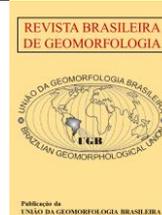




<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664



Artigo de Pesquisa

Depressões fechadas: dolinas na Formação Barreiras?

Closed depressions: dolines in the Barreiras Formation?

Fábio Carvalho Nunes ¹, Geraldo da Silva Vilas Boas ², Cláudia Csekö Nolasco de Carvalho ³ e Francisco Ferreira Fortunato ⁴

¹ Instituto Federal Baiano, Departamento Acadêmico, Santa Inês, Brasil. E-mail. fcnunes76@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5954-397X>

² Universidade Federal da Bahia, Departamento de Sedimentologia, Salvador, Brasil. E-mail. gsvboas@gmail.com

³ Universidade do Estado de Alagoas, Departamento de Biologia, Santana do Ipanema, Brasil. E-mail. claudia.cseko@uneal.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2807-2829>

⁴ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, in memoriam.

Recebido: 10/10/2020; Aceito: 29/05/2023; Publicado: 26/10/2023

Resumo: O processo de carstificação não está apenas associado a rochas calcáreas, podendo ser observado em diferentes litologias, como em rochas ultrabásicas, básicas e félsicas. Contudo, quando feições similares ao carste são desenvolvidas sobre rochas silicosas da Formação Barreiras são comumente denominadas de depressões fechadas. Depressões fechadas desenvolvidas sobre litofácies da Formação Barreiras e sedimentos correlacionáveis são observadas praticamente ao longo de todo o litoral brasileiro e no interior do país, podendo representar um exemplo de feição cárstica não carbonática de grande extensão territorial. Por isso, no Litoral Norte do estado da Bahia foram feitos estudos para entender os processos de formação das depressões fechadas, seus condicionantes climáticos, geológicos e pedológicos. Foram realizados levantamentos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, através de fotointerpretação, análise de cortes de estradas, afloramentos, perfis de solos e tradagens, escolhendo-se uma topossequência para estudos mais detalhados. Na topossequência foram confeccionados perfis de solos, realizadas descrições morfológicas e coletadas amostras para datação da matéria orgânica, além disso, utilizou-se a técnica geofísica da eletrorresistividade para melhor entendimento da espacialização dos domínios geológico-geomorfológicos e efeitos da tectônica na pedogênese, na conformação e evolução da paisagem. Os dados mostram que as depressões fechadas possuem sua gênese associada a cruzamentos de lineamentos estruturais e evoluíram em clima úmido devido a instalação e desenvolvimento de processos de podzolização, acentuando a dissolução de minerais dos horizontes superficiais dos solos. A formação das depressões fechadas é similar à gênese das dolinas de dissolução, por isso sugere-se que devem ser consideradas como feições cársticas.

Palavras-chave: Depressões fechadas; Feição cárstica; Formação Barreiras.

Abstract: The karstification process is not only associated with limestone rocks, it can be observed in different lithologies, as in ultrabasic, basic, and felsic rocks. However, when features like karst are developed over siliceous rocks of the Barreiras Formation, they are commonly called closed depressions. Closed depressions developed on the Barreiras Formation's lithofacies and correlated sediments are observed practically throughout the Brazilian coast and in the interior of the country, and may represent an example of a non-carbonate karst feature of great territorial extension. For this reason, studies were carried out in the North Coast of the state of Bahia, Brazil, aiming to understand the processes of formation of closed depressions, their climatic, geological, and pedological conditions. Geological, geomorphological and pedological surveys were carried out, through photointerpretation, analysis of rock outcrops, soil profiles and translations, choosing a toposequence for more detailed studies. In the toposequence soil profiles were made, morphological descriptions were carried out samples were collected for dating of organic matter, in addition, the electrophysical geophysical technique was used to better understand the spatialization of the geological-geomorphological domains and the effects of tectonics on pedogenesis,

in the conformation and evolution of the landscape. The data show that closed depressions have genesis associated with crossings of structural lineaments and evolved in a humid climate due to the installation and development of podzolization processes, accentuating the dissolution of minerals from the superficial horizons of the soils. The formation of closed depressions is like the genesis of the dissolving dolines, so it is suggested that they should be considered a karst relief.

Keywords: Closed depressions; Karstification; Barreiras Formation.

1. Introdução

A carstificação é um processo que resulta na formação de um relevo denominado carste. Nos primeiros estudos realizou-se o carste a um tipo específico de rocha, contudo ao longo do tempo constatou-se que não seria possível limitar-se a apenas um litotipo (JENNINGS, 1985), como observado em migmatitos da Serra Mar, em Santa Catarina no Brasil (QUEIROZ NETO, 1993), em rochas cratônicas de Madagascar (SOUBIES, 1974), em rochas ultrabásicas na Nova Caledônia (TRESCASES, 1975), em rochas ígneas de Papua Nova Guiné (LOFFLER, 1978; MCFARLANE & TWIDALE, 1987) e em rochas siliciclásticas da Venezuela, Austrália e Brasil (CHALCRAFT & PYE, 1984; YOUNG, 1986; DOERR, 1999; HARDT, 2008; HARDT & PINTO, 2009).

Klimchouk (2015), analisando as mudanças nas visões sobre os atributos essenciais do carste, introduz o conceito de carste como um sistema de fluxo de fluido específico (sistema geo-hidrodinâmico). O autor sugere a redefinição de termos, sugerindo: espeleogênese, processos cársticos e feições cársticas para diferenciar as dinâmicas dos processos envolvidos. As feições cársticas (fenômenos e formas) envolvem estágios de evolução, superficiais, subsuperficiais ou subterrâneas e refletem o funcionamento do sistema geo-hidrodinâmico cárstico no presente (características cársticas ativas) ou no passado (características cársticas e paleocársticas).

Os relevos devem ser definidos conforme os processos de formação e sua distribuição na paisagem (HARDT, 2011) e o carste não foge à regra. Contudo, quando sistemas similares ao cárstico se desenvolvem sobre rochas silicosas da Formação Barreiras são denominados de depressões fechadas ou pseudo-carstes, termo que deve ser apenas aplicado a topografias que lembram uma paisagem cárstica, mas que não foram formadas por dissolução, como o thermokarst e volcanokarst (SUGUIO, 2010). Formas cársticas em rochas silicosas são reconhecidas há tempos e algumas são tão bem desenvolvidas que chegam a ser confundidas com o calcário (JENNINGS, 1985).

Depressões fechadas foram observadas desenvolvidas no Níger e Costa do Marfim, em sedimentos do Continental Terminal (BOULET, 1964; HUMBEL, 1964; BUSCHE & ERBE, 1987), no Congo em arenitos de Bateké (SCHWARTZ, 1988), em Uganda em rochas metassedimentares (DOOMKAMP, 1968; MCFARLANE, 1976) e no Brasil em rochas quartzo-cauliníticas do Vale do Paraíba, na região de Paulínia (SP), na região de Boa Vista (RR) (FILIZOLA & BOULET, 1996), no Litoral Norte da Bahia (NUNES et al., 2019) e no Recôncavo Baiano (CARVALHO & NUNES, 2022). Essas feições (depressões fechadas) podem ser encontradas nos Tabuleiros Costeiros do litoral brasileiro, tanto nas unidades de relevo desenvolvidas sobre os litotipos da Formação Barreiras (Figura 1), quanto nos sedimentos correlatos à Formação Barreiras.



Figura 1. Distribuição no Brasil dos sedimentos correlacionáveis com a Formação Barreiras. Fonte: Modificado de Suguio e Nogueira (1999).

No topo de Tabuleiros Costeiros são comumente encontradas superfícies deprimidas de diferentes dimensões, que alguns autores chamam de pseudo-dolinas e outros de depressões fechadas. As depressões fechadas são formas abaciais que não possuem uma saída de fluxo, são formadas pela perda de material solúvel da base (FILIZOLA & BOULET, 1996). O processo de formação dessas superfícies rebaixadas é similar ao que na literatura se chama de dolina de dissolução. Para entender melhor a ocorrência dessas feições, suas relações com a evolução dos solos e da paisagem realizou-se um estudo no Litoral Norte da Bahia.

2. Área de Estudo

A área de estudo está localizada na região Litoral Norte da Bahia (BA), Brasil, município de Conde, na fazenda Altamira, entre as bacias do Rio Itapicuru e Rio Itariri (Figura 2). O clima, segundo classificação de Koppen, é tropical úmido - Am, com estação chuvosa de outono-inverno, temperaturas médias anuais superiores 24°C. A vegetação original é Floresta Tropical Subcaducifólia (BRASIL, 1983) (Figura 3).

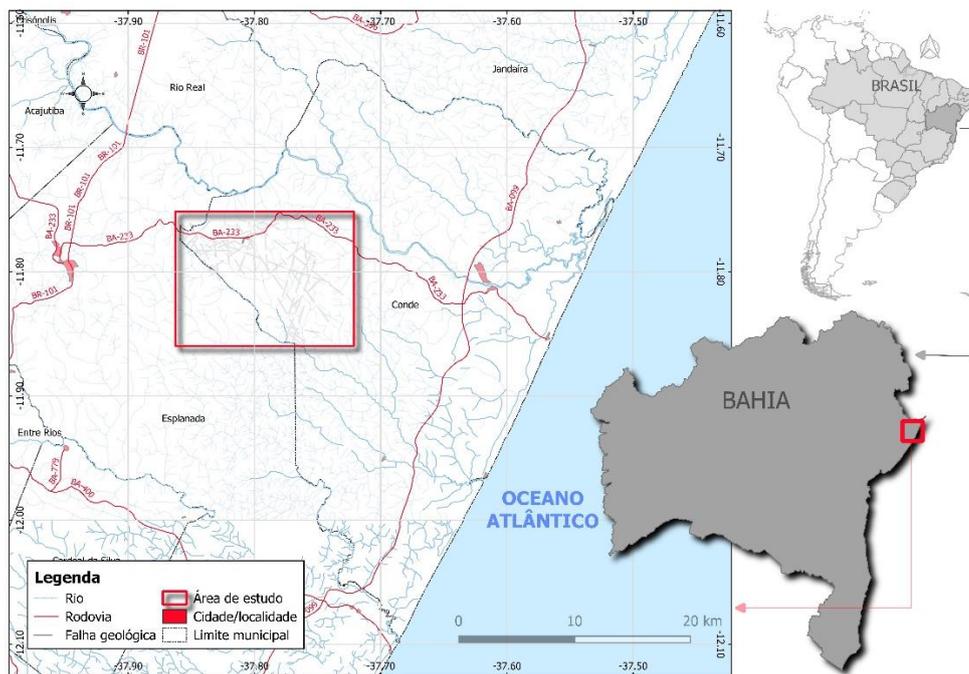


Figura 2. Mapa de localização da área de estudo.

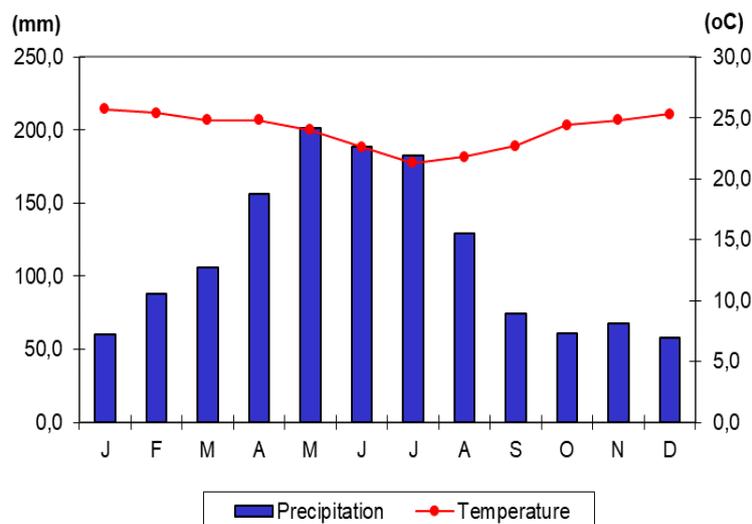


Figura 3. Normais climatológicas da estação Altamira, município de Conde. Período: 1953-1983. Altitude: 140m. 11°46'S and 37°49'W. Fonte: INMET (2020).

A geologia é composta por diamictitos, arenitos e argilitos (em diferentes estágios de cimentação) da Formação Barreiras, depositados sobre rochas granulito-gnáissicas do embasamento cristalino. Sobre a Formação Barreiras se desenvolveram modelados de dissecação homogênea, com feições aplanadas parcialmente conservadas, bem como modelados de dissecação diferencial, devido a controle estrutural e variações de litofácies.

O controle estrutural na evolução da paisagem e nos solos pode ser observado na área pela adaptação da drenagem a linhas de falhas, evolução de vales dissimétricos a partir de blocos basculados, frentes de erosão controladas por falhamentos e pedogênese de Podzols (Espodosolos), a partir de depressões fechadas originadas de entrecruzamento de falhas. No local da topossequência, na porção nordeste (Figuras 4 e 5), o perfil topográfico é interrompido, sendo correspondente à parte superior de um vale que drena para o rio Itapecuru. Seu talvegue está a 100m de distância e 35m abaixo desse ponto, conforme controle realizado com mapa topográfico elaborado pela Petrobras (1964).

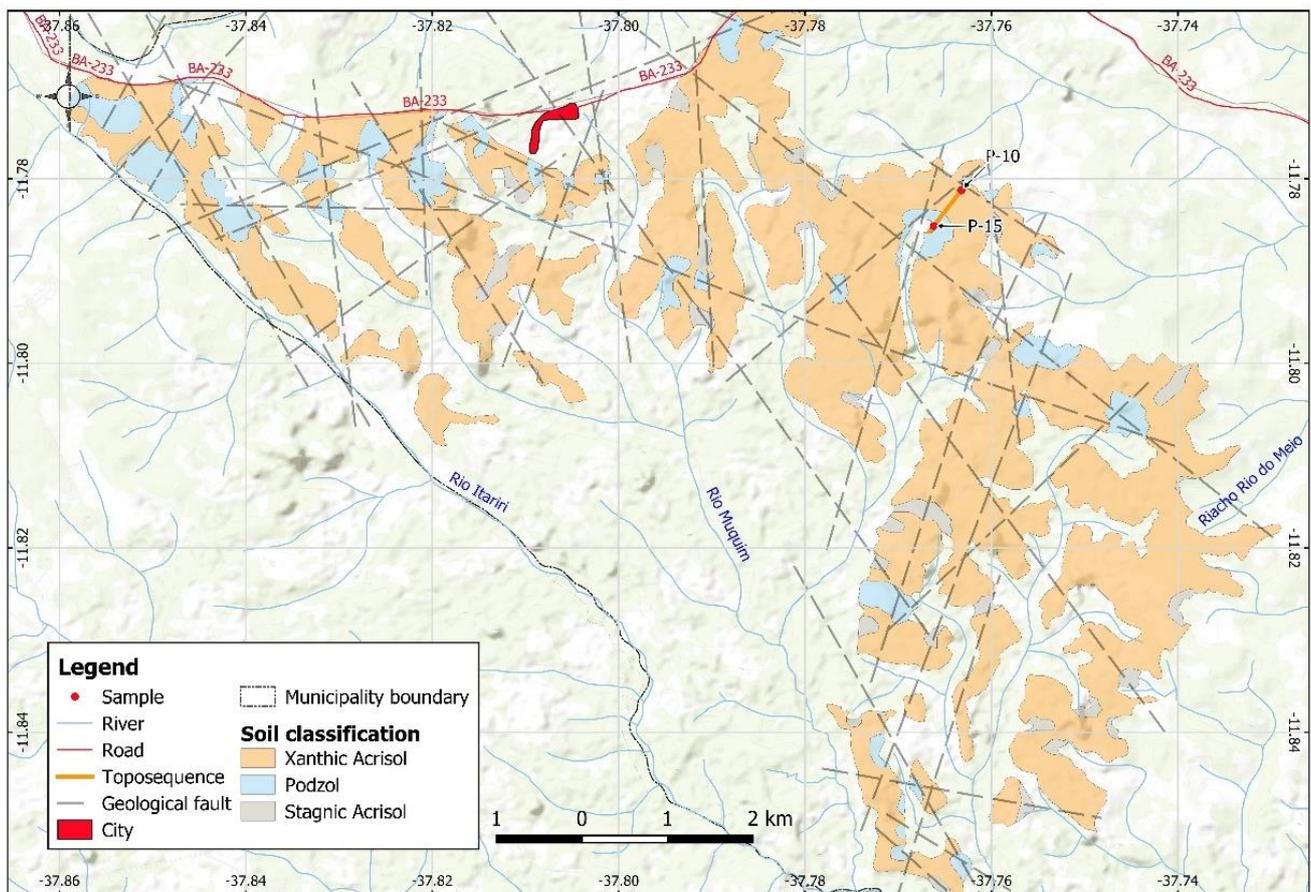


Figura 4. Controle estrutural na evolução dos solos e paisagem na área de estudo.

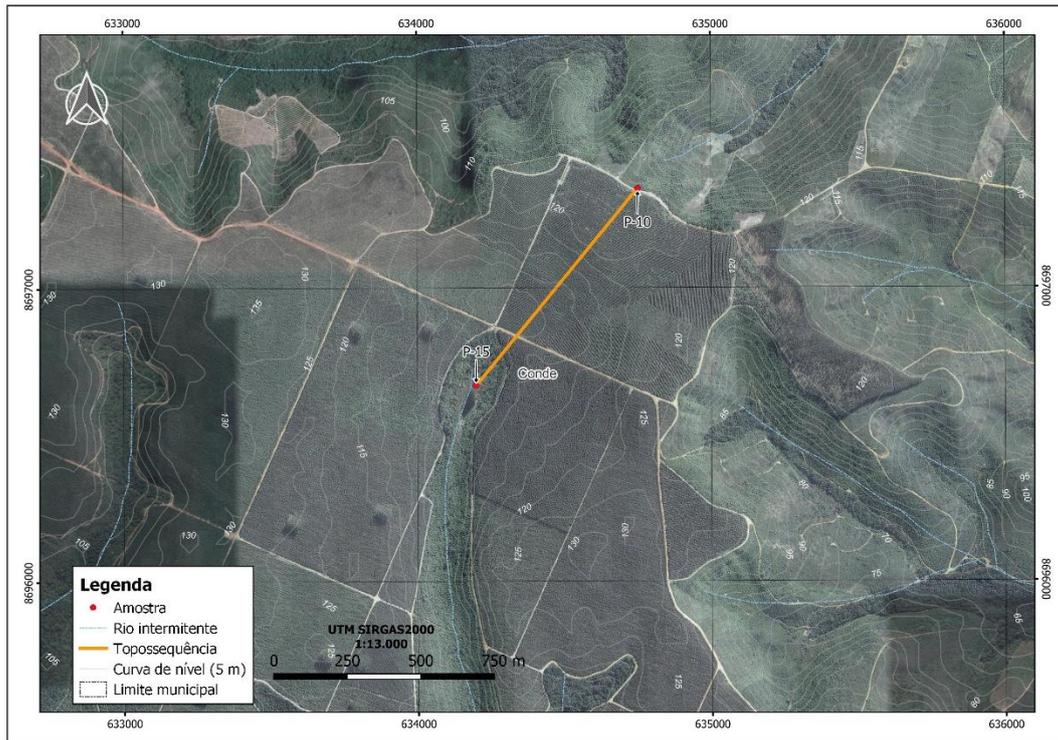


Figura 5. Topografia da área de estudo.

3. Materiais e Métodos

A caracterização geológica foi realizada através da descrição de fácies aflorantes e a análise estrutural foi realizada a partir de fotointerpretação. Foram utilizadas fotografias aéreas na escala de 1:40.000, sendo identificados os lineamentos estruturais, arranjo espacial da drenagem, parâmetros de evolução do relevo, distribuição e localização de depressões, onde ocorrem Podzols (Espodosolos) e Argissolos Acinzentados.

Objetivando entender os processos superficiais e subsuperficiais atuantes, a filiação com o material de origem e os mecanismos de transformação que controlam o sistema solo, foram realizados estudos através de tradagens e descrição morfológica de 6 perfis de solos numa topossequência (Figura 6).

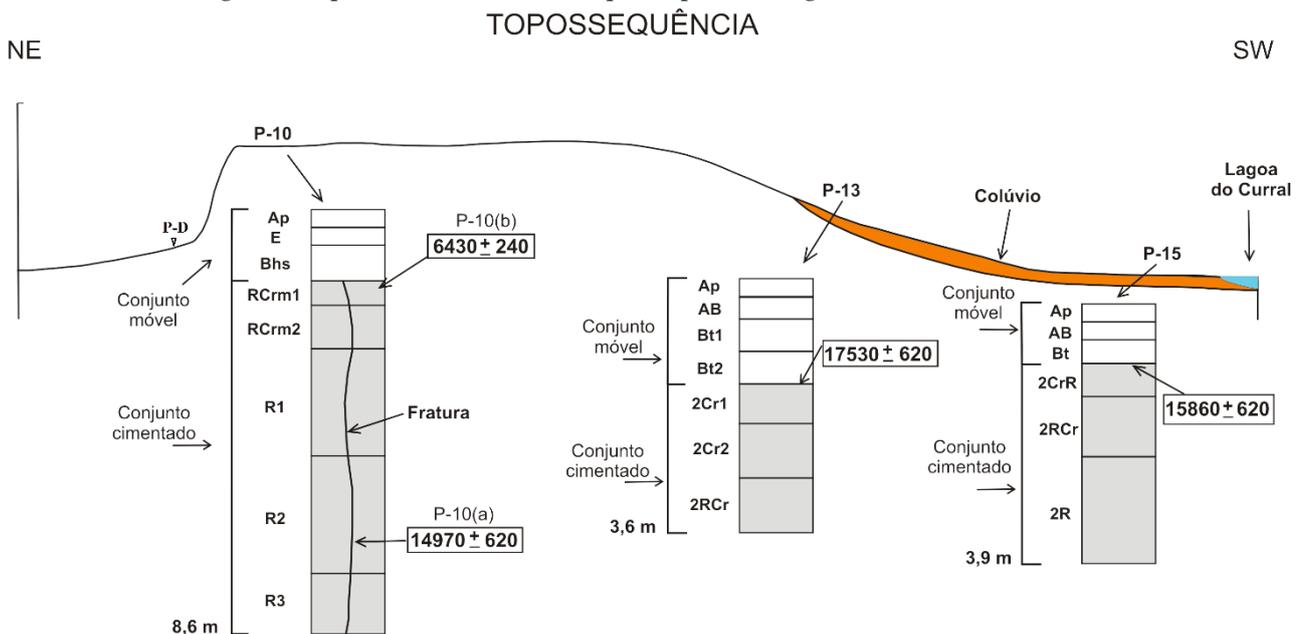


Figura 6. Perfil topográfico esquemático da topossequência estudada. Os registros do processo de podzolização do ciclo anterior ficaram preservados no conjunto cimentado, em setores impregnados de substância húmicas, fendas

profundas no perfil P-10 e sob o material coluvial nos perfis P-13 e P-15. As idades obtidas através de datação das substâncias húmicas estão inscritas em anos AP nos retângulos.

Ao longo da toposequência foram obtidos dados de subsuperfície, utilizando o método geofísico da eletrorresistividade. Os dados de resistividade aparente foram obtidos através da utilização do equipamento SYSCAL-R2 da Íris Instruments. Esse instrumento consiste de uma unidade transmissora alimentada por bateria de 12 volts, com saída de voltagem ajustável entre 100 e 800 volts e uma unidade de recepção computadorizada que executa o processamento primário geolétrico, promovendo o armazenamento digital das informações.

Foram realizadas 18 sondagens elétricas verticais (SEV) com espaçamento entre as sondagens de 60m, a partir das quais foram construídas duas seções geoeletricas. O arranjo empregado foi o Schlumberger e o espaçamento entre os eletrodos de corrente (AB/2) foi progressivamente aumentado, a partir do centro de arranjo (estações), de 1,0m até 250m. Os espaçamentos entre os eletrodos de potencial (MN/2) foram 0,5; 2,5 e 10m. Durante as leituras dos dados elétricos foi empregada uma solução salina para reduzir a resistência entre os eletrodos e o solo. Foram realizadas repetições de leitura para os dados considerados inconsistentes. Os dados de campo foram processados utilizando o programa RESIST 1.0, sendo determinadas as resistividades aparentes (ohm.m) e espessuras de cada camada, profundidade das interfaces e o percentual de erro que os resultados de cada sondagem podiam apresentar.

A interpretação dos dados das sondagens elétricas foram auxiliadas pelas seguintes informações complementares: a) informações geológicas de superfície; b) informações derivadas da fotointerpretação; c) informações obtidas nos perfis profundos.

Dados geológicos foram obtidos a partir do vale do rio Itapecuru, cota 65m, subindo em direção ao topo do tabuleiro, cota 119,6m. Constatou-se que o embasamento cristalino aflora no talvegue, sendo composto por rochas granulíticas migmatizadas e não alteradas. Subindo em direção ao topo do tabuleiro, aproximadamente na cota 75m, observaram-se afloramentos do embasamento bastante intemperizado (alterito argiloso), localmente reconhecidos pela presença de veios de materiais quartzosos. Entre as cotas 75m e 100m, foram constatados sedimentos argilosos avermelhados que representam na área a base da Formação Barreiras. A partir da cota 100m, local do perfil P-D, até o topo do tabuleiro, aflora na vertente a unidade cimentada da Formação Barreiras (Figura 6). As observações foram realizadas através da análise de afloramentos, cortes de estradas e tradagens.

Os perfis pedológicos e as tradagens foram analisados morfologicamente segundo o Field Book for Describing and Sampling Soils (USDA, 2002) e a classificação dos solos conforme World Reference Base for soil resources (IUSS Working Group WRB, 2015). A partir dos três perfis selecionados, foram coletadas quatro amostras das camadas cimentadas enriquecidas em substâncias húmicas para datação pelo método ^{14}C , no Geochron Laboratories, Massachusetts U.S.A (www.geochronlabs.com), visando parâmetros cronológicos e paleoambientais. Essas amostras foram coletadas em três perfis P-10, P-13 e P-15, posicionados, respectivamente, no topo, terço médio e terço inferior da toposequência (Figura 6).

No perfil P-10 foram coletadas duas amostras: uma no topo do conjunto cimentado, camada RCrm1 - amostra P-10(b), e a outra, a sete metros de profundidade, da camada R2, em uma fenda - amostra P-10(a). No perfil P-13, a amostra foi coletada no horizonte 2Cr1, em volumes ainda cimentados e impregnados de matéria orgânica, e no perfil P-15 na camada 2CrR. As amostras foram coletadas em setores das camadas ou horizontes, onde o material de origem cimentado, extremamente duro, estava bem preservado, com poucos sinais de alteração e impregnado de matéria orgânica.

As amostras de solo foram inicialmente submetidas a um pré-tratamento, que consistiu no destorroamento, dispersão em água deionizada, eliminação da fração areia e restos de raízes com peneiras finas de nylon e tratamento com 1N HCl à quente, por 1h para eliminar carbonatos. Em seguida, após lavagem, a fase sólida da mistura (argila/fração orgânica) foi separada por filtração e seca em estufa. Após esse pré-tratamento, a amostra foi queimada na presença de oxigênio puro para produzir dióxido de carbono. A amostra, já no estado gasoso, foi posteriormente tratada para eliminar impurezas como NO, NO₂, Cl₂, SO₄ e vapor d'água e submetida à contagem proporcional para obtenção da razão $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$.

A datação foi realizada de acordo com o método do radiocarbono de W.F. Libby (meia-vida do ^{14}C de 5.570 anos) e o padrão de referência, o "ácido oxálico NBS" (95%) do "US National Bureau of Standards", sendo a idade de referência para o presente o ano de 1950.

4. Resultados

4.1. Morfologia de Solos

A análise morfológica dos horizontes permitiu a distinção de 2 conjuntos, com características que interferem na dinâmica hídrica da cobertura pedológica, que são: o conjunto móvel e conjunto cimentado (Figura 6).

O perfil P-10 classificado como Podzol Carbic (Espodosolo Cárstico), textura arenosa, A moderado, relevo plano, imperfeitamente drenado, contato lítico a 80cm de profundidade, está situado no topo da vertente. Possui sequência de horizontes/camadas Ap, E, Bhs, RCr₁, RCr₂, R₁, R₂ e R₃. Os horizontes Ap, E e Bhs são arenosos com forte porosidade intergranular e compõem o conjunto móvel. No contato entre os horizontes Bhs e RCr₁ observa-se uma zona mosqueada (7,5YR4/2, 10YR4/4, 10YR4/3, 10YR5/3, 7,5YR6/8), a partir do qual ocorre um conjunto cimentado pouco diferenciado de 7,8 metros de espessura. O conjunto cimentado é cortado por fendas verticais, com grãos de quartzo microfaturados, apresentando em sua parte superior impregnação de complexos organometálicos, resultantes de processos de podzolização que ocorreram na superfície.

As fendas verticais observadas no P-10 possuem uma relação com um entrecruzamento de lineamentos estruturais, que controlaram a formação de uma depressão fechada e favoreceram o início e a evolução do processo de podzolização. A interpretação de fotografias aéreas da área mostra que os Podzols Carbics (Espodosolos Cársticos) e os Acrisols Stagnics (P-15, Argissolos Acinzentados) da região estão situados em intersecções de lineamentos estruturais (Figuras 4 e 6).

O perfil P-11 é um Acrisol Xanthic (Argissolo Amarelo), textura arenosa/argilosa, A moderado, relevo plano, moderadamente drenado e possui contato lítico a 300cm de profundidade. Está situado em terço superior de vertente, com sequência de horizontes/camadas Ap, E, EB, Bt₁, Bt₂, Bw, BC, Cr₁, Cr₂, Cr₃. Os horizontes Bt₁ e Bt₂ ocorrem entre 60cm e 190cm de profundidade, não possuem organização estrutural visível, são maciços, por isso evidenciam a presença de mosqueados abundantes (10YR6/5, 10YR6/8, 10YR5/8 e 7,5YR4/6) e uma fina camada (1,0cm) contínua de materiais ferruginosos entre esses horizontes, o que indica a presença de hidromorfia temporária, devido a restrição de drenagem vertical.

Entre os horizontes BC e Cr₁, a partir de 250cm de profundidade, observa-se uma zona mosqueada (5YR5/6, 10YR6/3) que aumenta em profundidade. A partir do horizonte BC ocorrem volumes cimentados mosqueados (5YR5/6, 5YR5/8, 10YR6/3, 2,5YR4/8, 7,5YR5/6, 10YR7/2, 7,5YR6/8, 10R3/6), que aumentam de tamanho e dureza até alcançar 7,9m de profundidade (horizonte Cr₃), limite de observação do perfil.

O perfil P-12 é um Acrisol Xanthic (Argissolo Amarelo), possui textura média/argilosa, A moderado, relevo suave-ondulado, moderadamente drenado e com contato lítico a 190cm de profundidade. Situado em terço médio de vertente, tem sequência de horizontes/camadas Ap, AB, Bt₁, Bt₂, Bw, BC, Cr₁, Cr₂, Cr₃. Os horizontes Bt₁ e Bt₂ ocorrem entre 28cm e 100cm de profundidade, não possuem organização estrutural visível, são maciços, com presença de mosqueados abundantes (10YR5/8, 2,5YR4/6 e 10R3/6) e fragmentos de materiais ferruginosos, que indicam a presença de hidromorfia temporária, devido a restrição de drenagem vertical.

Entre os horizontes BC e Cr₁, a partir de 100cm de profundidade, observa-se uma zona mosqueada (5YR5/6, 10YR5/8, 10R3/6, 10YR8/2, 7,5YR5/6 e 10YR7/2) que aumenta em profundidade. A partir do horizonte BC ocorrem volumes cimentados mosqueados (7,5YR5/4, 10YR7/2, 7,5YR6/8, 10R3/4, 5YR5/8, 10YR8/2 e 10R3/6), que aumentam de tamanho e dureza até alcançar 6,9m de profundidade (horizonte Cr₃), limite de observação do perfil.

O perfil P-13 é um Acrisol Xanthic (Argissolo Amarelo), textura arenosa/média, A moderado, relevo suave-ondulado, moderadamente drenado, contato lítico a 105cm de profundidade. Está situado em terço inferior de vertente, com sequência de horizontes/camadas Ap₁, Ap₂, Bt₁, Bt₂, 2Cr₁, 2Cr₂, 2RCr. Trata-se de um perfil poligenético, onde os horizontes Ap₁, Ap₂, Bt₁ e Bt₂ derivam de uma cobertura coluvial, enquanto que os horizontes e camadas 2Cr₁, 2Cr₂ e 2RCr derivam de uma unidade cimentada subjacente.

No contato entre os horizontes Bh e 2Cr₁ observa-se uma zona mosqueada (10YR5/6, 10YR4/3, 10YR7/2, 5YR5/6) e uma fina camada horizontalizada (1cm), descontínua, composta de materiais ferruginosos endurecidos em processo de degradação, bem como entre horizontes 2Cr₁ e 2Cr₂. O horizonte 2Cr₁ apresenta teor de matéria orgânica mais elevado que os horizontes subjacentes (Bt₁ e Bt₂), apesar de não existirem evidências morfológicas de estar ocorrendo iluviação de compostos organometálicos.

Perfil P14 é um Acrisol Xanthic (Argissolo Amarelo), textura arenosa/média, A moderado, relevo plano, moderadamente drenado, contato lítico a 110cm de profundidade. Situado no terço inferior da vertente, possui

seqüência de horizontes/camadas Ap, Bt₁, Bt₂, Bhs, 2CrR, 2RCr₁, 2RCr₂, 2R₁ e 2R₂. Trata-se de um perfil poligenético, onde os horizontes Ap, Bt₁, Bt₂ e Bhs derivam de uma cobertura coluvial e as camadas 2CrR, 2RCr₁, 2RCr₂, 2R₁ e 2R₂ derivam de uma unidade cimentada subjacente.

Os horizontes Bt₁, Bt₂ e Bhs ocorrem entre 18cm e 110cm de profundidade, não possuem organização estrutural visível, são maciços, com mosqueados evidentes, que indicam a presença de hidromorfia temporária, devido a restrição de drenagem vertical. No contato entre os horizontes Bhs e 2CrR observa-se uma zona mosqueada (10YR3/2, 10YR7/4, 5YR3/2) e uma fina camada horizontalizada (1cm), descontínua, composta de materiais ferruginosos endurecidos, bem como entre horizontes 2CrR e 2RCr₁.

O perfil P-15, situado à margem da Lagoa do Curral, é um Acrisol Stagnic (Argissolo Acinzentado), textura arenosa/média, A moderado, relevo plano de baixada, moderado a imperfeitamente drenado, pouco profundo. Possui seqüência de horizontes/camadas Ap, AB, Bt, 2CrR, 2RCr e 2R. Trata-se de um perfil composto por dois conjuntos distintos: conjunto móvel, composto pelos horizontes Ap, AB e Bt, e o conjunto cimentado, composto pelos horizontes/camadas 2CrR, 2RCr e 2R.

Os horizontes AB e Bt apresentam cores acinzentadas e mosqueamento abundante (10YR4/2, 10YR5/2, 10YR5/3, 10YR6/2, 10YR4/4), devido a restrição de drenagem provocadas pela proximidade do lençol freático e da camada cimentada subjacente. Observa-se matéria orgânica impregnada nas camadas 2CrR e 2RCr, resultante de eventos pedogenéticos anteriores, quando provavelmente ocorreu o desenvolvimento de um Podzol (Espodosolo).

4.2. Resistividade Aparente

Os dados geolétricos permitiram identificar 7 setores compondo a seqüência (Figuras 7 e 8). O setor 1 representa o embasamento cristalino, o qual está bem delimitado por resistividades aparentes que variam de 4460 a 4990Ω.m. A partir do contorno no embasamento, observa-se uma feição que se assemelha a um paleovale de 700m de largura e 50m de altura em sua parte mais profunda, contudo, também pode representar uma feição de aprofundamento do manto de intemperismo.

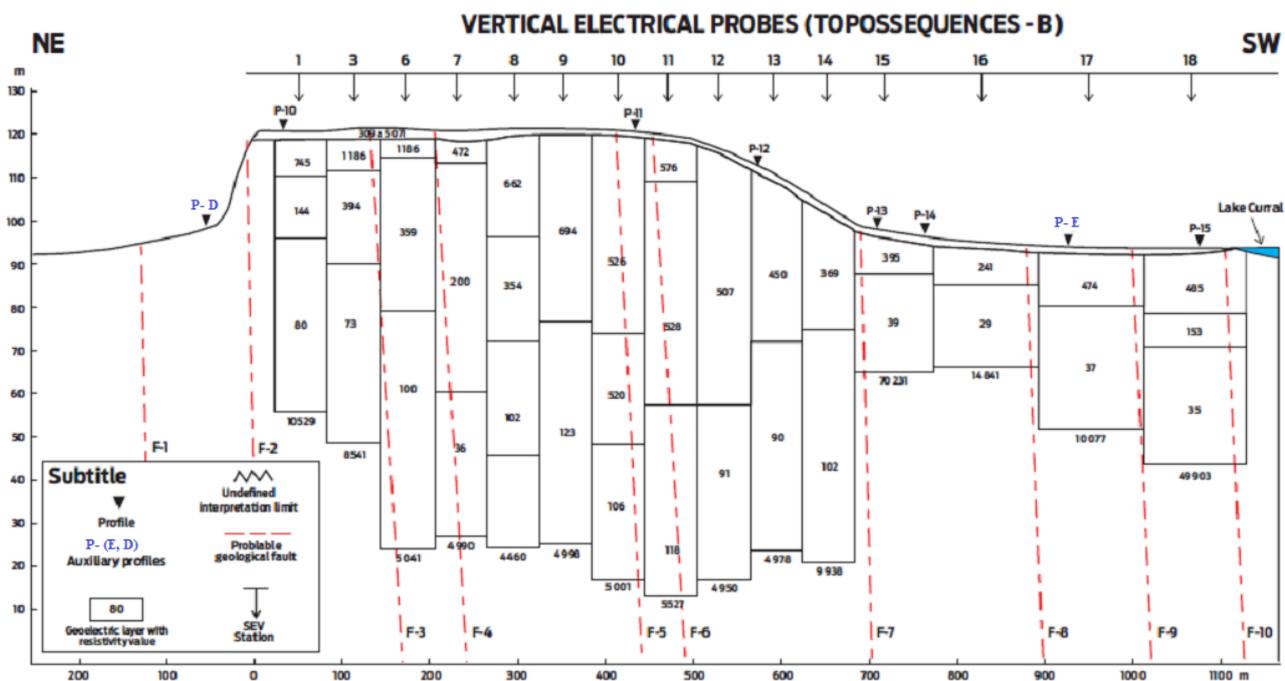


Figura 7. Resistividades aparentes da topossequência.

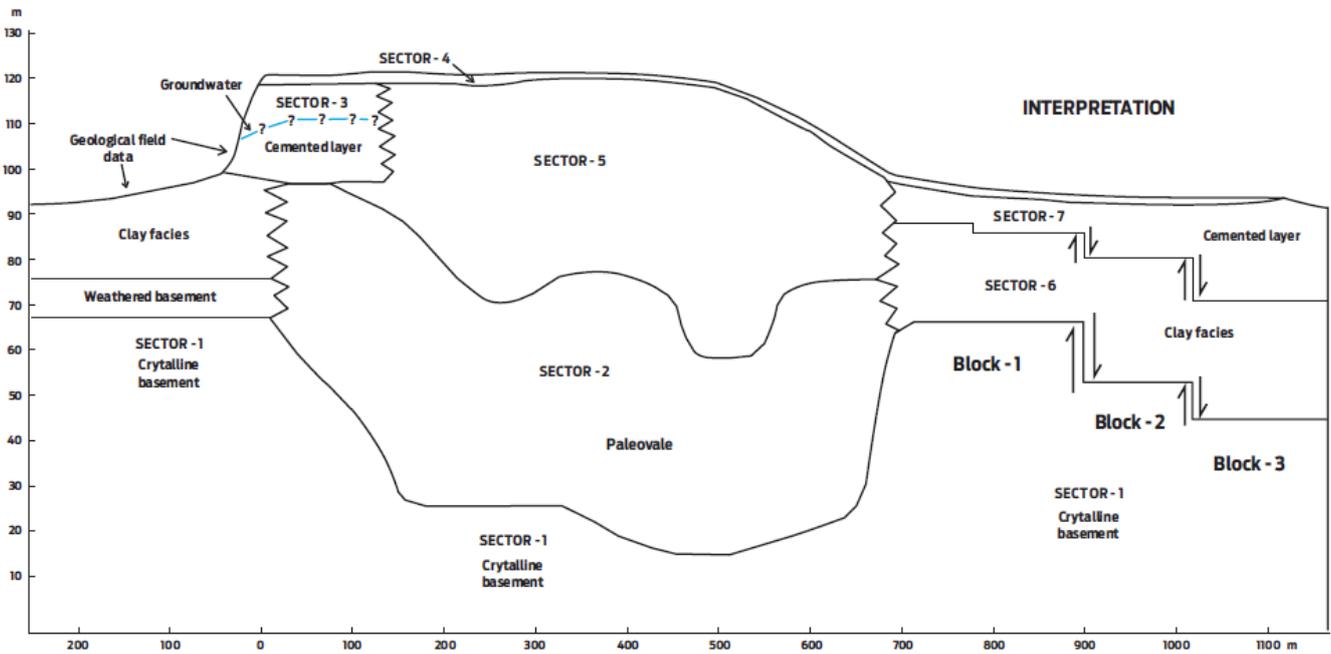


Figura 8. Setores identificados na topossequência a partir das resistividades aparentes.

No setor 2, o possível paleovale está preenchido por materiais que possuem resistividades aparentes entre 73 a $102\Omega.m$, sem uma clara definição de estratos que apresentem uma continuidade lateral. Este setor pode estar relacionado a materiais areno-argilosos saturados em água.

No setor 3, local do perfil P-10, existem evidências de campo que a camada cimentada tem espessura aproximada de 20m e não está intemperizada. As evidências derivam do aprofundamento do perfil P-10 até 8,6m e do controle realizado na vertente, vista no lado esquerdo da Figura 7 (NE). Foram abertas várias trincheiras para observação da continuidade vertical, estado de alteração e grau de cimentação. No local onde foi constatado a base da unidade cimentada foi aberta a trincheira P-D. Outro indicador é a evolução da vertente, que apresenta-se escarpada devido a resistência do material cimentado.

O setor 3 está delimitado por resistividades aparentes que variam de 745,5 a $143,8\Omega.m$ e representam a resposta elétrica da camada cimentada. A camada subjacente é um fácies argiloso da Formação Barreiras e apresenta resistividade de $79,6\Omega.m$, abaixo desse conjunto aparece o embasamento cristalino (Setor 1). O setor 4 representa a parte superior da topossequência, sendo influenciada pelas variações de matéria orgânica e composição granulométrica, o que gerou respostas elétricas bem diversificadas, variando entre 309 e $19620\Omega.m$.

O setor 5 também apresentou respostas elétricas bem diversificadas, variando entre 144 e $1186\Omega.m$, provavelmente devido a falta de definição clara de estratos geológicos, como é o caso dos materiais oriundos de fluxo de detritos. Provavelmente são materiais menos argilosos e menos saturados em água que o setor 2. No setor 6 observam-se indícios de movimentação de blocos estruturais pela ação de falhas de gravidade. Observa-se, através dos dados geofísicos, que o embasamento aparenta estar dividido em três blocos (blocos 1, 2 e 3) desnivelados. Sobre o embasamento nota-se uma camada argilosa bem definida por respostas elétricas, variando entre 29 e $39\Omega.m$, a qual também parece estar falhada e acompanha o desnivelamento.

De forma convergente aos dados geofísicos, ocorrem lineamentos, visíveis na fotointerpretação, que devem representar falhas (F-7, F-8, F-9 e F-10), que coincidem com os limites dos prováveis blocos falhados. Além disso, o setor 6 está relacionado com o terço inferior da vertente e ao início da depressão da lagoa, sugerindo que esse afundamento de blocos contribuiu para a evolução de elementos da paisagem.

No setor 7, local do perfil P-14, foi constatada a 6,5m de profundidade a base da camada cimentada, pouco alterada e assentada sobre um depósito argiloso. Os dados geofísicos indicam uma camada cimentada com resistividade aparente de $395\Omega.m$, enquanto que a camada argilosa é de $38\Omega.m$. A unidade cimentada no setor 7 também acompanha o desnivelamento dos blocos falhados e no local do perfil P-15 apresenta uma espessura de 19m, semelhante à espessura do conjunto cimentado relacionado ao perfil P-10.

4.3. Datação de carbono orgânico

Na tabela 1 estão relacionados os resultados obtidos com relação à idade, em anos AP e $\delta^{13}\text{C}$ de amostras enriquecidas por matéria orgânica iluvial, resultante de processos de podzolização. Observa-se que as idades obtidas nas amostras P-10 (a), P-13 e P-15 estão relativamente agrupadas entre 14.970 anos AP e 17.530 anos AP, representando um intervalo de 2.560 anos, enquanto a amostra P-10 (b) apresenta idade de 6.430 AP.

Tabela 1. Datações e $\delta^{13}\text{C}$ a partir da MO, derivada de processos de podzolização dos solos estudados, utilizando-se isótopos de carbono (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C).

Local	Amostra	Idade (anos AP)	$\delta^{13}\text{C}$
Altamira (Conde-BA)	P-10 (a)	14.970±620	-26,3 ‰
Altamira (Conde-BA)	P-10 (b)	6.430±240	-27,2 ‰
Altamira (Conde-BA)	P-13	17.530±620	-25,3 ‰
Altamira (Conde-BA)	P-15	15.860±620	-27,4 ‰

5. Discussão

5.1. Formação das Depressões Fechadas

Os dados indicam que as depressões fechadas se formaram a partir de condicionantes geológicos. O mapa dessas depressões na área de estudo (Figura 4) mostra que estão localizadas em cruzamentos estruturais bem marcados, provavelmente falhas, sendo os lineamentos mais claros os de NW-SE e NE-SW, mas também ocorrendo E-W, N-S e pequenas variações, o que coincide com as anisotropias regionais oriundas de reativações tectônicas, que ocorreram a partir do Plioceno (SAADI, 1993; BEZERRA, 1998; RABELO et al., 2020) e afetaram a Formação Barreiras (FORTUNATO, 2004).

Nos pontos de cruzamentos o fraturamento é mais intenso e profundo, o que deve ter condicionado fluxos preferenciais de drenagem, favorecendo a infiltração, exportação de materiais, abatimento da superfície e estabelecimento de condições hidromórficas, responsáveis pela instalação e evolução de Podzols (Espodosolos) na paisagem (Figura 4), conforme observado por Filizola & Boulet (1996), Carvalho (2001), Fortunato (2004), Nunes et al. (2019) e Carvalho & Nunes (2022). Segundo Rossetti & Dominguez (2012), existem muitas evidências que apontam para a importância das reativações tectônicas pós-deposição da Formação Barreiras, especialmente as de natureza geomorfológica e, certamente, as depressões fechadas e os processos de podzolização desencadeados na área também evidenciam a influência da neotectônica.

As análises morfológicas corroboram com as evidências obtidas pela fotointerpretação, pois mostram a existência de fendas na pedofábrica e grãos de quartzo microfraturados, indicando relação com o sistema de falhas ou fraturas que formaram as depressões fechadas, onde estão situados os perfis P-10 e P-15.

Os dados geotécnicos dos setores 6 e 7 indicam que a movimentação de blocos por ação de falhas de gravidade condicionou a formação de uma depressão fechada e instalação de processos de podzolização, onde hoje se encontra o terço inferior da vertente e a lagoa do Curral, isto porque o embasamento cristalino subjacente deve ter passado por processos de falhamento, originando três blocos estruturais desnivelados, que afetaram os pacotes sedimentares sobrejacentes: fácies argilosa – setor 6 e; camada cimentada – setor 7. De forma convergente aos dados geotécnicos, ocorrem lineamentos visíveis na fotointerpretação que devem representar falhas (F-7, F-8, F-9 e F-10), coincidindo com os limites dos prováveis blocos falhados do embasamento.

É importante enfatizar que no perfil P-15 a camada cimentada fraturada apresenta espessura de 19m, semelhante ao conjunto cimentado do perfil P-10. Esse fato abre espaço para uma interpretação mais ampla da evolução da vertente, da cobertura pedológica e do conjunto cimentado. Considerando que os blocos 2 e 3 sofreram afundamento em relação ao bloco 1, a ação hipotética de uma dinâmica inversa que realinhasse os três blocos estruturais provocaria também um realinhamento da camada argilosa que está sobreposta e colocaria o conjunto cimentado do setor do perfil P-15 no mesmo nível do conjunto cimentado do perfil P-10. Isso sugere que essa unidade era contínua e possuía aproximadamente 20m de espessura. Posteriormente, nos setores dos perfis P-D e P-15, esta unidade teria sofrido um afundamento junto com os blocos estruturais (Figuras 7 e 8).

Além dos aspectos supracitados, os dados morfológicos e de datação da matéria orgânica indicam que no intervalo de 17.530 a 14.970AP os três perfis analisados (P-10 - summit, P-13 – footslope, P15 – toeslope), passaram por processos de podzolização, o que também sugere que os perfis estavam em cotas topográficas similares e submetidos a condições de hidromorfia. A datação da matéria orgânica indica que a formação da depressão fechada, onde hoje se encontra o perfil P-10, se deu em torno de 6.430AP, iniciando o processo de podzolização atualmente ativo.

As substâncias húmicas que penetraram no material de origem cimentado, provenientes de um forte processo de podzolização, vieram acompanhadas de alumínio, ferro (quelatos) e adicionalmente sílica, promovendo uma recimentação do material de origem. Esse novo processo de cimentação gerou o isolamento da matéria orgânica impregnada, como o que ocorre na formação dos horizontes tipo *ortstein*. Essa premissa foi utilizada para considerar que a matéria orgânica datada é inativa, fossilizada, fornecendo a idade absoluta do evento de impregnação.

No intervalo de 17.530 a 14.970AP, as depressões fechadas estavam sob influência de clima úmido, conclusão obtida através dos resultados de $\delta^{13}C$ que variaram de -27,2 ‰ a -25,3 ‰, indicando paleocoberturas de plantas C-3 (espécies arbóreas) (SCHWARTZ, 1991; WANG et al., 1993; GOUVEIA et al., 1997; PESSEDA et al., 1998a; PESSEDA et al., 1998b; GOUVEIA et al. 1999a; GOUVEIA et al. 1999b; PESSEDA et al., 2000), que oportunizaram os processos de podzolização. Os processos de podzolização ocorrem sob condições ambientais específicas, controlados especialmente por condições climáticas, onde há precipitação maior que a evapotranspiração, materiais permeáveis, arenosos e ácidos, e condições topográficas que favoreçam ciclos ordenados de oxirredução (FARMER et al., 1980; SCHWARTZ, 1986; FARMER, 1986; SCHWARTZ, 1988; THOMPSON, 1992; LUNDSTRÖM et al., 1995; SOMMER et al., 2000; LUNDSTRÖM et al., 2000; SOMMER et al., 2001; SAUER et al., 2007; D'AMICO et al., 2008; BIGALKE et al., 2011; FALSONE et al., 2012; JANKOWSKI, 2014), que deflagram a ferrólise. Neste processo, o ferro alternando seu estado de férrico para ferroso, de forma sucessiva, gera grande quantidade de prótons (H⁺) e acidifica o meio (BRINKMAN, 1970; ESPIAU & PÉDRO, 1983).

5.2. Depressões fechadas: dolinas na Formação Barreiras?

As feições cársticas não se restringem às regiões de substrato calcário, mas também podem aparecer em substratos menos solúveis, como em sedimentos siliciclásticos. No caso dos sedimentos da Formação Barreiras poderíamos dizer que as depressões fechadas são exemplos de dolinas? No caso estudado, defende-se que sim, pois as evidências indicam que ocorre um processo de dissolução de cima para baixo de argilominerais, quartzo e óxidos de ferro, e iluviação de compostos organometálicos e argila para subsuperfície.

As áreas de entrada (captação/suprimento) do sistema estão relacionadas a cruzamentos de lineamentos estruturais, os condutores estão ligados a fraturamentos (fendas), com saídas subsuperficiais através de lençol suspenso e em profundidade, favorecida pelos contatos entre fácies cimentadas e argilosas da Formação Barreiras, mas também com o embasamento cristalino.

Os dados geológicos, morfológicos e geoeletricos sugerem a conformação de dois domínios de um aquífero, condicionado pela tectônica, por fácies cimentadas e argilosas da Formação Barreiras, e por horizontes/camadas da cobertura pedológica. O primeiro domínio é representado por um lençol suspenso temporário, condicionado pelas diferenças de textura entre os horizontes superficiais e horizontes/camadas subsuperficiais da cobertura pedológica. Os horizontes superficiais são mais arenosos, com evidências de dissolução de argilominerais, “óxidos” de ferro e quartzo, enquanto que os horizontes/camadas são mais argilosos e cimentadas, com mosqueados abundantes, localmente com precipitação de materiais iluviados de superfície.

O segundo domínio é representado por um lençol granular profundo, originado pela percolação das águas meteóricas através da porosidade dos solos, das microporosidades dos sedimentos e das fendas oportunizadas pelo faturamento das diferentes fácies da Formação Barreiras. As águas do sistema de aquífero, tanto do lençol superficial, quanto do lençol profundo fluem em direção à lagoa do Curral e para uma drenagem de 1ª ordem de um afluente do rio Itapecuru, ambos condicionados por lineamentos estruturais.

6. Conclusões

As depressões fechadas se formaram devido a cruzamentos de lineamentos estruturais, responsáveis pelo faturamento intenso e profundo da cobertura sedimentar e pedológica, condicionando fluxos preferenciais de

drenagem, favorecendo a infiltração, exportação de materiais, abatimento da superfície e estabelecimento de condições hidromórficas, que evoluíram em clima úmido devido a instalação e desenvolvimento da podzolização.

As evidências indicam que ocorre um processo de dissolução de cima para baixo de argilominerais, quartzo e óxidos de ferro, que é similar ao processo de formação de uma dolina de dissolução. Por isso, defende-se para o caso estudado que as depressões fechadas sejam consideradas como feições cársticas.

Contribuição dos autores: Todos os autores participaram da coleta e análise dos dados.

Agradecimentos: Ao Dr. Lander de Jesus Alves pela confecção de figuras.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. BEZERRA, F. H. R. **Neotectonics in Northeastern Brazil**. Thesis Doctor Philosophy, Department of Geological Sciences, University College London 1998. 208p.
2. BIGALKE, M.; WEYER, S.; WILCKE, W. Stable Cu isotope fractionation in soils during oxic weathering and podzolization. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 75 (2011) 3119–3134.
3. BOULET, R., 1964. **Étude pédologique du Niger Central**. Orstom-Dakar, 211pp. (typescript).
4. BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Folha SD 24/25 Aracaju/Recife: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro. v. 30, 856 p. il., 1983.
5. BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York, John Wiley & Sons, 1964. 470p.
6. BRINKMAN, R. Ferrolysis, a hydromorphic soil forming process. *Geoderma*, 3:199-206, 1970.
7. BUSCHE, D; ERBE, W., 1987. Silicate karst landform of the southern Sahara (north-eastern Niger and southern Libya). *Z. Geomorphol.* N.F. Suppl., 64: 55-72.
8. CARVALHO, C.C.N.; NUNES, F.C. Solos de tabuleiro do Recôncavo Baiano (Brasil): gênese, transformação e neotectonismo. *Revista de Geociências do Nordeste*, v. 8, p. 114-125, 2022.
9. CARVALHO, C. C. N. **Gênese e transformação de solos em um tabuleiro do recôncavo baiano**. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2001. 116f. (Dissertação de Mestrado).
10. CHALCRAFT, D.; PYE, K. Humid tropical weathering of quartzite in Southeastern Venezuela. *Zeitschrift für Geomorphologie*. Berlin: v. 28, n. 3, p. 321-332, Set. 1984.
11. D'AMICO M., JULITTA F., PREVITALI F., CANTELLI D. Podzolization over ophiolitic materials in the western Alps (Natural Park of Mont Avic, Aosta Valley, Italy). *Geoderma*, 2008; 146:129–137.
12. DOERR, S. H. Karst-like landforms and Hydrology in Quartzites of the Venezuelan Guyana Shield: Pseudokarst or “Real” Karst? *Zeitschrift für Geomorphologie*. Berlin: v. 43, n. 1, p. 1-17, 1999.
13. DOOMKAMP, J.C., 1968. **The role of inselbergs in the geomorphology of southern Uganda**. Trans. Inst. Br. Geogr.. 44: 152-162.
14. ESPIAU, P; PÉDRO, G. Étude du phénomène de ferrolyse par voie expérimentale, production d'acidité d'échange et mise em évidence du rôle catalytique des minéraux argileux. *Science du Sol: bulletin de l'association française pour l'étude du sol*, 3-4, 173-184, 1983.
15. FALSONE, G.; CELI, L.; CAIMI, A.; SIMONOV, G.; BONIFACIO, E.. The effect of clear cutting on podzolisation and soil carbon dynamics in boreal forests (Middle Taiga zone, Russia). *Geoderma* 177–178 (2012) 27–38.
16. FARMER, V.C. The role of inorganic species in the transport of aluminium in podzols. In: D. Righi & A. Chauvel (eds.) **Podzols et Podzolisation**. Paris, INRA, 1986; 187-194.
17. FARMER, V.C.; RUSSEL, J.D.; BERROW, M.L. Imogolite and proto-imogolite allophane in Spodic horizons: evidence for a mobile aluminium silicate complex in podzol formation. *Journal of Soil Science*, 1980; 31: 673-684.
18. FILIZOLA, H. F.; BOULET, R. Evolution and opening of closed depressions developed in a quartz-kaolinitic sedimentary substratum at Taubaté basin (São Paulo – Brazil), and analogy to the slope evolution. *Geomorphology: An International Journal of Pure and Applied Geomorphology*, Liverpool, n.16, p.77-86, 1996.

19. FORTUNATO, F. F. **Sistemas pedológicos nos Tabuleiros Costeiros do Litoral Norte do estado da Bahia: uma evolução controlada por duricrostas preexistentes, neotectônica e mudanças paleoclimáticas do Quaternário.** Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Tese de Doutorado, 2004. 366p.
20. GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R., ARAVENA, R.; BOULET, R.; ROVERATTI, R.; GOMES, B.M. Dinâmica de Vegetações Durante o Quaternário Recente no Sul do Amazonas, Indicada pelos Isótopos do Carbono (¹²C, ¹³C, ¹⁴C) do Solo. **Geochim. Brasil**, 1997; 11:355-367.
21. GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; SCHEEL-YBERT, R. Isótopos do Carbono dos Carvões e da Matéria Orgânica do Solo em Estudos de Mudanças de Vegetação e Clima no Quaternário e da Taxa de Formação de Solos do Estado de São Paulo. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 1999 a; 71:969-980.
22. GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R.; ARAVENA, R. Datação da Fração Humina da Matéria Orgânica do Solo e sua Comparação com Idades ¹⁴C de Carvões Fósseis. **Química Nova**, 1999b; 22:810-814.
23. HUMBEL, F.X., 1964. Étude de quelques depressions circulaires a la surface d'un plateau sedimentaire en Cote d'Ivoire. **Cah. ORSTOM**, ser. Pedol., II (3): 27-42.
24. HARDT, R.; PINTO, S. A. F. Carste em litologias não carbonáticas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.10, n.2, p.99-105, 2009. DOI: <https://doi.org/10.20502/rbg.v10i2.134>.
25. HARDT, R. **Da carstificação em arenitos.** Aproximação com o suporte de geotecnologias. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. 2011. 228p. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104403/hardt_r_dr_rcla.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 ago 2021.
26. IUSS WORKING GROUP WRB. 2015. **World Reference Base for Soil Resources 2014**, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
27. JANKOWSKI, M.. The evidence of lateral podzolization in sandy soils of Northern Poland. **Catena** 112 (2014) 139–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.013>
28. JENNINGS, J. N. **Karst geomorphology.** Oxford: Basil Blackwell, 1985.
29. LOFFLER, E., 1978. Karst features in igneous rocks in Papua Near Guinea. **In:** J.L. Davies and M.A.J. Williams (Editors), *Landform Evolution in Australasia*. ANU Press, Canberra. pp.238-249.
30. KLIMCHOUK, A.B. The karst paradigm: changes, trends and perspectives, **Acta Carsologica**, v.44, n.3, p. 289-313, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3986/ac.v44i3.2996>
31. LUNDSTRÖM, U.S.; VAN BREEMEN, N.; JONGMANS, A.G. Evidence for microbial decomposition of organic acids during podzolization. **European Journal of Soil Science**, 1995; 46:489-496.
32. Lundström U.S., Breemen N. van, Bain D. The podzolization process. A review. **Geoderma**, 2000. 94:91–107.
33. MCFARLANE, M.J., 1976. **Laterite and Landscape.** Academic, London.
34. MCFARLANE, M.J; TWIDALE, C.R. Karstic features associated with tropical weathering profiles. **Z. Geomorphol.** N.F. Suppl., 1987, 64: 73-95.
35. NUNES, F.C; CARVALHO, C.C.N.; VILAS BOAS, G.S.; SILVA, E.F.; MAFRA, A.L.; AN-DRADE, J.J.S.; VITAL, S.R.O.. Solos de vermelhos e amarelos coesos de Tabuleiros Costeiros: gênese, evolução e influência da neotectônica. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.20, n. 72, Dez/2019, p.294–314. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG207241145>
36. QUEIROZ NETO, J.P., 1993. Présentation des travaux franco-brésiliens en Analyse structurale. **Bull. Assoc. Gtogr. Franç.**, 2:93-107.
37. RABELO, J. G; MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. ; SILVA, C. C. N. Karstification and fluidflow in carbonate units controlled by propagation and linkage of mesoscale fractures, Jandaíra Formation, Brazil. **Geomorphology**, v. 357, p. 1-17, 2020.
38. ROSSETTI, D. F.; DOMINGUEZ, J.M.L. Tabuleiros Costeiros. **In:** BARBOSA, J.S.F. et al. (Eds) *Geologia da Bahia: Pesquisa e Atualização*. Salvador: UFBA-CBPM, 2012. v.2, p. 365-393.
39. SAADI, A. Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretações preliminares. **Geonomos** 1(1): 1-15. 1993.
40. SAUER, D.; SPONAGEL, H.; SOMME, M.; GIANI, L.; JAHN, R.; STAHR K. Podzol: Soil of the Year 2007. A review on its genesis, occurrence, and functions. **J. Plant Nutr. Soil Sci.**, 2007; 170:581–597.

41. SCHWARTZ, D. Les Podzols Tropicaux sur Sables Bateke em R.P. du Congo: description, caractérisation, genèse. In: D. Righi & A. Chauvel (eds.). **Podzols et Podzolisation**. Paris, INRA, 1986; 25-36.
42. SCHWARTZ, D. Some Podzols on Bateke Sands and their origins, People's Republic of Congo. **Geoderma**, 1988; 43:229-247.
43. SCHWARTZ, D. 1988. **Histoire d'un Paysage: Le Lousséké**. Paleoenvironnements Quaternaires et Podzolisation sur Sable Batéké. ORSTOM. col. Étude de Thèse, Paris, 285pp.
44. SOUBIES, F. 1974. **Contribution a l'étude de la pédogenèse ferralitique morphologie, mineralogie et évolution géochimique des sols de la cuvette d'Ambalavao, Madagascar**. Thèse 3eme cycle, Universitt Paul Sabatier, Toulouse.
45. STOOBS, G. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. **Soil Sci. Soc. Am.**, Madison, WI, 2003. 184p.
46. SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Forma-ção (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais. **Revista Geociências**, São Paulo, 18(2), p. 461-479, 1999.
47. PESSEDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M., RIBEIRO, A.S.; OLIVEIRA, PE DE, ARAVENA, R. Late Pleistocene and Holocene vegetation changes in northeastern Brazil determined from carbon isotopes and charcoal records in soils. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 297, 2010; 597-608. doi:10.1016/j.palaeo.2010.09.008.
48. PESSEDA, L.C.R.; VALENCIA, E.P.E.; ARAVENA, R.; TELLES, E.C.C.; BOULET, R. Paleo-climatic studies in Brazil using carbon isotopes in soils. In: J.C. Wasserman, E. Silva-Filho, R. Vilas Boas (eds.). **Environmental Geochemistry in the Tropics**. Berlin, Springer Verlag, 1998a; 7-16.
49. PESSEDA L.C.R.; GOMES, B.M.; ARAVENA, R.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R.; GOUVEIA, S.E.M. The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetation changes in the Rodonia state, southwestern Brazilian Amazon region. **The Holocene**, 1998b; 8:599-603.
50. PETROBRAS, 1964. Mapa topográfico da Bacia do Recôncavo. Set. de Explor./Petrobras, Salvador. Escala 1:25.000. Quadriculas Altamira (725-2-1), Esplanada (725-1-2), Boa Vista (725-2-4) e Entre Rios (725-1-3). (cópia heliográfica).
51. SCHWARTZ, D. Intérêt de la mesure du $\delta^{13}C$ des sols en milieu naturel équatorial pour la con-naissance des aspects pédologiques et écologiques des relations savane-forêt. Exemples du Congo. **Cah. Orstom**, sér. Pédol., 1991; 23:327-341.
52. SOMMER, M.; HALM, D.; WELLER, U.; ZAREI, M.; STAHR, K. Lateral podzolization in a granite landscape. **Soil Science Society of America Journal**, 2000. 64, 1434-1442.
53. SOMMER, M.; HALM, D.; GEISINGER, C.; ANDRUSCHKEWITSCH, I.; Zarei, M.; Stahr, K.. Lateral podzolization in a sandstone catchment. **Geoderma**, 2001, 103, 231-247.
54. SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo, Editora Oficina de Textos, 2010. 408p.
55. THOMPSON, C.H. Genesis of Podzols on Coastal Dunes in Southern Queensland. I. Field relation-ships and profile morphology. **Aust. J. Soil Res.**, 1992; 30:593-613.
56. TRESCASES, J.J., 1975. **L'évolution supergène des roches ultrabasiqes en zone tropicale. Formation de gisements neckelifères de Nouvelle Calédonie**. Mem. ORSTOM, 78, 259pp.
57. United States Department of Agriculture (USDA). **Field Book for Describing and Sampling Soils**, 2002.
58. VILAS BOAS, G. S. et al. The Barreiras Group in the northeastern coast of the State of Bahia, Brazil: depositional mechanisms and processes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 73, n. 3, p. 417-427, 2001.
59. WANG Y., CERLING T.E., QUADE J., BOWMAN J.R., SMITH G.A., LINDSAY E.H. Stable Isotopes of Paleosols and Fossil Teeth as Paleocology and Paleoclimate Indicators: An Example from the St. David Formation, Arizona. In: P.K. Swart, K.C. Lohmann, J. McKenzie, S. Savin (eds.). **Climate Change in Continental Isotopic Records**. Washington, AGU Books Board, 1993. 241-248. (American Geophysical Union. Geophysical monograph: 78).
60. YOUNG, R. W. Tower Karst in Sandstone: Bungle Bungle massif, northwestern Australia. **Zeitschrift für Geomorphologie**. Berlin – Stuttgart, 30 (2): 189-202, 1986.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.