.J.; MORAIS FILHO, J.C.; GUIMARÃES, J.T.; TESCH, N.A. Projeto bacia de Irecê – relatório final, texto. Vol I. Salvador: CBPM, 1985.149p.

CAR - Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. Irecê: Perfil Regional; Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável - PDRS. Salvador: 2002. 61p. (Série Cadernos CAR, 29).

CARREIRA, J.A.; VIÑEGLA, B.; LAJTHA, K. Secondary CaCO_3 and precipitation of P-Ca compounds control the retention of soil P in arid ecosystems. *J. Arid Environ.*, 64:460-473, 2006.

CAVEDON, A.D. Classificação, características morfológicas, físicas e químicas dos principais solos que ocorrem no semiárido brasileiro. In: SIMPÓSIO SOBRE

CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, Feira de Santana, 1984. Anais...
SIMPÓSIO SOBRE CAATINGA E SUA EXPLORAÇÃO RACIONAL, Brasília:
EMBRAPA-DDT, 1986. 361p. p.74-91.

CEI - Centro de Estatística e Informações (BA). Informações básicas dos municípios
baianos: Irecê. Salvador: 1994. 453p.

CHANG, S.C.; JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.*, 84:133–
144, 1957.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de
solo. Rio de Janeiro: 1997. 212p.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: 2006. 306p.

EMBRAPA-SNLCS. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem
direita do Rio São Francisco - Estado da Bahia. Recife: 1979. v. 2. (Brasil-SNLCS.
Boletim Técnico, 52; Brasil. SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 10).

HARRELL, D.L.; WANG, J.J. Fractionation and sorption of inorganic phosphorus in
Louisiana calcareous soils. *Soil Sci.*, 171:39-51, 2006.

HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B.; CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and
organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory
incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:970-976, 1982.

IBGE. Cidades@. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/cidadesat/
topwindow.htm](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm)>. Acesso em: 22 mar 2010.

JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. 6. ed. Madison: University of Wisconsin,
1958. 498p.

LAJTHA, K.; BLOOMER, H. Factors affecting phosphate sorption and phosphate
retention in a desert ecosystem. *Soil Sci.*, 146:160-167, 1988.

LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New York: John Wiley & Sons, 1979.
449p.

NEVES, J.P. Geologia econômica/metalogenia. In: SAMPAIO, A.R. SANTOS, R.A.;
ROCHA, A.J.D. (orgs.) Programa Levantamentos Geológicos do Brasil-PLGB.

Jacobina- Folha SC.24-Y-C, Estado da Bahia. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. p.57-65.

NORRISH, K.; ROSSER, H. Mineral phosphate. In: CSIRO, Division of Soils. Soils: an Australian viewpoint. Melbourne: Academic Press, 1983. p.335-361.

PANSU, M.; GAUTHEYROU, J. Handbook of soils analysis – mineralogical, organic and inorganics methods. New York: Spring, 2006. 993p.

PEDREIRA, A. J.; ROCHA, A.J.D.; GUIMARÃES, J.T.; BOMFIM, L.F.C.; MORAIS FILHO, J.C.; MOTTA, A.C. Projeto Bacia de Irecê – relatório da etapa I. Salvador: CPRM, 1985. 93p.

RESENDE, M.; CURTI, N.; SANTANA, D.P. Pedologia e fertilidade do solo – interações e aplicações. Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFOS, 1988. 81p.

RYAN, J.; CURTIN, D; CHEEMA, M.A. Significance of iron oxides and calcium carbonate particle size in phosphate sorption by calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 48:74-76, 1984.

SAMADI, A. A study on distribution of forms of phosphorus in calcareous soils of Western Australia. J. Agric. Sci. Technol. 5: 39-49, 2003.

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. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2005. 92p.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (Salvador, BA). Dinâmica sóciodemográfica da Bahia: 1980-2002. Série Estudos e Pesquisas, Salvador, 2:60, 2003.

SEPLANTEC, Secretária de Ciência e Tecnologia. Programa de desenvolvimento integrado da MRP-12 – Irecê. Resumo do diagnóstico, estratégia, programação indicativa. Salvador: 1974. (s.p.).

SHARIATMADARI, H.; SHIRVANI, M.; DEGHAN, R.A. Availability of organic and inorganic phosphorus fractions to wheat in toposequences of calcareous soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal., 38:2601-2617, 2007.

SILVA, F.B R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C.; BRITO, L.T.L.;
CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, A.B.; ARAÚJO FILHO, A.C.;
LEITE, A.P. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e
agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/Recife, EMBRAPA/CNPS.
Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v.

TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C.H.;
ALOVISI, A.A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade
e tempo de cultivo. *Pesq. Agropec. Bras*, 37:1467-1476, 2002.

CAPÍTULO V

OCORRÊNCIA NATURAL DE METAIS PESADOS EM SOLOS ANÔMALOS DESENVOLVIDOS AO LONGO DE UM GOSSAN NO PLATÔ DE IRECÊ, BA

RESUMO: O Platô de Irecê-BA possui faixas alongadas de formações superficiais em forma de crosta laterítica derivadas do intemperismo de mineralizações sulfetadas, conhecidas como gossans, representando extensas anomalias, principalmente para Pb e Zn. Essas anomalias merecem um estudo mais detalhado pela pedologia, em função das implicações ambientais decorrentes, com a possibilidade da presença de concentrações elevadas de metais pesados em solos sob cultivos. Como esses solos vêm sendo utilizados há décadas para a produção de feijão, milho e mamona, há possibilidade de esses elementos serem absorvidos em excesso pelas plantas e provocarem danos para o homem e para o meio ambiente. Com base nessa preocupação, desenvolveu-se um estudo no Município de Lapão-BA, em uma sequência composta por cinco perfis de solos desenvolvidos ao longo de um gossan. Analisaram-se os metais Fe, Mn, Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, Cu, Ti e As obtidos nos teores totais; pelo Mehlich-1 e por diferentes extratos da extração sequencial de fósforo, comparando esses teores com base nos valores de referência e nos limites de tolerância determinados pela legislação ambiental brasileira. Os resultados indicam que os elementos Zn (perfis 04, 05 e 06), Pb (perfis 04, 05, 06 e 07) e Cr (perfis 05 e 06) possuem teores totais dentro da faixa dos valores de investigação, considerado pela legislação ambiental brasileira. A forte anomalia para Zn, Pb e Cr observada no Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico (P6) pode levar ao comprometimento da qualidade desse solo e apresentar riscos potenciais para o homem e para o meio ambiente. O intemperismo das mineralizações sulfetadas pode ter

contribuído com aportes de Mn ao solo, já que os teores totais foram maiores para solos localizados na área do gossan. Os valores elevados de Zn, Pb e Cr no solo utilizado como referência de área externa ao gossan (perfil P8) indicam que ocorreu uma redistribuição lateral do material do gossan na paisagem. Os valores de metais pesados extraídos pela solução Mehlich-1 representaram uma pequena fração do total dos elementos.

PALAVRAS-CHAVE: solos calcários, zinco, chumbo, cromo, gossan, semiárido.

NATURAL OCCURRENCE OF HEAVY METALS IN SOILS DEVELOPED FROM SULFIDE-BEARING ROCKS FROM IRECÊ-BA PLATEAU

ABSTRACT: The Irecê-BA Plateau possesses surface formations derived from the weathering of sulfide mineralization, known as gossans, enabling the occurrence of extensive anomalies, especially for Pb and Zn. These anomalies deserve detailed pedological studies, given the environmental implications and possibility of high concentrations of heavy metals in soils. Since these soils are cultivated with beans, maize and other crops, there is possibility of toxic concentrations in plants capable of causing harm to humans and the environment. Based on this concern, a study was developed in Lapão-BA, along a toposequence of five soil profiles developed from the largest Gossan. We analyzed total and available amount of Fe, Mn, Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, Cu, Ti and As, comparing their levels with reference amounts and tolerance limits set by Brazilian environmental legislation. The results indicate that Zn (soil 04, 05 and 06), Pb (soil 04, 05, 06 and 07) and Cr (soil 05 and 06) have higher total amounts within the range of intervention, considered by Brazilian environmental legislation; the eutrophic oxic Inceptisol (P6) presents a strong anomaly for Zn, Pb and Cr, may lead to impairment of quality of soil and potential risks to humans and the environment; the weathering of sulfide may have contributed to Mn in soil, since the total Mn amounts were higher in soils overlying Gossan; the high levels of Zn, Pb and Cr in soil located outside the gossan (profile P8) indicating a widespread redistribution weathered gossan; the values of heavy metals extracted by Mehlich-1 solution represented a small fraction of the elements.

KEY WORDS: calcareous soils, zinc, lead, chromium, gossan, semi-arid northeastern Brazil.

1. INTRODUÇÃO

Considerada como um dos principais polos de produção agrícola do Nordeste, a região de Irecê está localizada no centro norte da Bahia, e encontra-se totalmente inserida no semiárido do estado, com temperatura média anual de 23,5 °C e precipitação anual média de 650 mm.

Das oito unidades geoambientais identificadas na região, a Chapada de Irecê destaca-se por ocupar a maior área, com 37 % de cobertura (CAR, 2002). Essa chapada é constituída por um vasto platô fracamente dissecado, cuja altitude varia de 500 a 800 m (Silva et al., 1993) e com desenvolvimento de drenagem subterrânea.

Do ponto de vista geológico, a região é representada pela Bacia Calcária de Irecê, que faz parte da Formação Salitre, do Grupo Una, integrante do Supergrupo São Francisco. A Formação Salitre é originada pela deposição de rochas calcárias em ambiente de supra, inter e submaré (Brasil, 1983; Souza et al., 1993; Sampaio, 2001). A Bacia de Irecê possui depósitos primários de fosfatos que estão contidos em estromatólitos colunares (Pedreira et al., 1985) e acompanhando a mineralização de sulfetos de Fe-Zn-Pb (Sanches et al., 2007), formando faixas alongadas, porém descontínuas, dentro dos calcários (Figura 1). Tais mineralizações estão associadas à Unidade Nova América, base da Formação Salitre.

As mineralizações sulfetadas originaram da ação dos fluidos hidrotermais através de falhas e fraturas herdadas do embasamento, com importante participação da permeabilidade das rochas calcárias que contribuiu para o retardamento da circulação do fluido e para a deposição do mineral (Gomes, 2005). Os principais tipos de minerais sulfetados que ocorrem na bacia calcária de Irecê são pirita (Fe), esfalerita (Zn) e galena (Pb) rica em prata (Oliveira et al., 1993).

Os indícios indiretos de sulfetos revelados em análises químicas feitas em estudos no Platô de Irecê possuem uma relação com diversos gossans que ocorrem na região (Bomfim et al., 1985), termo que é usado para definir a cobertura superficial de mineralizações sulfetadas, formada por óxido de ferro resultante da oxidação e remoção da pirita (Trush, 1968).

Um dos primeiros relatos sobre a existência de Pb na região foi de Montes-Flôres (1937). A partir daí, alguns autores atestaram a existência de uma extensa anomalia para Pb, Zn, e F na área central da bacia calcária de Irecê. Oliveira & Bruni (1977) analisaram uma área anômala entre os municípios de Irecê e Lapão, identificando elevadas concentrações de Pb ($> 3.000 \text{ mg kg}^{-1}$) em produtos de alteração.

Em solos próximos dessa área, os autores encontraram concentrações de Pb e Zn superiores a 1.000 mg kg^{-1} e 960 mg kg^{-1} , respectivamente. Rocha et al. (1979) também observaram sedimentos com expressivos teores de Pb ($100\text{-}200 \text{ mg kg}^{-1}$), Zn ($130\text{-}4.800 \text{ mg kg}^{-1}$) e F de ($700\text{-}1.200 \text{ mg kg}^{-1}$). Misi (1979) chamou a atenção para a possibilidade de ocorrência de uma “camada fonte” de Pb e Zn, já que a análise do material apontou valores acima do *background* para os tipos de rochas analisadas. Bomfim et al. (1985) registraram em um gossan no Município de Lapão-BA, concentrações de 7.900 mg kg^{-1} de Pb e de 5.400 mg kg^{-1} para Zn. Oliveira et al. (1993) analisaram o gossan Irecê-Lapão e atestaram a riqueza em Pb, Zn, As e Ag, com teores ligeiramente elevados de Cu.

Esses relatos da geologia demonstram que existem, naturalmente, concentrações elevadas de vários elementos nas rochas superficiais e nos solos do Platô de Irecê, principalmente metais pesados, que merecem ser estudados com mais detalhes pela pedologia, tendo em vista as implicações ambientais decorrentes. Como esses solos vêm sendo utilizados há décadas para a produção agrícola de feijão, milho e mamona, existe a possibilidade de esses elementos serem absorvidos em excesso pelas plantas, podendo provocar danos ao homem e ao meio ambiente.

Com o reconhecimento dos riscos potenciais dos metais pesados para o meio ambiente, diversos autores têm dedicado merecida atenção ao tema, analisando os níveis e a dinâmica desses elementos, tanto associado à ocorrência natural quanto à ocorrência antrópica. Apenas para citar alguns, dentre os diversos trabalhos desenvolvidos sobre metais pesados no Brasil nos últimos anos, Amaral Sobrinho et al. (1992), Campos et al. (2005) e Gonçalves et al. (2008) encontraram teores significativos de metais pesados em fertilizantes minerais; Ramalho et al. (1999) registraram aumentos significativos de alguns metais pesados, adicionados em solos por fertilizantes e água de irrigação; Oliveira & Costa (1999, 2004) utilizaram a presença de alguns metais pesados para separar solos oriundos de diferentes materiais de origem; Fadigas et al. (2002) determinaram os teores totais de metais pesados em condições naturais, em diversos solos brasileiros; Nascimento et al. (2004) e Silva et al. (2006) estudaram a viabilidade do uso agrícola de lodo de esgoto em função do teor de metais pesados; Fadigas et al. (2006) fizeram recomendação dos valores de referência e dos limites de tolerância de alguns metais pesados para solos; Fernandes et al. (2007) avaliaram a concentração de metais pesados em solos agrícolas, água de irrigação e vegetais; e Carvalho et al. (2008), Cunha et al. (2008) e Schmidt et al. (2009) avaliaram a produção vegetal em solos contaminados por metais pesados.

Especificamente no Platô de Irecê, o Pb e o Zn são os metais pesados mais destacados pelos diversos autores que analisaram os gossans na região (Oliveira & Bruni, 1977; Rocha et al., 1979; Misi, 1979; Bomfim et al., 1985; Bomfim & Pedreira, 1990 e Oliveira et al., 1993). O Pb permanece no ambiente por um longo tempo, em comparação com a maioria dos outros contaminantes, com tendência de se acumular no solos e sedimentos juntamente com os seus compostos, podendo ficar disponível e entrar na cadeia alimentar (Davies, 1993). O Zn é considerado como um dos elementos essenciais para as plantas e animais. No solo ele pode ser adsorvido por minerais de argila, óxidos metálicos hidratados e matéria orgânica e sua concentração pode variar de 10-300 mg kg⁻¹, podendo ser tóxico em altas concentrações (Kiekens, 1993).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar os teores de alguns metais pesados extraídos pelo ataque total, Mehlich-1 e em extratos obtidos do fracionamento de fósforo em uma sequência de solos desenvolvidos ao longo de um gossan no Platô de Irecê, Bahia, analisando esses teores com base nos valores de referência e nos limites de tolerância determinados pela legislação ambiental brasileira, enfatizando as implicações ambientais decorrentes do uso agrícola.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Município de Lapão-BA, que pertence à unidade geoambiental Platô de Irecê. Escolheu-se uma sequência de solos calcários com pH variando de 6,5 a 7,6, desenvolvidos ao longo de um gossan, que foi identificado com base no mapa da amostragem geoquímica para prospecção de metais e fosfatos, elaborado por Bahia (1997). De acordo com Bomfim et al. (1985), a área de estudo constitui o principal gossan em extensão da região. Os solos desenvolvidos a partir dos gossans ocupam pequenas faixas pontuais em uma área com um comprimento de 13,5 km e largura média de 0,5 km (Figura 1). A sequência é composta por cinco perfis de solos, cujas coordenadas UTM de referência são 187935 e 8736346, zona 24S.

A descrição dos perfis em campo foi efetuada segundo Santos et al. (2005) e a classificação dos solos foi feita conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006). Os solos foram os seguintes: Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico (P4), Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P5), Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6), Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) e Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P8).

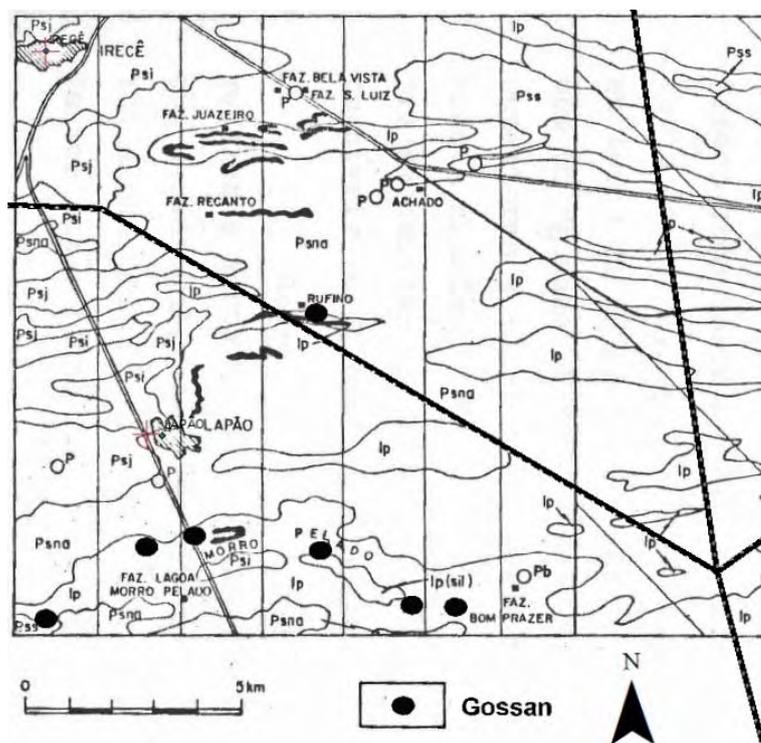


Figura 1. Localização de gossans no Platô de Irecê-BA (Fonte: Bomfim et al., 1985).

Todos os perfis estão dispostos em alinhamento leste-oeste, dentro da área do gossan, com exceção do perfil P8, que se encontra ao sul dos demais e que foi selecionado por estar fora da área de mineralização. O perfil P4 possui uma vegetação de Caatinga degradada por pastoreio direto de bovinos, rica em mandacaru (*Cereus sp.*). Os perfis P5 e P6 possuem uma vegetação dominada por angico (*Anadenanthera sp.*) com estrato gramíneo. Os perfis P7 e o P8 são cultivados com feijão, milho e mamona há mais de 40 anos, com constante utilização de mecanização agrícola. É importante ressaltar que nenhum dos solos recebeu qualquer tipo de fertilização ou corretivo; com isso, os metais pesados neles encontrados são assumidos como exclusivamente de ocorrência natural.

Em cada perfil foram coletados materiais de solos de três horizontes, de modo a acompanhar a distribuição dos elementos em profundidade. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira com abertura de malha de 2,0 mm, constituindo-se em TFSA.

Subamostras de 10 g de TFSA, em triplicata, foram utilizadas para a determinação dos teores de Fe, Mn, Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, Cu, Ti e As, extraídos pela solução de Mehlich-1, com relação solo:solução de 1:10.

Os teores de Pb, Zn, Cu e Fe foram também obtidos após a extração sequencial de fósforo (ver capítulo IV desta tese), segundo análise em triplicata efetuada com resina de troca aniônica (P-lábil), bicarbonato de sódio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (P-moderadamente

lável), hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (P-Fe/Al), ácido sulfúrico 1 mol L^{-1} (P-Ca) e ácido sulfúrico concentrado e peróxido de hidrogênio (P-residual).

O ataque total triácido foi feito de acordo com o método USEPA 3052 (1996), com utilização de subamostras da TFSA trituradas em almofariz de ágata e passadas em peneiras com abertura de malha de 60 mesh. Subamostras de 0,4000 g do material triturado, em triplicata, foram colocadas em tubos de TDM, seguindo da adição de soluções concentradas de 3 mL de HCl, 9 mL de HNO_3 e 4 mL de HF. As amostras foram digeridas em forno de microondas a uma temperatura de $180 \text{ }^\circ\text{C}$ e pressão de 689,47 kPa durante 30 minutos. No extrato triácido foram determinados os mesmos elementos citados anteriormente e extraídos por Mehlich-1.

As leituras dos elementos presentes nas soluções extraídas pelos diversos extratores foram feitas por espectrometria de plasma de emissão atômica (ICP-AES). Os teores de metais pesados foram comparados com os valores orientadores de qualidade de solos adotados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Teores totais de metais pesados

Como não existe valor de referência de qualidade para solos do Estado da Bahia, foram adotados os valores do Estado de São Paulo, de acordo com Cetesb (2005).

O valor de referência de qualidade diz respeito à concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo. O valor de prevenção refere-se à concentração de determinada substância acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo. O valor de investigação é a concentração de determinada substância no solo acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição padronizado (Conama, 2009).

Assumindo que sejam negligenciáveis a adição antrópica de insumos e a contribuição pela deposição atmosférica, os teores de Zn obtidos indicam a anomalia dos solos do gossan. Os perfis P4, P5 e P6 (Tabela 1) apresentam em todos os horizontes teores totais de Zn acima do valor de investigação (450 mg kg^{-1}), com destaque para o perfil P6, com teores superiores ao dobro do valor de investigação. A exceção foi o horizonte Bi2 do perfil P4, que apresentou valor de $438,2 \text{ mg kg}^{-1}$, considerado acima do valor de prevenção, comprometendo a qualidade do solo. Os

demais perfis (P7 e P8) possuem teores de Zn, em todos os horizontes, acima de 180 mg kg⁻¹, pelo menos três vezes mais que o valor de referência de qualidade do solo. Todos os valores caracterizam anomalias de 1ª ordem (≥ 193 mg kg⁻¹) ou 2ª ordem (92-192 mg kg⁻¹) para Zn em áreas de mineralização na Formação Salitre, adotadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), segundo Bomfim & Pedreira (1990).

Mesmo elevados, esses valores estão bem abaixo daqueles relatados por Borges Júnior et al. (2008), que analisaram solos desenvolvidos sobre uma forte anomalia geológica em Vazante-MG, onde os teores totais de Zn variaram de 52.936 a 129.768 mg kg⁻¹. Os autores verificaram ainda que, em geral, os teores totais de Zn nos solos localizados na área mineralizada foram muito superiores em relação aos solos localizados nas áreas próximas.

Por outro lado, os teores obtidos no presente estudo foram superiores aos relatados por Chiprés et al. (2009), em solos desenvolvidos de calcário em áreas anômalas da região semiárida mexicana (56,74 mg kg⁻¹); por Campos et al. (2003), em Latossolos brasileiros (39 mg kg⁻¹), e por Fernandes et al. (2007) em solos agrícolas do Estado de Minas Gerais, cujos teores totais de Zn variaram de 8,33 a 275,41 mg kg⁻¹.

Com relação ao Pb, excetuando-se o perfil P8, utilizado como referência de solo externo ao gossan, todos os demais apresentaram teores acima do valor de investigação (180 mg kg⁻¹) em todos os horizontes. No perfil P5 os valores de Pb são, pelo menos, quatro vezes maiores que o valor de investigação, e no perfil P6 as concentrações de Pb são mais de 23 vezes maiores que esse mesmo valor orientador. Mesmo o perfil P8, de referência, com os menores teores dentre os solos analisados (123,3 a 161,3 mg kg⁻¹), possui teores de Pb acima do valor de prevenção. Tal fato ilustra a possível influência do gossan sobre a área próxima. Todos os teores obtidos são superiores aos limites de anomalias de 1ª ordem na Formação Salitre (≥ 114 mg kg⁻¹), segundo Bomfim & Pedreira (1990).

Os teores de Pb foram superiores à concentração relatada por outros autores para solos não anômalos. Sanchez-Camazano et al. (1998), que estudaram metais pesados de ocorrência natural em solos calcários sob vegetação nativa na Espanha, observaram teores totais de Pb variando de 4,44 a 50,34 mg kg⁻¹. No Brasil, Campos et al. (2003) encontraram teores totais médios de Pb em Latossolos de 22 mg kg⁻¹, e Fernandes et al. (2007) observaram teores totais de Pb em solos de Minas Gerais, variando de 0 até 36,12 mg kg⁻¹.

Tabela 1. Teores totais de metais pesados em solos desenvolvidos ao longo de um gossan no Platô de Irecê, Bahia¹

Hor. (cm)	Fe ₂ O ₃ -- % --	Mn	Zn	Pb	Cr	Ni	Cd	Cu	As	TiO ₂ -- % --
----- mg kg ⁻¹ -----										
P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico										
A1 (0-10)	10,3	4.735,4	516,5	616,0	107,4	43,7	1,1	37,5	0,0	0,62
Bi2 (30-50)	7,7	1.711,2	438,2	290,4	119,2	38,5	0,8	31,2	0,0	0,69
Bw2 (80-110)	10,0	3.321,3	492,2	557,3	119,4	46,8	1,2	35,9	0,0	0,64
P5 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico										
Ap (0-5)	11,2	5.530,5	671,0	1.181,4	247,5	41,5	1,9	61,5	0,0	0,71
Bic (20-60)	15,4	350,8	610,7	772,3	227,5	40,2	2,2	59,0	4,5	0,61
Bw (60-120)	3,4	733,3	597,8	1.143,5	213,3	39,1	1,8	56,1	6,6	0,61
P6 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico										
Ap (0-10)	5,7	1.611,8	1.108,4	5.743,5	210,8	32,4	2,4	147,4	25,9	0,53
Bic (25-45)	12,3	910,2	998,6	4.194,8	366,3	40,8	2,9	163,5	183,3	0,44
BCc (100-150)	31,7	2.379,9	1.218,0	6.426,2	535,1	41,1	4,8	182,8	256,4	0,43
P7 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico										
Ap (0-5)	4,7	592,9	272,9	202,6	131,5	29,4	0,2	23,3	0,0	0,64
Bw2 (35-90)	4,7	452,2	235,2	229,2	123,4	30,3	0,1	22,9	0,0	0,69
BCck (90-140)	4,7	452,2	196,1	221,2	94,8	25,8	0,1	19,9	0,0	0,55
P8 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico										
Ap (0-5)	4,4	348,2	181,4	123,3	111,0	34,1	0,2	21,5	0,0	0,71
Bi (30-80)	4,6	156,7	184,3	143,9	123,2	34,3	0,2	21,1	0,0	0,72
BC (80-120)	5,0	368,0	187,1	161,3	116,7	37,6	0,1	24,5	0,0	0,68

¹Metal pesado (Referência de Qualidade-Prevenção-Investigação) adotado pelo Conama (2009) e Cetesb (2005); Zn (60-300-450); Pb (17-72-180); Cr (40-75-150); Ni (13-30-70); Cd (<0,5-1,3-3); Cu (35-60-200); As (3,5-15-35), expressos em valores totais para solo (mg kg⁻¹ de peso seco).

Com base nos valores de Zn e Pb encontrados no Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6), percebe-se que esse solo possui uma anomalia para esses elementos, que pode levar ao comprometimento da qualidade desse solo e apresentar riscos potenciais para o homem e para o meio ambiente, já que a literatura registra valores médios de Zn no solo de 10 a 300 mg kg⁻¹ (Kiekens, 1993) e de Pb de 10 a 30 mg kg⁻¹ (Davies, 1993).

Outro elemento com teores totais anômalos foi o Cr que, nos perfis P5 e P6 apresentou concentrações acima do valor de investigação (150 mg kg⁻¹), com destaque para o perfil P6, cujos teores chegam a mais de três vezes esse valor orientador, variando de 210,8 a 535,1 mg kg⁻¹. Nos perfis P4, P7 e P8, os teores estão acima de 75 mg kg⁻¹, que é considerado como valor de prevenção.

Em trabalho desenvolvido por Pérez-López et al. (2008), com resíduos de um gossan em Portugal, o teor total de Cr foi de 75 mg kg⁻¹, inferior, portanto, aos teores

aqui observados. Já Fernandes et al. (2007) observaram uma grande variação de Cr em solos agrícolas de Minas Gerais, de 13,47 mg kg⁻¹ (abaixo da referência de qualidade) a 411,65 mg kg⁻¹ (acima do valor de investigação). Os valores de Cr encontrados nos solos do Platô de Irecê (94,8 a 535,1 mg kg⁻¹) estão bem acima daqueles relatados por McGrath & Smith (1993) para rochas calcárias, com teor médio de 10 mg kg⁻¹, evidenciando anomalia local para o elemento.

No que diz respeito ao Ni, a variação dos teores observados foi de 25,8 a 46,8 mg kg⁻¹. Observa-se que todos os solos apresentaram valores acima dos valores de prevenção (Conama, 2009), sendo que nos horizontes Ap e BCck do perfil P7 as concentrações estão acima da faixa de referência de qualidade. A variação obtida está de acordo com o teor médio de Ni no solo, que é de 40 mg kg⁻¹ (McGrath & Smith, 1993) e com os valores encontrados (25,7 mg kg⁻¹) para solos do semiárido da Espanha (Rojo et al., 2004). Porém, são mais elevados que em alguns Latossolos brasileiros, de 18 mg kg⁻¹ (Campos et al., 2003), e em solos calcários da região semiárida do México, de 14,23 mg kg⁻¹ (Chiprés et al., 2009).

De modo geral, os teores de Cd variaram de 0,1 a 2,9 mg kg⁻¹, teores dentro da faixa de referência de qualidade e prevenção. A única exceção foi o horizonte BCc do Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico (P6), que apresentou 4,8 mg kg⁻¹, teor acima do valor de investigação (3 mg kg⁻¹). A variação verificada nos teores de Cd está de acordo com o observado por Sanchez-Camazano et al. (1998) e Rojo et al. (2004), que encontraram valores baixos de Cd em solos calcários (0,05-0,43 mg kg⁻¹) e em solos do semiárido da Espanha (0,21 mg kg⁻¹), respectivamente; e com Campos et al. (2003), que registraram teores de Cd de 0,7 mg kg⁻¹ em Latossolos brasileiros.

Com relação ao Cu, os perfis P7 e P8 apresentaram valores que variaram de 19,9 a 24,5 mg kg⁻¹, todos eles abaixo do valor de referência de qualidade do solo. Rojo et al. (2004) também encontraram resultados semelhantes para solos da região semiárida espanhola (14,4 mg kg⁻¹). Nos perfis P4 e P5, a concentração de Cu apresentou-se acima do valor de referência, sendo que no horizonte Ap do perfil P5 e em todos os horizontes do perfil P6, os valores situam-se acima do limite de prevenção (60 mg kg⁻¹), semelhante ao observado por Campos et al. (2003) para Latossolos no Brasil, com teor médio de Cu de 65 mg kg⁻¹.

Os teores totais de As nos perfis P4, P7 e P8 encontram-se dentro do limite de referência de qualidade do solo (3,5 mg kg⁻¹). Nos horizontes Bic e Bw do perfil P5, os teores superam esse limite, e no horizonte Ap do perfil P6 o teor chega a ser superior à referência de prevenção (15 mg kg⁻¹). Mas, os mais expressivos são os horizontes Bic

(25-45 cm) e BCc (100-150 cm) que apresentaram teores de 183,3 e 256,4 mg kg⁻¹, respectivamente, portanto com teores bem acima da referência de investigação (35 mg kg⁻¹), estando bem mais elevado que o limite para anomalias de 1ª ordem de As em áreas de mineralização na Formação Salitre (≥ 42 mg kg⁻¹), estabelecido pela CPRM (Bomfim & Pedreira, 1990).

Chiprés et al. (2009) verificaram teor total médio de As em solos calcários de áreas anômalas da região semiárida mexicana de 32,99 mg kg⁻¹. Em função da escassez de trabalhos com teor total de As de ocorrência natural em solos no Brasil, destaca-se o estudo feito por Campos et al. (2007), com teores totais de As em Latossolos brasileiros, que registraram uma média de 5,2 mg kg⁻¹, com valor máximo de 31,7 mg kg⁻¹; e Silva et al. (2004), que determinaram o As total em rejeitos de mineração de ouro em Minas Gerais (4.322 mg kg⁻¹).

O Ti teve pouca variação entre os solos (0,43 a 0,72 % de TiO₂). Embrapa (1979) e Cunha et al. (1999, 2000) encontraram teores médios de TiO₂ extraído com ataque sulfúrico de solos calcários de Irecê de 0,23, 0,33 e 0,35 %, respectivamente.

Ao observar os teores de Mn (Tabela 1), de modo geral, os solos podem ser divididos em dois grupos: o primeiro, composto por perfis com maiores teores de Mn (P4, P5 e P6), com variação de 350,8 a 5.530,5 mg kg⁻¹; e o segundo formado pelos perfis P7 e P8, que apresentaram menores conteúdos (156,7 a 592,9 mg kg⁻¹). O perfil P8, que se localiza fora do gossan, apresentou os menores teores. Segundo os critérios de CPRM (Bomfim & Pedreira, 1990) para a Formação Salitre, valores entre 1.440 e 5.000 mg kg⁻¹ indicam uma anomalia de 2ª ordem para Mn.

Em estudo desenvolvido por Yaalon et al. (1972), em solos originados de rochas dolomíticas e calcárias de Israel, foram observados teores médios totais de Mn de 1.387,5 e 1.162,5 mg kg⁻¹, respectivamente, que se encontram mais próximos dos valores dos perfis P4, P5 e P6. Em trabalho desenvolvido por Sharma et al. (2000), com solos da planície do Ganges na Índia, o teor médio total de Mn foi de 384 mg kg⁻¹; considerando apenas os solos da parte semiárida, a média foi de 12,3 mg kg⁻¹.

Os teores de Fe₂O₃ foram bem distintos entre esses dois grupos de solos. Nos perfis P4, P5 e P6, os teores são bem variáveis (3,4 a 31,7 %), com média geral de 9,1 %. Os valores observados para os perfis P7 e P8, além de serem menores, tiveram menores variações percentuais (4,4 a 5,0 %).

A partir do ataque sulfúrico de solos calcários de Irecê, Embrapa (1979) e Cunha et al. (1999, 2000) encontraram valores médios de 5,0; 5,9 e 5,0 % de Fe₂O₃, respectivamente, semelhantes aos teores observados nos dois últimos perfis.

3.2. Teores de metais pesados extraídos com Mehlich-1

Em geral, o Zn apresentou a tendência de diminuição em profundidade (Tabela 2). À semelhança dos teores totais, a disponibilidade do Zn também foi maior no perfil P6 (8,1 a 36,7 mg kg⁻¹), seguido pelo P4 (4,0 a 16,1 mg kg⁻¹) e P5 (5,3 a 15,0 mg kg⁻¹), e por último, os perfis P7 (4,3 a 16,7 mg kg⁻¹) e P8-referência (2,6 a 6,6 mg kg⁻¹). Do ponto de vista nutricional para as plantas, todos esses teores são classificados como altos, de acordo com Alvarez V. et al. (1999). Em condições naturais de solos, teores fitotóxicos de Zn são muito raros (Welch et al., 1991). Teores de Zn em tecidos maduros de plantas entre 100 a 400 mg kg⁻¹ são considerados como tóxicos (Jones Jr., 1991).

O Pb extraído com Mehlich-1 teve comportamento semelhante ao Pb total, com maiores teores nos perfis P6 (52,5 a 57,4 mg kg⁻¹) e P5 (4,6 a 18,8 mg kg⁻¹). Esses valores são mais elevados do que os observados por Silva et al. (2003) em diversos solos após aplicação de 100 Mg ha⁻¹ de composto de lixo que tinha 342 mg kg⁻¹ de Pb em sua composição. Os autores encontraram teores médios extraídos por Mehlich-1 de 0,75 mg kg⁻¹, com valor máximo de 1,25 mg kg⁻¹.

Com relação ao Ni, os valores são muito baixos, variando em geral de 0,2 a 0,7 mg kg⁻¹, com o valor extremo de 2,2 mg kg⁻¹ no horizonte Bic do perfil P5. Dechen & Nachtigall (2006) afirmam que a concentração adequada de Ni para o crescimento das plantas é de 1,5 mg kg⁻¹ de matéria seca da planta.

Os solos apresentaram teores de Cr, Cu e Ti pouco expressivos. Os teores de Cu variaram de 0,4 a 2,8 mg kg⁻¹. De acordo com Alvarez V. et al. (1999), concentrações entre 0,4-0,7 mg kg⁻³ são consideradas como baixas. Em geral, as concentrações encontradas nos perfis P5 e P6 foram mais elevadas quando comparadas com os demais perfis, podendo ser classificadas como altas.

Da mesma forma que ocorreu com o As total, os perfis P5 e P6 foram os únicos que apresentaram valores detectáveis de As extraído por Mehlich-1, variando de 0,3 a 0,6 mg kg⁻¹, que são muito baixos para solos anômalos, se comparados aos relatados por Silva et al. (2004), que encontraram teor de As extraído com solução Mehlich-1 de rejeito de mineração de ouro no Estado de Minas Gerais de 189 mg kg⁻¹.

O Fe extraível por Mehlich-1 apresentou teores variando de 3,6 a 18,4 mg kg⁻¹. Considerando a sua disponibilidade para as plantas, essas concentrações são classificadas como muito baixas a baixas (Alvarez V. et al., 1999), ao contrário do que foi observado por Oliveira & Nascimento (2006) em solos do semiárido de

Tabela 2. Teores de metais pesados extraídos por Mehlich-1 em solos desenvolvidos ao longo de um gossan no Platô de Irecê, Bahia

Horiz. (cm)	Fe	Mn	Zn	Pb	Cr	Ni	Cd	Cu	Ti	As
----- mg kg ⁻¹ -----										
P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico										
A1 (0-10)	3,8	117,2	16,1	0,5	<LD	0,6	<LD	0,6	<LD	<LD
Bi2 (30-50)	8,5	44,3	11,1	0,5	<LD	0,2	<LD	1,1	0,4	<LD
Bw2 (80-110)	4,4	18,0	4,0	0,2	<LD	0,4	<LD	0,4	0,1	<LD
P5 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico										
Ap (0-5)	10,2	92,3	15,0	4,6	0,1	0,4	0,1	0,8	0,2	<LD
Bic (20-60)	11,5	29,9	10,8	18,8	1,1	2,2	<LD	1,8	0,1	0,3
Bw (60-120)	8,0	13,2	5,3	13,2	<LD	0,3	<LD	1,0	0,1	0,3
P6 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico										
Ap (0-10)	6,6	55,3	36,7	57,4	<LD	0,6	0,1	2,1	0,1	0,6
Bic (25-45)	3,6	32,3	21,5	53,5	<LD	0,5	0,1	2,8	<LD	0,6
Cc (150-190)	4,2	14,3	8,1	52,5	0,1	0,5	<LD	1,2	0,1	0,6
P7 - Cambissolo Háptico Ta eutrófico latossólico										
Ap (0-5)	18,2	27,1	16,7	1,3	0,1	0,4	<LD	0,6	0,2	<LD
Bw2 (35-90)	12,4	11,9	7,5	0,5	<LD	0,3	<LD	0,4	0,2	<LD
BCck (90-140)	18,4	16,3	4,3	1,7	0,1	0,2	<LD	0,4	<LD	<LD
P8 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico										
Ap (0-5)	4,3	41,3	6,6	1,4	<LD	0,7	<LD	0,5	<LD	<LD
Bi (30-80)	6,4	16,7	2,6	1,5	<LD	0,4	<LD	0,5	0,3	<LD
BC (80-120)	11,8	30,3	3,0	2,2	<LD	0,4	<LD	0,6	0,1	<LD

Pernambuco, que apresentaram teor médio de Fe extraído com a solução Mehlich-1 de 53,7 mg kg⁻¹.

No que se refere ao Mn, os teores foram muito variáveis (11,9 a 117,2 mg kg⁻¹). Do ponto de vista da fertilidade do solo, Alvarez V. et al. (1999) consideram teores acima de 12 mg dm⁻³ como altos. Essas concentrações são maiores quando comparadas com os teores observados por Oliveira & Nascimento (2006) em solos do semiárido de Pernambuco, com valores médios de Mn extraído pela solução Mehlich-1 em horizontes superficiais e subsuperficiais de 4,9 e 16,8 mg kg⁻¹, respectivamente.

3.3. Determinação de metais pesados em diferentes extratos

A ocorrência de mineralizações fosfatadas próximas a depósitos de sulfetos de Fe, Zn e Pb que ocorrem na região (Bomfim et al., 1985) leva a acreditar na

possibilidade da existência de fosfatos combinados com metais em diferentes formas de ligação. Por essa razão, os extratos da extração sequencial de fósforo (ver capítulo IV desta tese) foram utilizados para se determinar também os teores de metais pesados.

A confirmação do exposto anteriormente dependeria de ensaios com plantas, o que não foi possível realizar-se.

De acordo com a Tabela 3, os teores de Fe e Pb, encontrados em todos os perfis, associados às frações lábeis de P (obtidos juntamente com os extratos de P da resina de troca aniônica + bicarbonato de sódio), são maiores do que os teores extraídos pela solução Mehlich-1. Isso indica que formas de P ligadas a Fe e Pb estão sendo mais efetivamente extraídas pela resina e bicarbonato do que pelo extrator ácido, sugerindo que esses fosfatos de Fe e Pb podem apresentar certa disponibilidade nos solos estudados, e não apenas na forma de minerais secundários de grande estabilidade, como a plumbogumita e a fosfoferrita.

Os teores de Zn e Cu associados às frações lábeis de P, mantiveram-se abaixo daqueles registrados para os mesmos elementos extraídos pela solução Mehlich-1.

No extrato da solução de hidróxido de sódio (Tabela 4), que extrai as formas de P ligadas ao Fe e ao Al, observaram-se concentrações elevadas apenas para o Fe que foi liberado para a solução juntamente com o P. O Pb apresentou teores mais baixos, enquanto que o Zn e o Cu apresentaram teores mais elevados, quando comparados com aqueles das frações lábeis.

No que se refere ao Pb, Zn e Fe obtidos pelo extrato de ácido sulfúrico 1 mol L^{-1} (Tabela 5), juntamente com as formas de P- Ca, os teores são, de modo geral, elevados em todos os perfis, superiores aos valores considerados como “lábeis” (Tabela 3) e aos disponíveis, extraídos pela solução Mehlich-1 (Tabela 2).

O Cu apresentou valores baixos, obtidos com ácido sulfúrico concentrado + peróxido de hidrogênio, que retira as formas de P residual, exceto no perfil P6. Nessa fração, o Pb apresentou teores mais elevados no perfil P6, que apresenta uma forte anomalia para o elemento, e no perfil P8, que se encontra fora da área do gossan, representando uma média de 20 % do Pb total nesse perfil. Os teores de Zn nessa fração também podem ser considerados como pequenos, se comparados com os teores totais do elemento. Já o Fe obtido nessa fração, apresentou os maiores valores dentre todas as frações.

Tabela 3. Teores de metais pesados após extração sequencial de fósforo com resina de troca aniônica e bicarbonato de sódio, em solos desenvolvidos ao longo de um gossan no Platô de Irecê, Bahia

Hor. (cm)	EXTRATORES							
	RESINA DE TROCA ANIÔNICA				BICARBONATO DE SÓDIO			
	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe
	----- mg kg ⁻¹ -----							
	P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico							
A1 (0-10)	13,9	0,8	0,1	40,3	0,7	0,0	0,7	0,0
Bi2 (30-50)	17,7	1,0	0,0	39,5	0,3	0,0	0,6	0,0
Bw2 (80-110)	16,2	1,0	0,0	29,6	0,0	0,0	0,5	0,0
	P5 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico							
Ap (0-5)	16,0	1,0	0,0	32,1	2,0	0,0	0,6	0,0
Bic (20-60)	13,4	0,8	0,0	59,3	5,4	0,0	0,8	0,0
Bw (60-120)	13,4	1,3	0,1	46,1	5,0	0,0	0,7	0,0
	P6 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico							
Ap (0-10)	36,2	3,9	0,7	57,1	39,4	0,0	2,2	0,0
Bic (25-45)	51,0	3,8	0,4	66,7	26,5	0,0	1,4	0,0
BCc (100-150)	37,2	3,6	0,0	71,8	26,4	0,0	0,8	0,0
	P7 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico							
Ap (0-5)	5,7	0,4	0,1	48,5	1,7	0,0	0,4	0,0
Bw2 (35-90)	5,0	0,3	0,1	59,6	0,4	0,0	0,2	0,0
BCck (90-140)	3,6	0,3	0,1	56,8	0,3	0,0	0,1	0,0
	P8 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico							
Ap (0-5)	1,6	0,0	0,1	23,1	0,4	0,0	0,2	0,0
Bi (30-80)	1,6	0,0	0,1	22,6	0,0	0,0	0,4	0,0
BC (80-120)	1,7	0,2	0,1	27,6	0,7	0,0	0,1	0,0

Tabela 4. Teores de metais pesados após extração sequencial de fósforo com hidróxido de sódio, em solos desenvolvidos ao longo de um gossan no Platô de Irecê

Hor. (cm)	EXTRATORES							
	HIDRÓXIDO DE SÓDIO ¹				HIDRÓXIDO DE SÓDIO – ORG. ²			
	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe
	----- mg kg ⁻¹ -----							
	P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico							
A1 (0-10)	10,3	44,9	3,1	5.614,8	0,0	0,0	0,0	926,7
Bi2 (30-50)	3,6	16,5	1,7	2.037,9	0,0	0,0	0,0	93,3
Bw2 (80-110)	0,8	10,5	0,4	1.340,7	0,0	0,0	0,0	219,8
	P5 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico							
Ap (0-5)	1,2	1,1	0,0	205,5	0,0	0,0	0,0	34,3
Bic (20-60)	3,8	3,7	2,4	676,5	0,0	0,0	0,0	38,3
Bw (60-120)	3,7	3,7	2,4	627,4	0,0	0,0	0,5	43,9
	P6 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico							
Ap (0-10)	50,6	23,8	8,4	2.414,4	1,3	8,8	4,5	432,4
Bic (25-45)	8,8	1,8	6,7	341,1	0,0	0,0	4,0	196,6
BCc (100-150)	9,4	2,6	4,4	466,9	0,0	0,0	1,6	74,4
	P7 - Cambissolo Háptico Ta eutrófico latossólico							
Ap (0-5)	1,3	2,1	0,9	468,5	0,0	0,0	0,4	50,2
Bw2 (35-90)	1,4	0,3	0,9	230,6	0,0	0,0	0,1	68,9
BCck (90-140)	1,4	0,1	0,5	270,5	0,0	0,0	0,0	30,2
	P8 - Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico							
Ap (0-5)	0,7	5,6	0,9	1.406,7	0,0	0,0	0,1	260,1
Bi (30-80)	0,4	0,0	0,1	128,0	0,0	0,0	0,0	40,8
BC (80-120)	0,0	0,0	0,0	42,0	0,0	0,0	0,0	48,3

¹Hidróxido de sódio = fração inorgânica; ²Hidróxido de sódio – org. = fração orgânica.

Tabela 5. Teores de metais pesados após extração sequencial de fósforo com ácido sulfúrico e ácido sulfúrico concentrado+peróxido de hidrogênio, em solos desenvolvidos ao longo de um gossan no Platô de Irecê, Bahia

Hor. (cm)	EXTRATORES							
	ÁCIDO SULFÚRICO				H ₂ SO ₄ conc.+H ₂ O ₂ (RESIDUAL)			
	Pb	Zn	Cu	Fe	Pb	Zn	Cu	Fe ₂ O ₃
----- mg kg ⁻¹ -----				----- -- % --				
P4 - Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico								
A1 (0-10)	14,5	38,5	3,3	2.637,5	0,0	19,1	0,0	0,12
Bi2 (30-50)	20,0	29,9	3,0	3.255,9	0,0	32,4	0,0	0,45
Bw2 (80-110)	6,9	20,0	1,6	2.771,2	0,0	43,0	0,0	0,55
P5 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico								
Ap (0-5)	36,6	49,2	4,9	3.322,5	0,0	38,8	0,0	0,20
Bic (20-60)	119,5	35,1	5,0	5.177,4	13,2	49,4	0,0	0,41
Bw (60-120)	126,7	36,5	5,0	5.327,4	26,8	59,1	0,0	0,52
P6 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico								
Ap (0-10)	172,9	161,1	24,2	5.932,5	46,1	83,0	3,6	0,69
Bic (25-45)	187,0	100,3	24,4	5.727,2	53,9	85,5	7,0	1,23
BCc (100-150)	189,3	85,7	16,9	4.987,6	56,3	115,0	12,3	0,72
P7 - Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico								
Ap (0-5)	36,1	48,4	4,5	8.164,9	5,6	45,3	0,0	0,60
Bw2 (35-90)	35,2	35,2	3,4	8.759,4	0,0	19,5	0,0	0,16
BCck (90-140)	51,1	35,0	2,2	9.609,9	0,0	14,2	0,0	0,08
P8 - Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico								
Ap (0-5)	29,8	24,0	4,0	4.514,8	32,4	39,7	5,4	0,76
Bi (30-80)	19,8	10,8	2,4	3.294,5	21,7	18,3	3,0	0,57
BC (80-120)	26,5	12,3	2,9	3.534,9	28,9	15,8	3,1	0,43

4. CONCLUSÕES

1. O gossan analisado apresenta solos com teores totais dentro da faixa dos valores de investigação, considerado pela legislação ambiental brasileira, para Zn (perfis P4, P5 e P6), Pb (perfis P4, P5, P6 e P7) e Cr (perfis P5 e P6).
2. O Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6) apresenta uma forte anomalia para Zn, Pb e Cr, que pode levar ao comprometimento da qualidade desse solo e apresentar riscos potenciais para o homem e para o meio ambiente.
3. Os teores totais de Mn foram maiores para solos dentro da área do gossan, demonstrando que o intemperismo das mineralizações sulfetadas pode ter contribuído com o aporte desse elemento no solo.

4. O perfil P8, utilizado como solo de referência de área externa ao gossan, também apresentou valores elevados de Zn, Pb e Cr, indicando que ocorreu uma redistribuição lateral do material, possivelmente pela pedimentação em uma fase semiárida mais severa, que gerou a superfície de aplainamento do Platô de Irecê.
5. Os valores de metais pesados extraídos pela solução Mehlich-1 representaram uma pequena fração do total dos elementos.

5. LITERATURA CITADA

ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação das análises dos resultados dos solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (eds.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C.; VELLOSO, A.C.X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. R. Bras. Ci. Solo, 16:271-276, 1992.

BAHIA. Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Mapa de amostragem geoquímica da área alvo Tanquinho-Lapão: projeto metais-base e fosfato da bacia de Irecê 2ª fase. Salvador: CBPM, 1997. 1 mapa cópia heliográfica. Anexo 8.

BOMFIM, L.F.C.; PEDREIRA, A.J.C.L. Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB. Folha Lençóis, SD.24-V-A-V. Escala 1:100.000. Brasília: Brasil, DNPM-CPRM-SUREG/SA, 1990. 130 p.

BOMFIM, L.F.C.; ROCHA, A.J.D; PEDREIRA, A.J.; MORAIS FILHO, J.C.; GUIMARÃES, J.T.; TESCH, N.A. Projeto bacia de Irecê – relatório final, texto. Salvador: CBPM, 1985. vol 1. 149p.

BORGES JÚNIOR, M.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; DUSSIN, T.M.; AMIM JÚNIOR, J. Distribuição e formas de ocorrência de zinco em solos no município de Vazante - MG. Rev. Bras. Ci. Solo, 32:2183-2194, 2008.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de recursos naturais – folhas SC. 24/25 Aracaju / Recife: geologia, geomorfologia,

pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1983. 856p. (Série (Levantamento de Recursos Naturais, 30).

CAMPOS, M.L.; PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.; CURI, N. Baseline concentration of heavy metals in Brazilian Latosols. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 34:547–557, 2003.

CAMPOS, M.L.; GUILHERME, L.R.G.; LOPES, R.S.; ANTUNES, A.S.; MARQUES, J.G.S.M.; CURI, N. Teor e capacidade máxima de adsorção de arsênio em Latossolos brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:1311-1318, 2007.

CAMPOS, M.L.; SILVA, F.N.; FURTINI NETO, A.E.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.; ANTUNES, A.S. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. *Pesq. agropec. bras.*, 40:361-367, 2005.

CAR - Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional. Irecê: Perfil Regional; Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável - PDRS. Salvador: 2002. 61p. (Série Cadernos CAR, 29).

CARVALHO, A.V.S.; CARVALHO, R.; ABREU, C.M.P.; FURTINI NETO, A.E. Produção de matéria seca e de grãos por plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas em solos tratados com metais pesados. *Quim. Nova*, 31:949-955, 2008.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Decisão da Diretoria Nº 195-2005, de 23/11/2005. 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em: 29 out. 2009.

CHIPRÉS, J.A.; CASTRO-LARRAGOITIA, J.; MONROY, M.G. Exploratory and spatial data analysis (EDA-SDA) for determining regional background levels and anomalies of potentially toxic elements in soils from Catorce-Matehuala, Mexico. *Applied Geochemistry*, 24:1579-1589, 2009.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Proposta de resolução, versão limpa, critérios e valores orientadores de qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/FE4582B1/PropResolAreasContaminadas_LIMPA_52aCTAJ1.pdf>. Acesso em: 29 out. 2009.

CUNHA, K.P.V.; NASCIMENTO, C.W.A.; PIMENTEL, R.M.M.; ACCIOLY, A.M.A.; SILVA, A.J. Disponibilidade, acúmulo e toxidez de cádmio e zinco em milho cultivado em solo contaminado. R. Bras. Ci. Solo, 32: 1319-1328, 2008.

CUNHA, T.J.F.; MANZATTO, C.V.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F. CALDERANO FILHO, B. Diferenciação pedológica e alteração de rochas calcárias na região de Irecê, BA - estado da arte. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 1999. 6p. (Pesquisa em Andamento).

CUNHA, T.J.F.; RIBEIRO, L.P.; SANTOS, H.G.; GOMES, I.A.; SANTOS, R.D. Estudo de correlação de solos para fins de classificação nas regiões do Recôncavo Baiano e microrregião de Irecê-Bahia. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2000. 49p. (Boletim de Pesquisa 9).

DAVIES, B.E. Lead. In: ALLOW, B.J. (Ed.). Heavy metals in soils. London, Blackie Academic & Professional, 1993. p.177-196.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M.S. (ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: SBCS. 2006. p.327-354.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMBRAPA-SNLCS. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco - Estado da Bahia. Recife: 1979. v. 2. (Brasil-SNLCS. Boletim Técnico, 52; Brasil. SUDENE-DRN. Série Recursos de Solos, 10).

FADIGAS, F.S.; AMARAL-SOBRINHO, N.M.B.; MAZUR, N.; ANJOS, L.H.C. Estimation of reference values for cadmium, cobalt, chromium, copper, nickel, lead, and zinc in Brazilian soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37: 945-959, 2006.

FADIGAS, F.S.; AMARAL-SOBRINHO, N.M.B.; MAZUR, N.; ANJOS, L.H.C.; FREIXO, A.A. Concentrações naturais de metais pesados em algumas classes de solos brasileiros. Bragantia, 61:151-159, 2002.

FERNANDES, R.B.A. LUZ, W.V.; FONTES, M.P.F.; FONTES, L.E.F. Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, 11:81-93, 2007.

- GOMES, A.S.R. Modelagem metalogenética das mineralizações de Pb-Zn hospedadas em carbonatos neoproterozóicos de Irecê (BA), Serra do Ramalho (BA) e Montalvânia (MG). Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2005. 169p. (Tese de Doutorado).
- GONCALVES, V.C.; MEURER, E.J.; TATSCH, F.R.P.; CARVALHO, S.A.; SANTOS NETO, O.A. Biodisponibilidade de cádmio em fertilizantes fosfatados. R. Bras. Ci. Solo, 32:2871-2875, 2008.
- JONES JR., J.B. Plant tissue analysis in micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (eds.). Micronutrients in agriculture. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.477-521.
- KIEKENS, L. Zinc. In: ALLOW, B.J. (Ed.). Heavy metals in soils. London, Blackie Academic & Professional, 1993. p.261-279.
- McGRATH, S.P.; SMITH, S. Chromium and nickel. In: ALLOW, B.J. (Ed.). Heavy metals in soils. London: Blackie Academic & Professional, 1993. p.125-150.
- MISI, A. O Grupo Bambuí no Estado da Bahia. In: INDA, H.A.V. (Ed.). Geologia e recursos minerais do estado da Bahia - textos básicos. Salvador: SME/CPRM, 1979. vol 1, p.120-154.
- MONTES-FLÔRES, M.M. Geologia do Estado da Bahia (escôrço). Bahia: Escola de A. Artífices da Bahia, 1937. 70p.
- NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. R. Bras. Ci. Solo, 28:385-392, 2004.
- OLIVEIRA, A. B.; NASCIMENTO, C.W.A. Formas de manganês e ferro em solos de referência de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 30:99-110, 2006.
- OLIVEIRA, J.E.; BRUNI, D.C. Projeto Geoquímica do Bambuí – levantamento regional – etapa I – Bahia. Salvador: CPRM, 1977. 171p.
- OLIVEIRA, S.M.B.; MAGAT, Ph.; BLOT, A. O gossan de Irecê – Lapão (BA). Geochim. Brasil, 2:131 – 149, 1993.

OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M. Metais pesados como indicadores de materiais de origem em uma topolitosequência do Triângulo Mineiro, Estado de Minas Gerais. *Pesq. agropec. bras.*, 34: 1451-1465, 1999.

OLIVEIRA, T.S.; COSTA, L.M. Metais pesados em solos de uma topolitosequência do Triângulo Mineiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:785-796, 2004.

PEDREIRA, A. J.; ROCHA, A.J.D.; GUIMARÃES, J.T.; BOMFIM, L.F.C.; MORAIS FILHO, J.C.; MOTTA, A.C. Projeto Bacia de Irecê – relatório da etapa I. Salvador: CPRM, 1985. 93p.

PÉREZ-LÓPEZ, R.; ÁLVAREZ-VALERO, A.M.; MIGUEL NIETO, J.; SÁEZ, R.; MATOS, J.X. Use of sequential extraction procedure for assessing the environmental impact at regional scale of the São Domingos Mine (Iberian Pyrite Belt). *Applied Geochemistry*, 23:3452-3463, 2008.

RAMALHO, J.F.G.P.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X. Acúmulo de metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso contínuo de adubação fosfatada e água de irrigação. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:971-979, 1999.

ROCHA, A.J.D.; MOTTA, A.C.; BRUNI, D.C. Prospecto Central-Irecê-Lapão. Salvador: CPRM, 1979. sp.

ROJO, P.A.; FRANCES, F.S.; GARCIA-SANCHEZ, A.; ALVAREZ-AYUSO, E. Baseline concentrations of heavy metals in native soils of the Salamanca and Valladolid provinces, Spain. *Arid Land Research and Management*, 18:241-250, 2004.

SAMPAIO, A. R. Geologia. In: SAMPAIO, A. R. Santos, R.A. ; Rocha, A.J.D. (orgs.) Programa Levantamentos Geológicos do Brasil-PLGB. Jacobina- Folha SC.24-Y-C, Estado da Bahia. Escala 1:250.000. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001. p.7-44.

SANCHES, A.L.; MISI, A.; KAUFMAN, A.J.; AZMY, K. As sucessões carbonáticas neoproterozóicas do Cráton do São Francisco e os depósitos de fosfato: correlações e fosfogênese. *Rev. Bras. Geoc.*, 37:182-194, 2007.

SANCHEZ-CAMAZANO, M.; SANCHEZ-MARTIN, M.J.; LORENZO, L.F. Significance of soil properties for content and distribution of cadmium and lead in natural calcareous soils. *The Science of the Total Environment*, 218:217-226, 1998.

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. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2005. 92p.

SCHMIDT, C.A.P.; MIGLIORANZA, E.; NAGASHIMA, G.; GRECCO, F. Concentrações de metais pesados em grãos de café produzidos em lavouras sobre solos originados do basalto e do arenito Caiuá. *Cienc. Rural*, 39:1591-1594, 2009.

SHARMA, B.D.; MUKHOPADHYAY, S.S.; SIDHU, P.S.; KATYAL, J.C. Pedospheric attributes in distribution of total and DTPA-extractable Zn, Cu, Mn and Fe in Indo-Gangetic plains. *Geoderma*, 96:131-151, 2000.

SILVA, C.A.; RANGEL, O.J.P.; DYNIA, J.F.; BETTIOL, W.; MANZATTO, C.V. Disponibilidade de metais pesados para milho cultivado em Latossolo sucessivamente tratado com lodos de esgoto. *R. Bras. Ci. Solo*, 30:353-364, 2006.

SILVA, F.B.R.; RICHÉ, G.R.; TONNEAU, J.P.; SOUZA NETO, N.C.; BRITO, L.T.L.; CORREIA, R.C.; CAVALCANTI, A.C.; SILVA, A.B.; ARAÚJO FILHO, A.C.; LEITE, A.P. Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA; Recife: EMBRAPA/CNPS. Coordenadoria Regional Nordeste, 1993. 2v.

SILVA, F.C.; SILVA C.A.; BERGAMASCO, A.F.; RAMALHO, A.L. Efeito do período de incubação e de doses de composto de lixo urbano na disponibilidade de metais pesados em diferentes solos. *Pesq. agropec. bras.*, 38:403-412, 2003.

SILVA, S.R.; PROCOPIO, S.O.; QUEIROZ, T.F.N.; DIAS, L.E. Caracterização de rejeito de mineração de ouro para avaliação de solubilização de metais pesados e arsênio e revegetação local. *R. Bras. Ci. Solo*, 28:189-196, 2004.

SOUZA, S.L.; BRITO, P.C.R.; SILVA, R.W.S. Estratigrafia, sedimentologia e recursos minerais da Formação Salitre na Bacia de Irecê, Bahia. Salvador: CBPM, 1993. 22p. (Série Arquivos Abertos 2).

THRUSH, P.W. A dictionary of mining, mineral, and related terms. Washington: U. S. Dept. of the Interior, Bureau of Mines, 1968. 1269p.

USEPA. U.S. Environmental Protection Agency. Method 3052: Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices` (compact disc). Washington: 1996.

WELCH, R.M.; ALLAWAY, W.H.; HOUSE, W.A.; KUBOTA, J. Geographic distribution of trace element problems. In: MORTVEDT, J.J.; COX, F.R.; SHUMAN, L.M.; WELCH, R.M. (eds.). Micronutrients in agriculture. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.31-57.

YAALON, D.H.; JUNGREIS, C.; KOYUMDJISKY, H. Distribution and reorganization of manganese in three catenas of Mediterranean soils. *Geoderma*, 7:71-78, 1972.

CONCLUSÕES GERAIS

O presente estudo foi desenvolvido no Platô de Irecê-BA, que apresenta solos desenvolvidos de rochas calcárias, associadas a rochas fosfáticas e mineralizações sulfetadas; e teve como objetivos avaliar a gênese, mineralogia, formas de fósforo e ocorrência de metais pesados. As principais conclusões do estudo foram:

1. O intemperismo ocorrido em fases pretéritas mais úmidas foi o fator preponderante para a formação de Latossolos ou de Cambissolos com características latossólicas, nas áreas estudadas no Platô de Irecê. Nos locais de influência do gossan, a drenagem ácida foi um fator adicional que contribuiu com o aprofundamento ainda maior do perfil, já que estas áreas fraturadas e mineralizadas com sulfetos constituem zonas preferenciais de remoção de solutos.
2. Os altos teores de CaCO_3 dos solos do Platô de Irecê influenciaram em características importantes dos solos, como estrutura e textura. Os maiores valores de Fe_2O_3 encontrados em solos calcários do Platô de Irecê foram devidos ao intemperismo de sulfetos de ferro presentes nos solos originados do gossan.
3. O índice Ki (relação molecular $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) da argila maior que 2,2 considerado para identificar Cambissolos, não se aplica aos Cambissolos calcários do Platô de Irecê. Outros critérios, como a $\text{CTC} > 17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e a atividade de argila, são compatíveis com a classificação como Cambissolos.
4. O Platô de Irecê passou por um período pretérito úmido, com intensa remoção de sílica que resultou na transformação de minerais 2:1 em 1:1, e por um período seco, mais recente, semelhante às condições atuais, compatível com a baixa substituição isomórfica detectada do Fe pelo Al.
5. A ocorrência de calcita na fração areia foi condicionada a ambientes com cotas de menor altitude, onde ocorreram aportes de sedimentos calcários, ou em áreas de dolinas, quando a altitude é mais elevada. Alguns solos do Platô de Irecê apresentam calcita e dolomita na fração argila, resultantes da precipitação dos carbonatos, favorecida pelas condições geoambientais da região. O quartzo foi o único mineral presente nas três frações de todos os perfis, sendo que nas frações

argila e silte sua origem está relacionada à neoformação, enquanto que na fração areia tem origem da rocha matriz.

6. A ocorrência de rochas fosfáticas associadas aos gossans foi fator determinante para a presença de plumbogumita e fosfoferrita nos solos do Platô de Irecê. A ocorrência de plumbogumita indica o elevado grau de intemperismo dos solos desenvolvidos de gossans no Platô de Irecê, apesar das condições semiáridas atuais. A detecção pioneira de fosfoferrita em solos brasileiros, em condições semiáridas, indica que este mineral, formado por hidrotermalismo, pode se manter estável no ambiente pedogenético.
7. Dentre as formas inorgânicas de P nos solos do Platô de Irecê, estabeleceu-se a seguinte ordem: $P\text{-Ca} > P\text{-Fe/Al} > P\text{-lábil}$. O Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico (perfil P8), utilizado como solo de referência de área externa à mineralização de fósforo, também apresentou valores elevados de P-lábil no horizonte superficial, indicando a redistribuição do material transportado a partir da área de mineralização fosfática. Os solos da sequência analisada apresentaram comportamento diferenciado de solos não calcários do semiárido nordestino, como observado pelo maior teor de carbonato de cálcio que proporcionou maiores teores de P-Ca e menor de P-residual em relação ao P-total.
8. O gossan analisado apresenta solos com teores totais dentro da faixa dos valores de investigação, considerado pela legislação ambiental brasileira, para Zn (perfis P4, P5 e P6), Pb (perfis P4, P5, P6 e P7) e Cr (perfis P5 e P6). O Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico (P6) apresenta uma forte anomalia para Zn, Pb e Cr, que pode levar ao comprometimento da qualidade desse solo e apresentar riscos potenciais para o homem e para o meio ambiente. Os teores totais de Mn foram maiores para solos dentro da área do gossan, demonstrando que o intemperismo das mineralizações sulfetadas pode ter contribuído com o aporte desse elemento no solo.

APÊNDICE A

Perfil 1:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico

LOCALIZAÇÃO: Topo do morro Pelado, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 191816 e 8737265, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Terço superior da topossequência, com declividade de 3 a 8%.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir do intemperismo de dolomitos escuros com intercalações de calcedôneas do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Irecê. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Suave ondulado.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 820 m.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

PEDREGOSIDADE: Ligeiramente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Moderada.

USO ATUAL: Caatinga arbóreo-arbustiva, degradada.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

A1 0-3 cm; bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, seco), bruno-escuro (10 YR 3/3, úmido); franco-argilosa; fraca pequeno médio blocos subangulares; ligeiramente duro, friável; transição plana e clara.

AB 3-10 cm; bruno-amarelado (10 YR 5/4, seco), bruno-escuro (10 YR 3/3, úmido); argila; moderada grande blocos subangulares; duro, firme;

- ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bi1 10-30 cm; bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, seco), bruno-escuro (10 YR 3/3, úmido); franco-argilosa; moderada grande blocos subangulares; duro, firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bi2v 30-50 cm; bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, seco), bruno-escuro (10 YR 3/3, úmido); argila; composta moderada grande prismática e moderada grande blocos angulares; duro, firme, plástico, pegajoso; transição gradual e plana.
- BC 50-70 cm+; bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 3/4, úmido); argila; composta moderada grande prismática e moderada grande blocos angulares; duro, friável, plástico, pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais biológicos até o horizonte Bi1, com crotovinas e raízes mortas.
- Raízes poucas e muito finas a finas no horizonte A1; comuns e finas a médias nos horizontes AB e Bi1.
- Horizontes Bi1 e Bi2vk com concreções carbonáticas poucas, irregulares e pequenas.
- Blocos de dolomito escuro, algal, provavelmente fosfático na superfície, com verniz oxidado (*desert varnish*) de cor vermelha sobre os blocos.
- Contato lítico a 70 cm define caráter léptico em 4º nível.

Perfil 2:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico.

LOCALIZAÇÃO: Base do morro Pelado, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 191818 e 8737263, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Terço médio da topossequência, com declividade de 3 a 8%.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de colúvios latossólicos de calcário do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Nova América, Fácies Lapão. Proterozóico Superior.

RELEVO Local: Suave ondulado.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 780 m.

DRENAGEM: Bem drenado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Moderada.

USO ATUAL: Milho.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.



Descrição morfológica:

Ap 0-10 cm; vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido); argila; fraca médio blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

AB 10-20 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, seco), vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; fraca médio blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

BA 20-50 cm; vermelho (2,5 YR 4/8, seco), vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido);

argila; fraca moderada grande blocos subangulares; duro, muito firme; plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

Bi1 50-75 cm; vermelho (2,5 YR 4/8, seco), vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; moderada médio grande blocos subangulares; muito duro, muito firme; plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

Bi2 75-90 cm; vermelho (2,5 YR 5/8, seco), vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; composta forte médio grande blocos subangulares e forte pequeno granular; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bw1 90-130 cm+; vermelho (10 R 4/8, seco), vermelho-escuro (10 R 3/6, úmido); argila; composta forte médio blocos subangulares e forte pequeno granular; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais biológicos até o horizonte Bi1, com crotovinas e raízes mortas.
- Raízes poucas e muito finas a finas no horizonte A1; comuns e finas a médias nos horizontes AB e Bi1.
- Horizontes Bi1 e Bi2vk com concreções carbonáticas poucas, irregulares e pequenas.
- Blocos de dolomito escuro, algal, provavelmente fosfático na superfície, com verniz oxidado (*desert varnish*) de cor vermelha sobre os blocos.
- Perfil truncado em AB, o horizonte Ap foi coletado no milharal ao lado do perfil.

Perfil 3:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háplico Ta eutrófico léptico.

LOCALIZAÇÃO: Em frente ao contorno da cidade de Lapão, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 190078 e 8740205, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Base da rampa no terço inferior da topossequência, com menos de 3% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir do substrato do calcário calcítico do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Jussara Superior. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Plano.
Regional: Suave ondulado.
ALTITUDE: 770 m.

DRENAGEM: Bem drenado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Ligeira.

USO ATUAL: Milho.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-10 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/3, úmido); argila; composta forte muito pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

BA 10-25 cm; bruno-avermelhado (5 YR 4/4, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); argila; composta forte muito pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; duro, muito firme; ligeiramente plástico,

ligeiramente pegajoso; transição gradual e ondulada.

- Bi 25-45 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); argila; composta forte muito pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; muito duro, muito firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e irregular.
- BC 45-80 cm+; vermelho-amarelado (5 YR 5/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); argila; composta forte muito pequeno granular e forte médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais biológicos antigos, raízes de barriguda e carvões.
- Muitas raízes muito finas no horizonte Ap e raízes comuns finas nos horizontes BA, Bik e BC.
- Concreções carbonáticas poucas, irregulares e pequenas nos horizontes BA, Bik e BC.

Perfil 4:

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico.

LOCALIZAÇÃO: Propriedade de Osvaldo Paiva, povoado de Tanquinho, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 186615 e 8736662, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Plano de topo, com menos de 3% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir do substrato de dolomito algal com veios de sulfetos do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Nova América, Subunidade Sarandi. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Plano.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 740 m.

DRENAGEM: Bem drenado.

PEDREGOSIDADE: Ligeiramente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochoso.

EROSÃO: Forte.

USO ATUAL: Caatinga degradada rica em mandacaru.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

A1 0-10 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); argila; composta moderada pequeno granular e fraca média blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bi1 10-30 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e fraca

médio blocos subangulares; duro, muito firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

- Bi2 30-50 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, seco), vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; duro, muito firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- Bw1 50-80 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; duro, firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- Bw2 80-110 cm+; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; duro, firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais biológicos, ninhos de aranha com tampa no solo, presença de cupins de solo.
- Raízes abundantes no horizonte A1, muitas no horizonte Bi e comuns no horizonte Bw.
- Concreções carbonáticas a partir de 50 cm de profundidade (Bw).

Perfil 5:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico.

LOCALIZAÇÃO: Propriedade de Edson Paiva, povoado de Tanquinho, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 187935 e 8736346, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Plano de topo, com declividade de 3 a 8%.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir do substrato de dolomito algal com veios de sulfetos do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Nova América, Subunidade Sarandi. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Suave ondulado.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 740 m.

DRENAGEM: Bem drenado.

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochoso.

EROSÃO: Moderada.

USO ATUAL: Angicos e gramíneas.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-5 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, seco), vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); argila; moderada pequeno granular; macio, friável, não plástico, não pegajoso; transição clara e plana.

BA 5-20 cm; vermelho (2,5 YR 4/8, seco), vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; composta moderada pequeno granular e moderada médio pequeno blocos subangulares; duro, muito firme; ligeiramente plástico, ligeiramente

pegajoso; transição gradual e plana.

- Bic 20-60 cm; vermelho (2,5 YR 4/8, seco), vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); muito argilosa; composta moderada pequeno granular e moderada médio pequeno blocos subangulares; duro, muito firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana..
- Bw 60-120 cm; vermelho (2,5 YR 5/6, seco), vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; duro, firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Raízes muitas e finas nos horizontes Ap e BA e comuns e médias nos horizontes Bic e Bw.
- Nódulos e concreções minerais pequenos, duros, esféricos e dominantes nos horizontes Ap e BA e pequenos, duros, irregulares e freqüentes no horizonte Bic e pequenos, macios, irregulares e freqüente no horizonte Bw.

Perfil 6:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico.

LOCALIZAÇÃO: Propriedade de Edson Paiva, povoado de Tanquinho, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 187945 e 8736342, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Plano de topo, com declividade de 3 a 8%.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir do substrato de dolomito algal com veios de sulfetos do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Nova América, Subunidade Sarandi. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Suave ondulado.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 740 m.

DRENAGEM: Bem drenado.

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochoso.

EROSÃO: Moderada.

USO ATUAL: Angicos e gramíneas.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R. Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-10 cm; vermelho (2,5 YR 5/8, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido); argila; composta moderada pequeno granular e fraca pequeno blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

AB 10-25 cm; vermelho (2,5 YR 4/8, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR

2,5/4, úmido); argila; composta moderada pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

- Bic 25-45 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; composta forte pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; duro, firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bwc 45-100 cm; vermelho (2,5 YR 4/8, seco), vermelho (2,5 YR 4/6, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; duro, muito firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BCc 100-150 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, seco), vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila; composta forte pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; muito duro, muito firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Cc 150-190 cm+; vermelho (2,5 YR 4/6, seco), vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, úmido); argila.

OBSERVAÇÕES:

- Raízes comuns e muito finas no horizonte AB, muitas e finas nos horizontes Bic e Bwc, comuns e médias nos horizontes Bic e BC, comuns e finas no horizonte BCc e poucas e finas no horizonte Cc.
- Horizonte AB com 30% de nódulos e concreções minerais pequenos e grandes, duros, esféricos e freqüentes; horizonte Bic com 40% de nódulos e concreções minerais pequenos e grandes, duros, esféricos e freqüentes; horizonte Bwc com 50% de nódulos e concreções minerais grandes, duros, irregulares e dominantes; horizonte BCc com 60% de nódulos e concreções minerais grandes, duros, irregulares e dominantes; horizonte Cc com 6% de nódulos e concreções minerais grandes, duros, irregulares e dominantes.

Perfil 7:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico.

LOCALIZAÇÃO: Propriedade de Edson Paiva, povoado de Tanquinho, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 187881 e 8736316, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Plano de topo, com menos de 3% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir do substrato de calcários calcíticos do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Nova América, Subunidade Sarandi. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Plano.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 740 m.

DRENAGEM: Bem drenado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Não aparente.

USO ATUAL: Milho segunda safra.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-5 cm; bruno-forte (7,5 YR 4/6, seco), bruno-escuro (7,5 YR 3/4, úmido); argila; composta moderada médio laminar e moderada pequeno granular; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

AB 5-20 cm; bruno-forte (7,5 YR 5/6, seco), bruno-escuro (7,5 YR 3/4, úmido); argila; composta moderada médio laminar e moderada pequeno granular; duro,

friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

- Bw1 15-35 cm; bruno-forte (7,5 YR 5/8, seco), bruno-forte (7,5 YR 4/6, úmido); argila; composta moderada pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bw2 35-90 cm; bruno-forte (7,5 YR 5/8, seco), bruno-forte (7,5 YR 4/6, úmido); argila; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; macio, firme; plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BCc 90-140 cm+; bruno (7,5 YR 4/4, seco) bruno-forte (7,5 YR 4/6, úmido); argila; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; macio, firme; plástico, pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Canais biológicos intensamente quebrados pela aração.
- Raízes comuns e finas no horizonte Ap, muitas e finas no horizonte AB e muitas e médias nos horizontes Bw1, Bw2 e BCck,.
- Horizontes Ap e AB com concreções carbonáticas pequenas, duras, esféricas e muito poucas.
- Horizonte AB compactado por “pé de arado”.

Perfil 8:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háptico Tb eutrófico latossólico.

LOCALIZAÇÃO: Propriedade de Florisvaldo Paiva, povoado de Tanquinho, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 188000 e 8736204, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Plano de topo, com menos de 3% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir do colúvios latossólicos sobre calcários calcíticos (*in situ*) do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Nova América, Subunidade Sarandi. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Plano.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 740 m.

DRENAGEM: Bem drenado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Ligeira.

USO ATUAL: Mamona.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-5 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; composta fraca pequeno laminar e forte pequeno granular; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

- BA 5-30 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; composta fraca pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- Bi 30-80 cm; vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 2,5/4, úmido); argila; composta moderada pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme; ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- BC 80-120 cm+; vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido); argila; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; macio, firme; plástico, pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais biológicos, com raros fragmentos de carvão.
- Raízes poucas e finas no horizonte Ap, comuns e finas no horizonte BA e muitas e finas no horizonte Bi.
- Horizontes Ap e BA com concreções carbonáticas pequenas, duras, esféricas e muito poucas.
- Horizontes Ap e BA compactados por “pé de arado”.

Perfil 9:

CLASSIFICAÇÃO: Neossolo Litólico eutrófico carbonático.

LOCALIZAÇÃO: Margem direita da estrada que liga os povoados de Morro Grande a Corta Facão, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 179153 e 8736553, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Terço médio do morro calcário, com declividade de 20-45%.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de rochas calcárias calcíticas do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Nova América. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Forte ondulado.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 683 m.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

PEDREGOSIDADE: Pedregoso.

ROCHOSIDADE: Rochoso.

EROSÃO: Forte.

USO ATUAL: Caatinga antropizada.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R. Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

A1k 0-3/5 cm; cinzento-brunado-claro (10 YR 6/2, seco), cinzento-escuro (10 YR 4/1, úmido); franco argilosa; moderada pequeno médio granular; macio, friável, não plástico, não pegajoso; transição clara e plana.

ACK 3/5-15 cm; bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2, seco), bruno-acinzentado-muito-escuro (10 YR 3/2, úmido); franco argilo-arenoso; fraca médio blocos

subangulares; duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.

CR 15-80 cm; branco (5 Y 8/1, seco), amarelo-claro-acinzentado (5 Y 8/3, úmido); franco-argilo-siltosa; muito duro, firme, não plástico, não pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais biológicos de cupins, fendas e galerias.
- Raízes muitas e finas no horizonte A1, comuns e finas nos horizontes AC e CR.
- Horizonte A1 com concreções carbonáticas pequenas, duras, esféricas, e irregulares e frequentes e horizonte AC com concreções carbonáticas pequenas, duras, irregulares e dominantes.

Perfil 10:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico.

LOCALIZAÇÃO: Margem direita da estrada que liga os povoados de Morro Grande a Corta Facão, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 179153 e 8736553, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Plano na saia de tálus de morro calcário, com menos de 3% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de rochas calcárias calcíticas do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Nova América. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Plano.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 710 m.

DRENAGEM: Bem drenado.

PEDREGOSIDADE: Ligeiramente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochoso.

EROSÃO: Moderada.

USO ATUAL: Milho.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R. Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-15 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 2,5/3, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; macio, friável, plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

BA 15-35 cm; vermelho-escuro (2,5 YR 3/6, seco), bruno-avermelhado-escuro

(2,5 YR 2,5/4, úmido); argila; composta moderada pequeno granular e moderada pequeno a médio blocos subangulares; duro, firme, plástico, pegajoso; transição clara e plana.

Bi 35-50 cm; vermelho (2,5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e fraca a moderada médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico, pegajoso; transição gradual e plana.

BCK/CRk 50-70 cm+; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); muito argilosa; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais biológicos em todo o perfil.
- Raízes médias a grossas e comuns no horizonte Ap; muito finas, finas a médias e muitas no horizonte BA e muito finas a finas e muitas no horizonte Bi.
- Horizonte Ap com nódulos e concreções do tipo “chumbinho de caça” pequenos, duros, esféricas e poucos.

Perfil 11:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háplico Ta eutrófico vertissólico.

LOCALIZAÇÃO: Propriedade rural localizada na região do Barro Preto, margem direita da estrada que liga os povoados de Juá a Alto Branco, município de Uibaí-BA, coordenadas UTM 825136 e 8735689, zona 23S.



SITUAÇÃO E DECLIVE: Plano abaciado, com menos de 3% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de rochas calcárias calcíticas do Grupo Una, Formação Salitre Proterozóico Superior.

RELEVO Local: Plano.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 645 m.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

PEDREGOSIDADE: Ligeiramente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Ligeira.

USO ATUAL: Milho.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-15 cm; bruno-escuro (7,5 YR 3/2, seco), bruno muito escuro (7,5 YR 2,5/2, úmido); muito argilosa; forte médio granular; solto, friável, plástico, pegajoso; transição clara e plana.

Bivk 15-40 cm; bruno-escuro (7,5 YR 3/4, seco), bruno-escuro (7,5 YR 3/3, úmido); muito argilosa; forte médio blocos subangulares; cerosidade comum e moderada; ligeiramente duro, firme, plástico, pegajoso; transição gradual e

ondulada.

- Cvk 40-60 cm; bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 3/4, úmido); argila; moderada médio blocos subangulares; cerosidade pouca e moderada; ligeiramente duro, firme, plástico, pegajoso; transição gradual e ondulada.
- CRk 60-80 cm+; cinzento-claro (7,5 YR 7/1, seco), bruno (7,5 YR 4/4, úmido); franco-argilosa; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de formigas e cupins, com poucas minhocas.
- Poucas raízes no horizonte Ap e comuns nos horizontes Bivk e Cvk.
- Horizonte Ap com nódulos e concreções pequenos, duros, esféricas e poucos; pequenos, macios, esféricos e frequentes no horizonte Bivk; grandes, macios, irregulares e frequentes no horizonte Cvk; grandes, macios, irregulares e dominantes no horizonte CRk.

Perfil 12:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico.

LOCALIZAÇÃO: Olaria do povoado de Alto Branco, município de Uibaí-BA, coordenadas UTM 823208 e 8735580, zona 23S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Ondulado de encosta, com declividade de 8 a 20%.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de sedimentos calcários do Grupo Una, Formação Caatinga. Quaternário/Pleistoceno.



RELEVO Local: Ondulado.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 646 m.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

PEDREGOSIDADE: Ligeiramente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Forte.

USO ATUAL: Olaria.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Apk 0-10 cm; bruno-amarelado (10 YR 5/6, seco), bruno (10 YR 4/3, úmido); franco-argilosa; composta fraca pequena laminar e moderada médio granular; solto, friável, plástico, pegajoso; transição clara e plana.

ABk 10-15 cm; bruno-amarelado (10 YR 5/4, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, úmido); franco-argilosa; composta fraca pequena laminar e moderada médio granular; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

- Bik 15-35 cm; bruno-amarelado (10 YR 5/4, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, úmido); franco-argilosa; composta fraca média granular e moderada médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, não plástico, não pegajoso; transição clara e plana.
- BCK 35-50 cm; cinzento-claro (10 YR 7/2, seco), bruno-amarelado (10 YR 5/4, úmido); franco-argilosa; moderada médio blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, não plástico, não pegajoso; transição clara e ondulada.
- CBk1 50-75 cm; bruno muito claro-acinzentado (10 YR 8/2, seco), bruno-claro-acinzentado (10 YR 6/3, úmido); franco-argilosa; moderada médio blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, não plástico, não pegajoso; transição gradual e ondulada.
- Ck1 75-150 cm+; bruno muito claro-acinzentado (10 YR 8/3, seco), bruno muito claro-acinzentado (10 YR 7/4, úmido); franco-argilosa; fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais de formigas e cupins.
- Poucas raízes finas nos horizontes AB e Bik e raras e finas no horizonte BC.
- Horizonte AB com nódulos e concreções carbonáticas pequenas a grandes, duras, esféricas e freqüentes; concreções grandes, duras, irregulares e dominantes nos horizontes Bik, BC e Ck1.
- Conteúdo de carbonato violento nos horizontes AB, Bik e BC.

Perfil 13:

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico léptico.

LOCALIZAÇÃO: Barranco da margem direita da estrada Alto Branco a Boca D'água, município de Uibaí-BA, coordenadas UTM 817050 e 8738886, zona 23S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Saia da serra de Uibaí, com declividade de 3 a 8%.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de sedimentos calcários do Grupo Una, Formação Salitre, Protero-zóico Superior.



RELEVO Local: Suave ondulado.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 575 m.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Ligeira.

USO ATUAL: Vegetação secundária de carrasco.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

A1 0-10 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); franco argilo-arenosa; composta fraca média granular e fraca pequena blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e gradual.

Bi 10-40 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/6, seco), bruno-avermelhado (5 YR 4/4, úmido); franco argilo-arenosa; composta fraca média granular e fraca média blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico,

ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

BCK 40-60 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, seco), vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); franco argilo-arenosa; composta fraca média granular e moderada médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, não plástico, não pegajoso; transição clara e plana.

CRk 60-120 cm+; branco (5 Y 8/1, seco), amarelo-claro-acinzentado (5 Y 8/3, úmido); franco-siltosa.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais biológicos, galerias e raízes com preenchimento de material edafizado vermelho (formigas e cupins).
- Muitas raízes finas a médias no horizonte A1 e comuns e finas a médias nos horizontes Bi e BC.
- Nódulos e concreções ferruginosas pequenas a grandes, duras, irregulares e frequentes no contato dos horizontes Bi e BC.

Perfil 14:

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta eutrófico léptico.

LOCALIZAÇÃO: Fazenda Primavera, margem direita da estrada Tanquinho a Corta Facão, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 182492 e 8736983, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Plano, com menos de 3% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de sedimentos de rochas calcárias calcíticas do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Jussara Superior. Proterozóico Superior.



RELEVO Local: Plano.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 714 m.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Ligeira.

USO ATUAL: Pousio.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-10 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); muito argilosa; forte médio granular; solto, friável, plástico, pegajoso; transição plana e gradual.

BA 10-30 cm; vermelho-amarelado (5 YR 4/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); muito argilosa; composta moderada média laminar e moderada grande blocos subangulares; cimentação fraca e pouca; duro,

- friável, plástico, pegajoso; transição ondulada e gradual.
- Bi 30-55 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, seco), vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); muito argilosa; moderada média blocos subangulares; cimentação fraca e pouca; ligeiramente duro, firme, plástico, pegajoso; transição gradual e plana.
- BC 55-70 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, seco), vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); muito argilosa; composta fraca média granular e moderada médio blocos subangulares; duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- BCK/Rk 70-80 cm+; amarelo-avermelhado (5 YR 6/8, seco), vermelho-amarelado (5 YR 5/6, úmido); muito argilosa; composta fraca média granular e moderada médio blocos subangulares; duro, firme, não plástico, não pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Raízes finas e poucas no horizonte Ap e finas e comuns nos horizontes BA e Bi.
- Nódulos e concreções carbonáticas pequenas, duras, irregulares e poucas nos horizontes Ap e BA; pequenas, duras, irregulares e frequentes no horizonte Bi.

Perfil 15:

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico cambissólico.

LOCALIZAÇÃO: Morro do boi no povoado de Belo Campo, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 202335 e 8736594, zona 24S.



SITUAÇÃO E DECLIVE: Topo plano, com menos de 3% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir do intemperismo *in situ* de rochas calcárias calcíticas do Grupo Una, Formação Salitre, Unidade Nova América, Fácies Lapão. Proterozóico Superior.

RELEVO Local: Plano.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 820 m.

DRENAGEM: Acentuadamente drenado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Não aparente.

USO ATUAL: Caatinga arbórea arbustiva degradada por pastoreio.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

A1 0-5 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/6, seco), vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); argila; composta moderada médio laminar e forte pequeno granular; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; transição plana e gradual.

BA 5-20 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/6, seco), bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4, úmido); argila; composta moderada média granular e moderada média

blocos subangulares; duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição ondulada e gradual.

Bw1 20-40 cm; vermelho-amarelado (5 YR 5/8, seco), vermelho-amarelado (5 YR 4/6, úmido); argila; composta forte pequena granular e moderada médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico, pegajoso; transição ondulada e difusa.

Bw2 40-80 cm+; amarelo-avermelhado (5 YR 6/8, seco), vermelho-amarelado (5 YR 5/8, úmido); argila; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico, pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de formigas, cupins e galerias de tatus. Os montículos de cupins têm um espaçamento aproximado entre eles de 20 m.
- Muitas raízes muito finas no horizonte A1; raízes abundantes e finas a médias no horizonte BA; muitas raízes finas a médias no horizonte Bw1 e raízes comuns finas no horizonte Bw2.
- Concreções carbonáticas grandes, duras, irregulares e muito poucas no horizonte Bw2.

Perfil 16:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háptico Ta eutrófico léptico.

LOCALIZAÇÃO: Margem esquerda da BA-432 que liga Lapão a Canarana, próximo do povoado de Lajedo do Pau D'arco, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 195651 e 8724686, zona 24S.



SITUAÇÃO E DECLIVE: Fundo de dolina, com declividade de 3 a 8%.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de sedimentos calcários do Grupo Una, Formação Caatinga. Quaternário/Pleistoceno.

RELEVO Local: Suave ondulado.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 793 m.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

PEDREGOSIDADE: Ligeiramente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochoso.

EROSÃO: Ligeira.

USO ATUAL: Pastagem com buffel gras.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Apk 0-5 cm; bruno-acinzentado (10 YR 5/2, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 3/4, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e fraca pequeno blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico, pegajoso; transição plana e abrupta.

Bik 5-25 cm; amarelo-claro-acinzentado (2,5 Y 7/4, seco), amarelo-oliváceo (2,5

Y 6/6, úmido); franco-siltosa; moderada pequeno blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição ondulada e clara.

BCK 25-40 cm; amarelo (2,5 Y 8/6, seco), cinzento-claro (2,5 Y 7/2, úmido); franco-siltosa; moderada pequeno blocos subangulares; duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição ondulada e gradual.

Ck 40-120 cm+; branco (2,5 Y 8/1, seco), amarelo-claro-acinzentado (2,5 Y 7/3, úmido); franco-siltosa; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, não plástico, não pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Presença de canais biológicos, aranha, formigas e galerias de cupins.
- Raízes abundantes no horizonte Apk; muitas nos horizontes Bik e BCK comuns no horizonte Ck.
- Concreções carbonáticas esféricas e freqüentes no horizonte Apk; esféricas a irregulares e freqüentes nos horizontes Bik e BCK e irregulares freqüentes no horizonte Ck.
- Horizonte A chernozêmico, sem profundidade suficiente para Chernossolo.

Perfil 17:

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo Amarelo eutrófico cambissólico.

LOCALIZAÇÃO: Margem direita da BA-432 que liga Lapão a Canarana, próximo ao povoado de Rodagem, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 196158 e 8722734, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Rampa pedimentada em relevo plano, com menos de 3% de declividade.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de colúvios de rampa semi-árida do Grupo Una, Salitre Caatinga. Quaternário/Pleistoceno.



RELEVO Local: Plano.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 790 m.

DRENAGEM: Bem drenado.

PEDREGOSIDADE: Não pedregoso.

ROCHOSIDADE: Não rochoso.

EROSÃO: Ligeira.

USO ATUAL: Palma forrageira.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-10 cm; bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/6, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 3/4, úmido); argila; composta moderada médio granular e moderada médio blocos subangulares; macio, friável, plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

AB 10-20 cm; bruno-amarelado (10 YR 5/6, seco), bruno-amarelado-escuro (10

YR 4/4, úmido); argila; composta moderada pequeno granular e moderada médio blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

- BA 20-40 cm; bruno-amarelado (10 YR 5/8, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 3/4, úmido); muito argilosa; composta moderada pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.
- Bw 40-100 cm; amarelo-brunado (10 YR 6/6, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/6, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro, firme, plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.
- BC 100-140 cm+; amarelo-brunado (10 YR 6/8, seco), bruno-amarelado (10 YR 5/8, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Canais intensos de formigas e cupins com galerias abandonadas, presença de fendas de raízes até o horizonte Bi.
- Raízes abundantes nos horizontes Ap e AB; muitas no horizonte BA e comuns no horizonte Bw.
- Presença de poucas concreções carbonáticas em todo o perfil.

Perfil 18:

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Háplico Ta eutrófico vértico.

LOCALIZAÇÃO: Margem direita da BA-432 que liga Lapão a Canarana, próximo do povoado de Rodagem 2, município de Lapão-BA, coordenadas UTM 197774 e 8717492, zona 24S.

SITUAÇÃO E DECLIVE: Dolina, com declividade de 3 a 8%.

FORMAÇÃO GEOLÓGICA E LITOLÓGICA: Desenvolvido a partir de sedimentos calcários do Grupo Una, Formação Caatinga. Quaternário/Pleistoceno.



RELEVO Local: Suave ondulado.
Regional: Suave ondulado.

ALTITUDE: 769 m.

DRENAGEM: Moderadamente drenado.

PEDREGOSIDADE: Moderadamente pedregoso.

ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochoso.

EROSÃO: Moderada.

USO ATUAL: Pastagem.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga hiperxerófila.

DESCRITO E COLETADO POR: Carlos Ernesto G. R Schaefer, Arlicélio de Q. Paiva, Elpídio Inácio Fernandes Filho e Luciano da Silva Souza.

Descrição morfológica:

Ap 0-20 cm; bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/6, seco), bruno-amarelado-escuro (10 YR 3/4, úmido); argila; composta moderada médio granular e moderada pequeno a médio blocos subangulares; macio, friável, ligeiramente plástico, pegajoso; transição plana e clara.

2A2 20-30 cm; bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, seco), bruno-escuro (10 YR 3/3, úmido); argila; composta moderada médio granular e moderada pequeno

a médio blocos subangulares; macio, friável, plástico, ligeiramente pegajoso; transição plana e gradual.

- 2Biv1 30-55 cm; bruno-escuro (10 YR 3/3, seco), bruno muito escuro (10 YR 2/2, úmido); muito argilosa; composta fraca médio prismática e moderada médio granular e moderada médio a grande blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, não pegajoso; transição ondulada e gradual.
- 2Biv2 55-80 cm; bruno (10 YR 4/3, seco), bruno-acinzentado muito escuro (10 YR 3/2, úmido); muito argilosa; composta fraca médio prismática e moderada médio granular e moderada médio a grande blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico, não pegajoso; transição ondulada e gradual.
- 2Bck 80-100 cm; bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4, seco), bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2, úmido); muito argilosa; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, não plástico, não pegajoso; transição plana e difusa.
- 2Ck 100-120 cm+; branco-rosado (2,5 YR 8/2, seco), vermelho-acinzentado (2,5 YR 4/2, úmido); franco-siltosa; composta forte pequeno granular e fraca médio blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, não plástico, não pegajoso.

OBSERVAÇÕES:

- Intensa pedoturbação, presença de canais e galerias de formigas, cupins, minhocas, besouros e aranhas.
- Raízes finas a médias e abundantes nos horizontes Apk, 2Ak2 e 2Bivk1; muitas raízes finas nos horizontes 2Bivk2 e 2Bck.
- Poucas concreções carbonáticas pequenas a grandes, macias a duras, esféricas e irregulares no horizonte Apk; freqüentes concreções pequenas a grandes, macias e irregulares nos horizontes 2Ak2 e 2Bivk1; concreções pequenas a grandes, macias a duras, irregulares e freqüentes no horizonte 2Bivk2.

APÊNDICE B

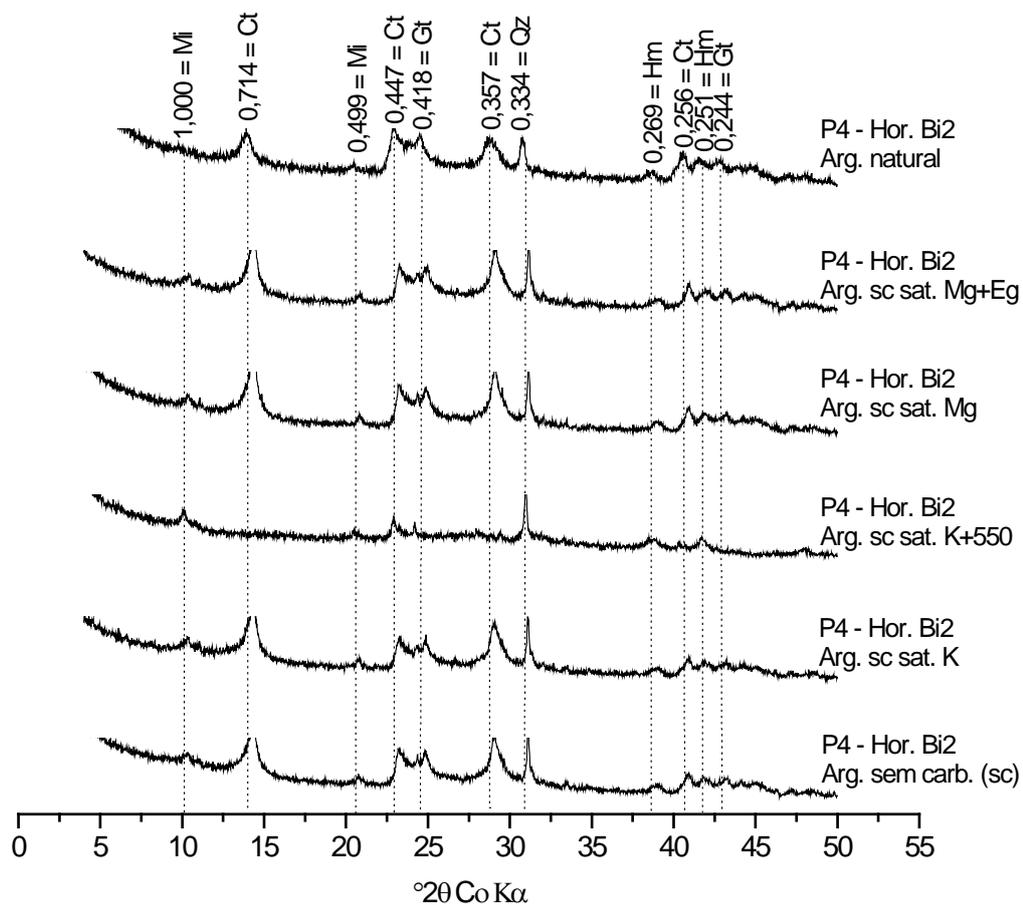


Figura 1A. Difratograma de raio-X da fração argila do horizonte Bi2 de um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico (P4) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Gt=goethita, Qz=quartzo, Hm=hematita).

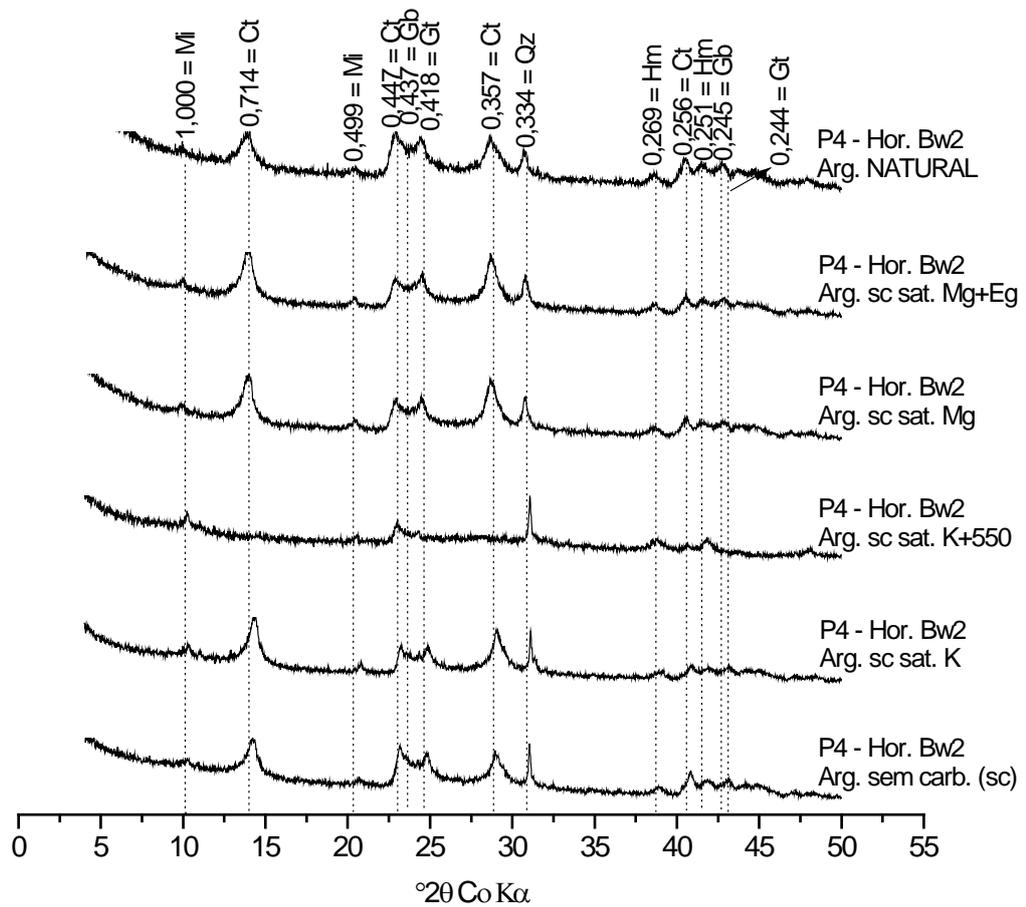


Figura 2A. Difratoograma de raio-X da fração argila do horizonte Bw2 de um Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico câmbico (P4) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Gt=goethita, Gb=gibbsita, Qz=quartzo, Hm=hematita).

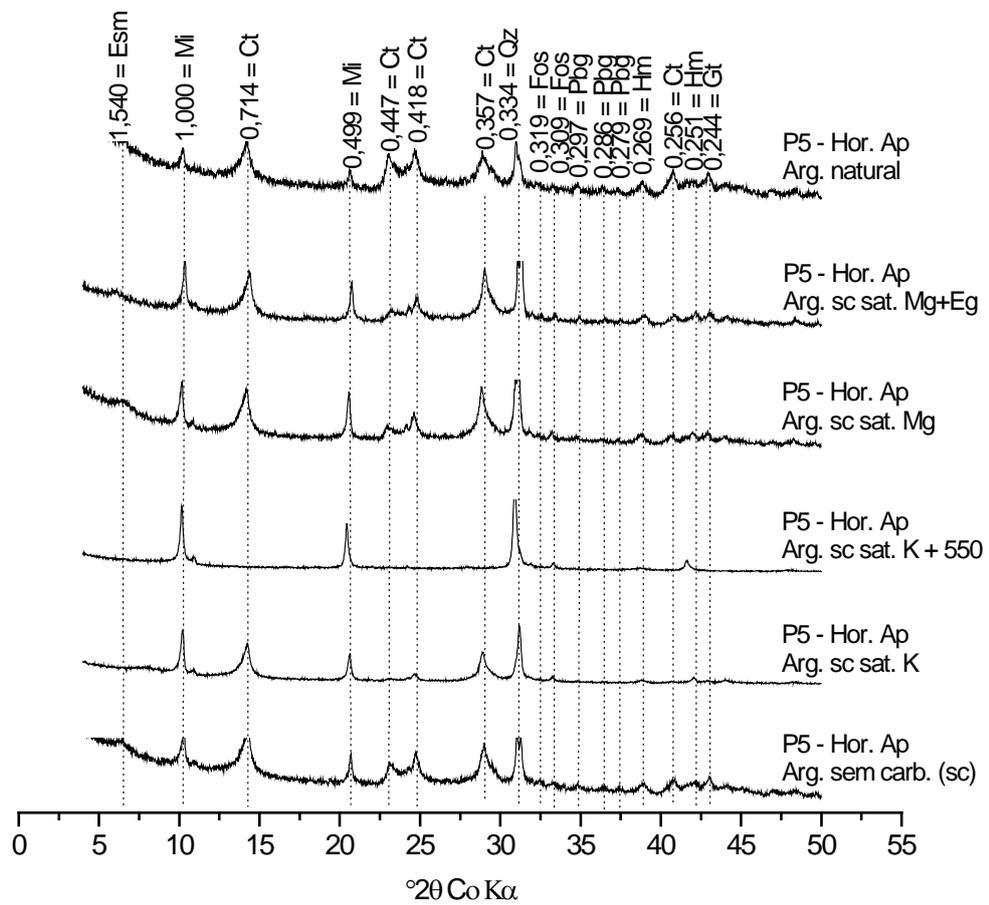


Figura 3A. Difratoograma de raio-X da fração argila do horizonte Ap de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P5) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Fos=fosfoferrita, Pbg=plumbogumita, Hm=hematita, Gt=goethita).

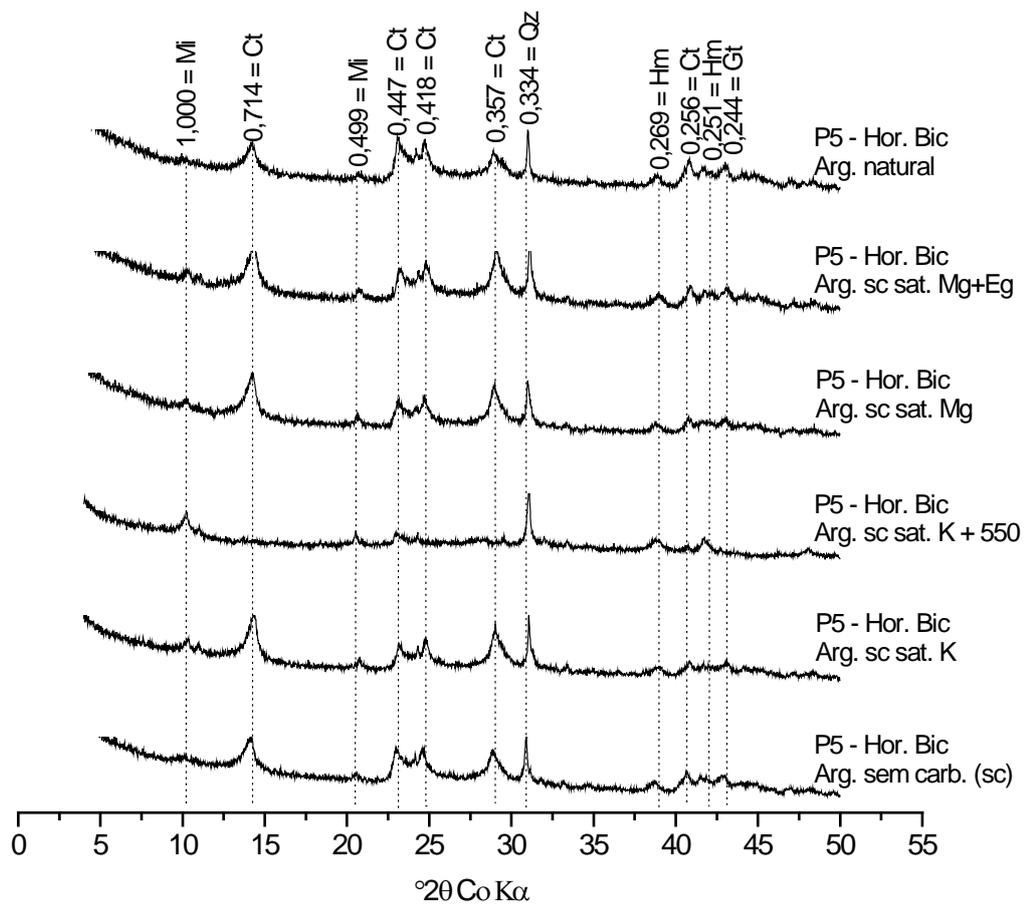


Figura 4A. Difratograma de raio-X da fração argila do horizonte Bic de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P5) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinite, Qz=quartzo, Hm=hematita, Gt=goethita).

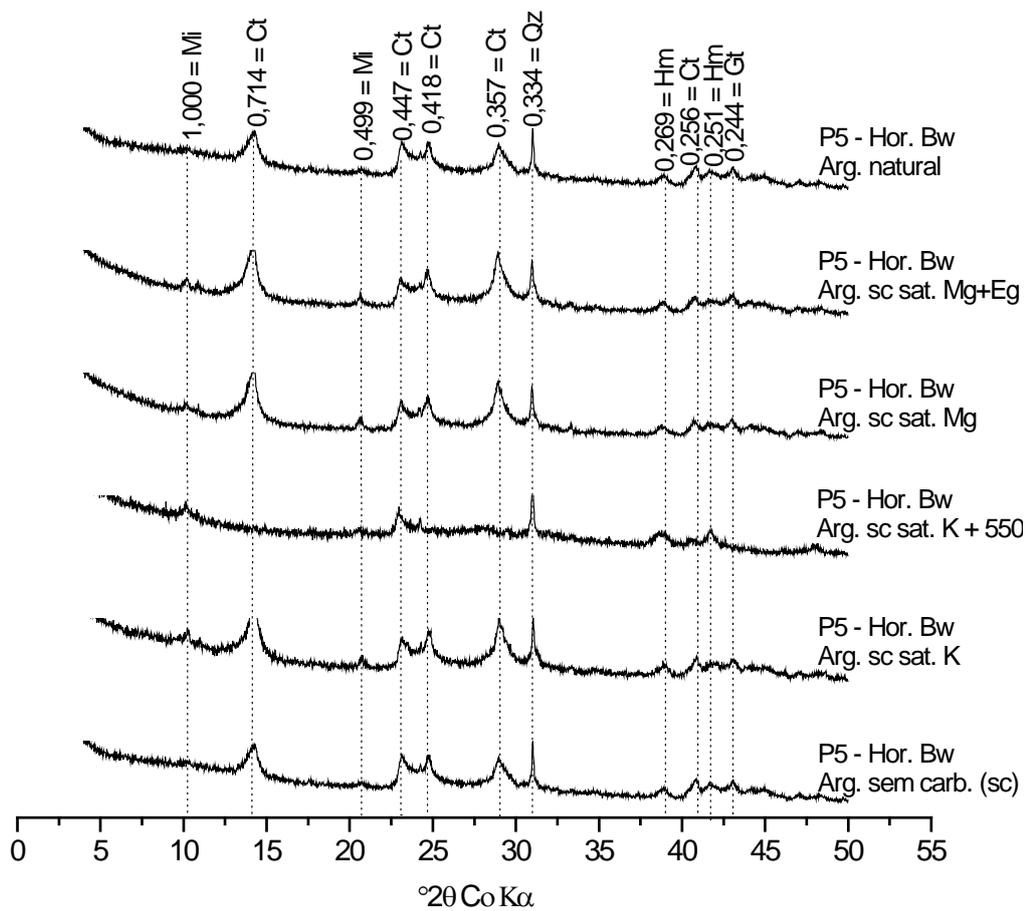


Figura 5A. Difratoograma de raio-X da fração argila do horizonte Bw de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P5) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Hm=hematita, Gt=goethita).

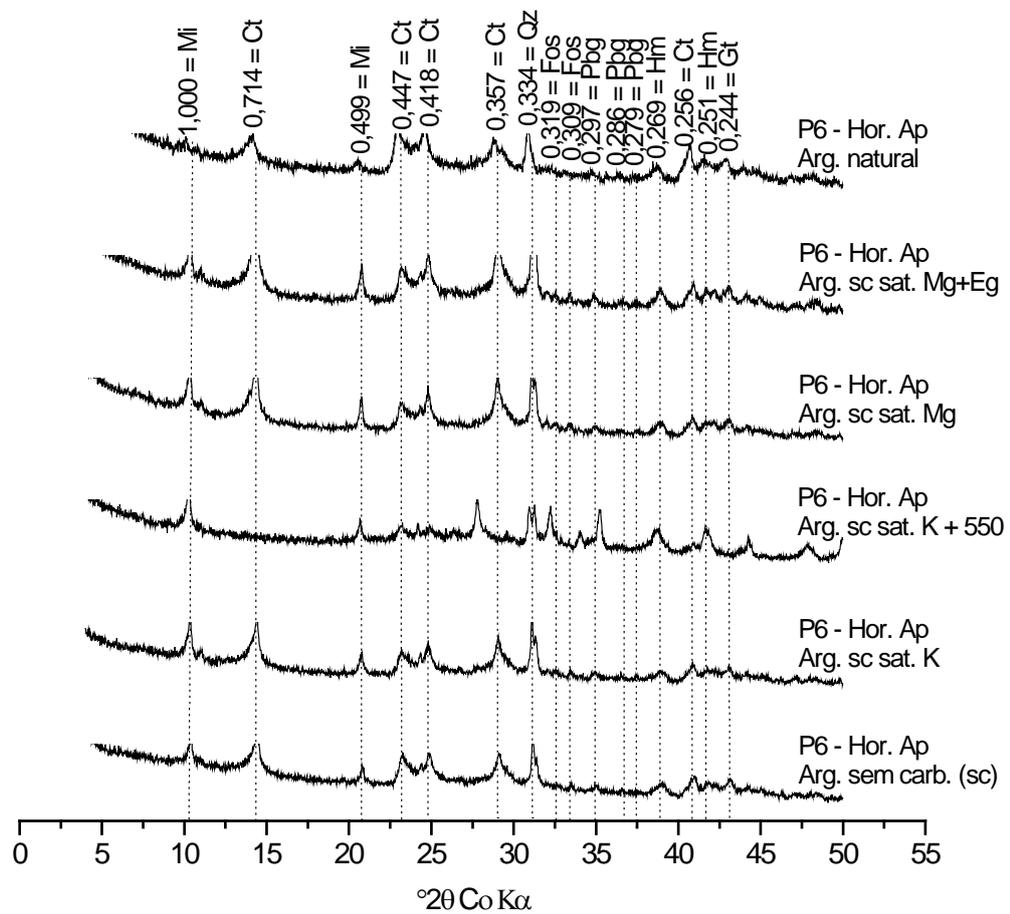


Figura 6A. Difratoograma de raio-X da fração argila do horizonte Ap de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Fos=fosfoferrita, Pbg=plumbogumita, Hm=hematita, Gt=goethita).

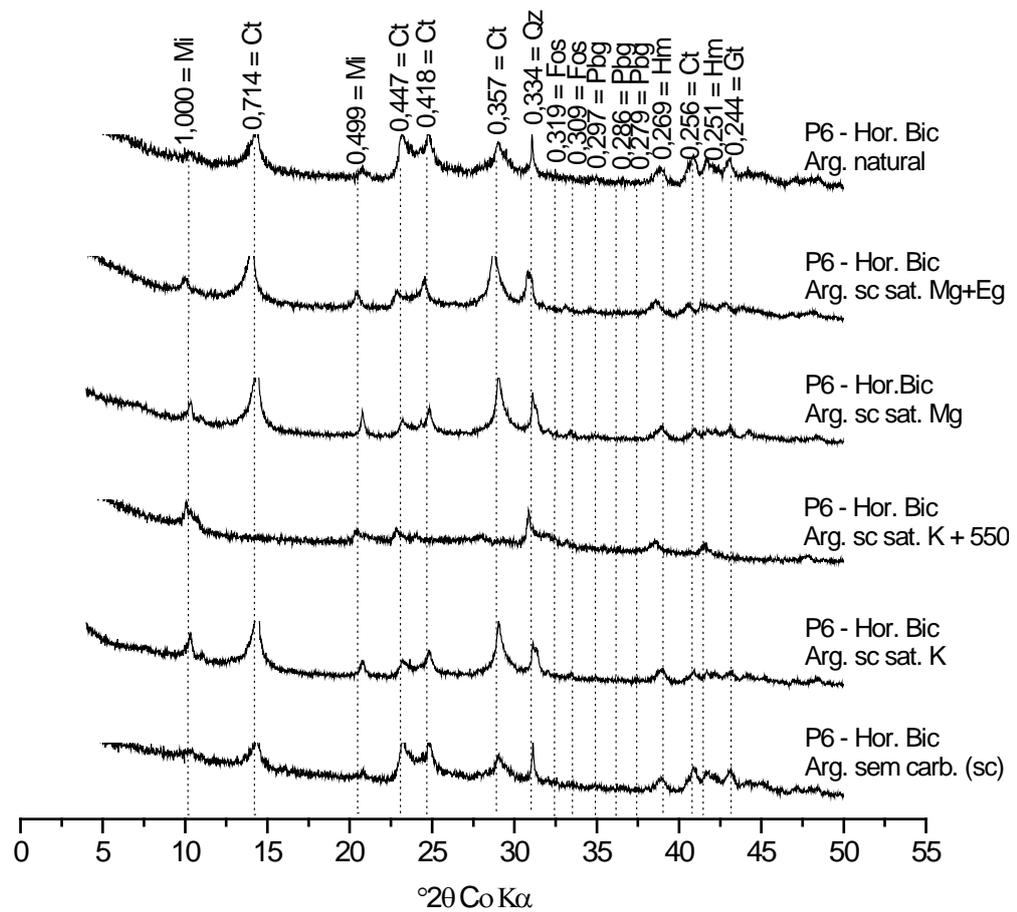


Figura 7A. Difratoograma de raio-X da fração argila do horizonte Bic de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Fos=fosfoferrita, Pbg=plumbogumita, Hm=hematita, Gt=goethita).

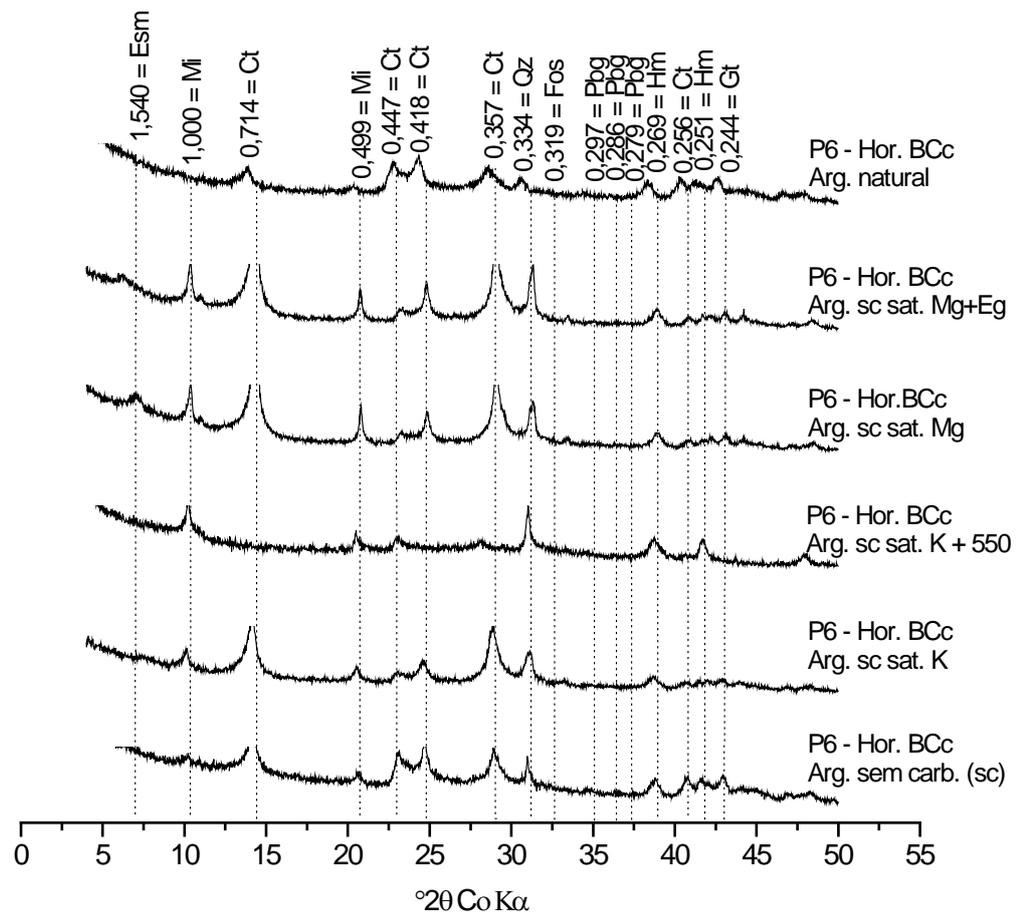


Figura 8A. Difratoograma de raio-X da fração argila do horizonte BCc de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Fos=fosfoferrita, Pbg=plumbogumita, Hm=hematita, Gt=goethita).

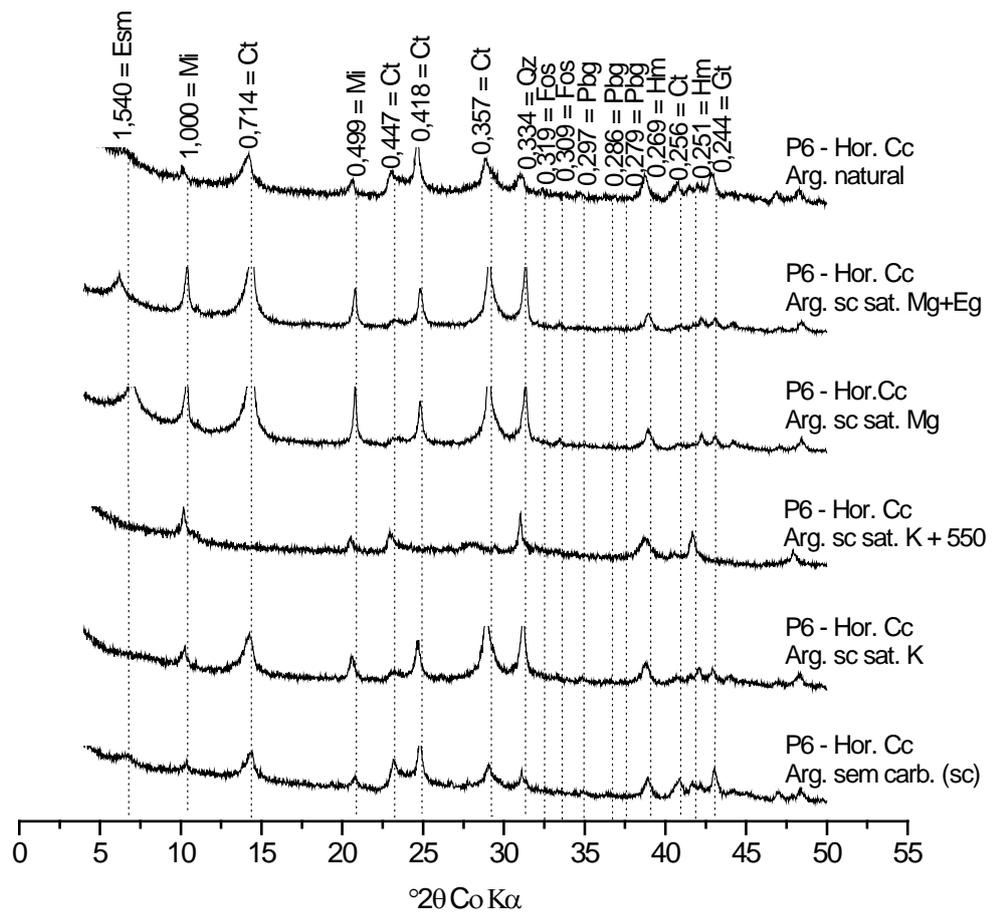


Figura 9A. Difratoograma de raio-X da fração argila do horizonte BCc de um Cambissolo Háplico Tb eutrófico latossólico (P6) do Platô de Irecê-BA (Esm=esmectita, Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzito, Fos=fosfoferrita, Pbg=plumbogumita, Hm=hematita, Gt=goethita).

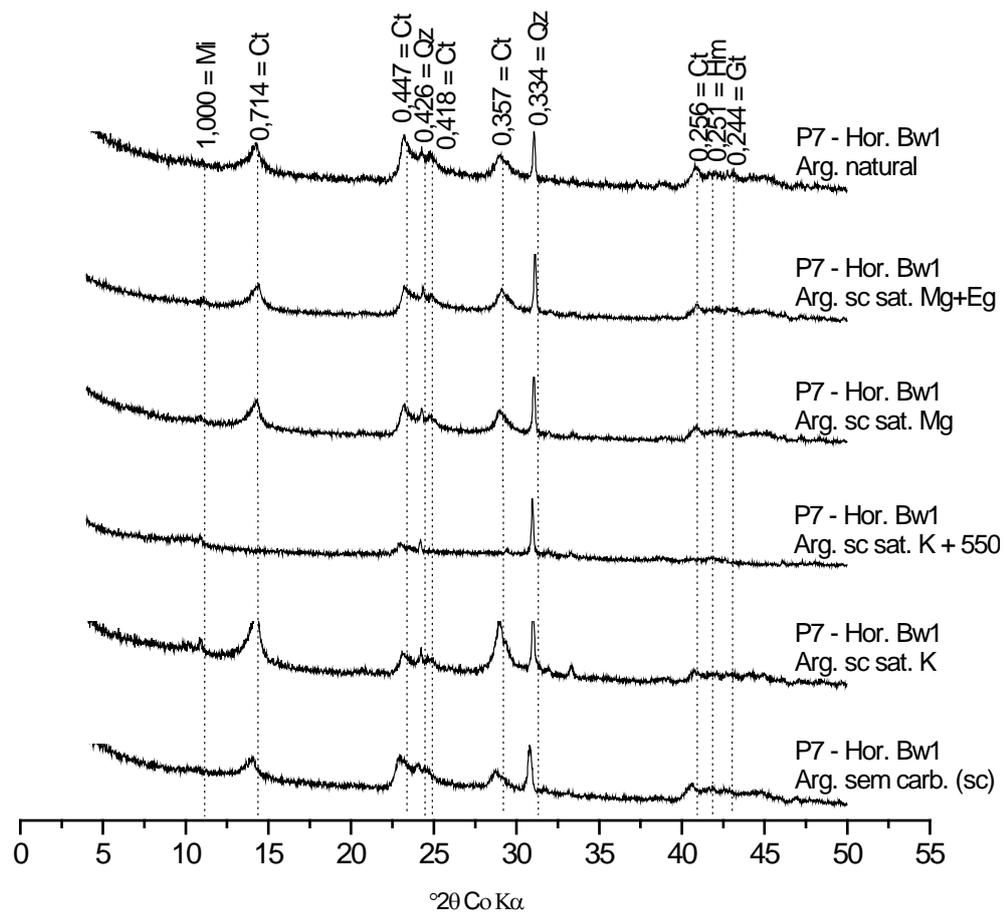


Figura 10A. Difratoograma de raio-X da fração argila do horizonte Bw1 de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) do Platô de Irecê-BA (Mi=mica, Ct=caulinita, Qz=quartzo, Hm=hematita, Gt=goethita).

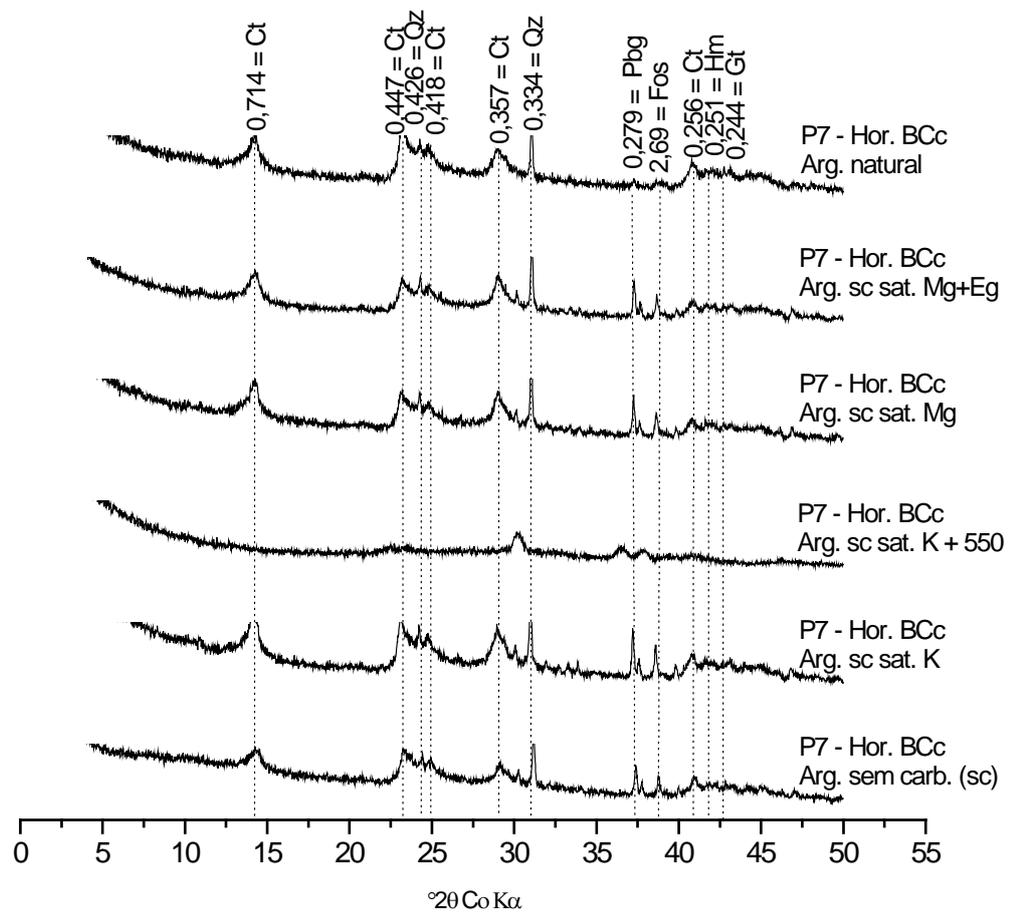


Figura 11A. Difratoograma de raio-X da fração argila do horizonte BCc de um Cambissolo Háplico Ta eutrófico latossólico (P7) do Platô de Irecê-BA (Ct=caulinita, Qz=quartzo, Pbg=plumbogumita, Fos=fosfoferrita, Hm=hematita, Gt=goethita).