

# CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DA BACIA BANDEIRA E HISTÓRICO DE SEDIMENTAÇÃO RECENTE NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO

## GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CHARACTERIZATION OF BANDEIRA BASIN AND HISTORY OF RECENT SEDIMENTATION ON QUADRILÁTERO FERRÍFERO

Daher, Ana Paula, *DF+ Engenharia Geotecnia e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Brasil, adaher@dfmais.eng.br*

Amaral Jr, Alberto, *DF+ Engenharia Geotecnia e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Brasil, aamaral@dfmais.eng.br*

**Resumo** – O Quadrilátero Ferrífero, localizado a sudeste do Cráton São Francisco, abrange uma região de interesse pela abundância de recursos minerais, onde existem depósitos sedimentares em bacias resultantes de retrabalhamento das rochas que compõem o Quadrilátero. O trabalho caracteriza uma região desse depósito na porção nordeste da região, até então genericamente caracterizada como coberturas detrito-lateríticas, que ocorrem sobrepondo rochas arqueanas. Com os estudos desenvolvidos foram detalhadas essas coberturas em aluvião, colúvio, solo laterítico e canga, além de confirmar a presença de rochas arqueanas subjacentes. Foram executadas sondagens de modo que se investigasse a espessura dessas coberturas, e suas características geotécnicas. Há a distinção entre as porções leste e oeste do da área de estudo em termos de espessura, em que a porção leste apresenta, no máximo, espessura de 11m de material coluvionar, sobreposto por solo laterítico e/ou canga e aluvião; enquanto na porção oeste, o material coluvionar chega a 36m de espessura. Na porção leste, o material coluvionar está em contato abrupto com o sericita xisto arqueano ou com seu solo residual. Na porção oeste o material coluvionar está em contato com um material argiloso, com trechos arenosos, que tem sido tratado como sedimentos semi-consolidados, cuja natureza é também alvo do estudo. Subdivide-se o material coluvionar em, pelo menos, três episódios deposicionais. Os dados levantados indicam um processo de sedimentação episódica, em fluxos que intercalam sedimentos distais intercalados a sedimentos médios a proximais, formando diferentes gerações de material coluvionar, em que o processo predominante é de transporte gravitacional.

**Abstract** – The Quadrilátero Ferrífero, in the southern of São Francisco Craton is a region of great interest due to abundant resources. There are sedimentary deposits in recent basins, which are result of reworking of rocks of QF. This work aims to characterize a region in which these deposits occur in the northeast portion of Quadrilátero Ferrífero, considered generically as lateritic covers over the Archean rocks. Studying the area, the lateritic covers were detailed in alluvium, colluvium, lateritic soil and canga (cemented colluvium). It was also confirmed the presence of the Archean rocks under these covers. Geotechnical drilling was made in the area to define the thickness of the transported material, and its geotechnical properties. The eastern portion of the studied area has a coluvionar material that has maximum of 11m of thickness, which is overlaid by lateritic soil and/or canga and alluvium, while the western area the colluvionar material reaches 36m of thickness. In the eastern area the coluvionar material has a sharp contact with the schist or its alteration products. In the western portion the colluvionar material is in contact with an argillaceous, with some intercalations with sandy material, which has been treated as a paleo basin. The colluvionar material can be distinguished in three depositional phases covered by canga

and lateritic soil. The data leads to an episodic sedimentation process, in interspersed flows of distal to medium and near font area sedimentation. The process is probably of gravitational transport.

## 1. INTRODUÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero (QF) é uma importante região na porção sudeste do Brasil, que se destaca pela tradição na exploração de minerais metálicos, em especial ouro e ferro. Com isso, o desenvolvimento de estudos acerca dos litotipos que ocorrem na região contemplam tanto as unidades aflorantes quanto aquelas em subsuperfície. Naturalmente, o foco sempre foi na compreensão da ocorrência dos corpos de minério, bem como o comportamento desses litotipos e suas encaixantes mais próximas frente à necessidade de escavação ou mesmo de sobrecarga. Portanto, já há um considerável conhecimento de ordem pública a respeito dos materiais saprolíticos e rochosos que estão diretamente relacionados ao minério.

À medida que a atividade mineradora se expande, as estruturas auxiliares, como pilhas e barragens são também desenvolvidas e multiplicadas. Com isso, cresce a necessidade de compreensão dos litotipos que não são necessariamente relacionados ao minério ou encaixantes. É nesse contexto que se identifica a necessidade de compreensão da ocorrência e comportamento dos depósitos cenozoicos recentes. Esses materiais frequentemente encontram-se aflorando nas regiões de implantação desse tipo de estrutura e é comum que sejam erroneamente classificados como material de intemperismo *in situ* ao invés de sedimentos transportados. Assim, não só ocorre de os depósitos sedimentares recentes não serem reconhecidos, como também seu comportamento geotécnico mau interpretado.

O artigo trata da caracterização de uma região de aproximadamente 500 m<sup>2</sup> na região da Serra do Tamanduá, em que ocorre uma região de extenso afloramento dos depósitos sedimentares recentes. Essa região tem potencial para implantação de estruturas de mineração, uma vez que se encontra próxima a empreendimentos mineiros já existentes. Os estudos desenvolvidos permitiram uma concepção preliminar da natureza do material existente em função de suas características físicas e em termos de características geotécnicas dos materiais presentes na fundação.

## 2. METODOLOGIA

Se utilizou de informações de mapeamento regional e local já existentes, no intuito de compreender o contexto geológico. As fontes mais recentes, como Endo *et al.* (2019) foram avaliadas no sentido de realizar um breve apanhado do que já se encontra aflorando na região, bem como a organização do arcabouço que será considerada como embasamento dos sedimentos tratados na bacia. Realizou-se a descrição de amostras dos materiais aflorantes e dos materiais interceptados por investigações *in situ*. Isso foi feito para que fosse possível definir os materiais que ocorrem nessa área, a sua relação estratigráfica e sua distribuição lateral. Essa etapa possibilitou uma caracterização expressa e o desenvolvimento da noção de organização dos sedimentos e sua distribuição no contexto de bacia sedimentar. Por fim, foram avaliadas informações de ensaios *in situ*, de forma que fosse possível compreender as particularidades desses materiais, contando com características físicas, composição mineralógica e de resistência deles.

### 3. CONTEXTO GEOLÓGICO E APANHADO BIBLIOGRÁFICO

O Quadrilátero Ferrífero compreende uma sequência metassedimentar associada a complexos granito-gnáissicos e rochas do contexto de *greenstone belt*, que sofreram múltiplos processos deformacionais. A área de estudo desse trabalho é localizada na porção nordeste dessa região (Figura 1).

O QF pode ser subdividido em cinco grandes conjuntos litológicos, segundo Endo *et al.* (2020), os quais são: a) Terrenos granitos-gnáissicos Arqueanos a Proterozoicos; b) Supergrupo Rio das Velhas, que corresponde a um *greenstone belt* arqueano de rochas metavulcânicas e metassedimentares; c) Supergrupo Minas, correspondente a um espesso depósito de rochas metassedimentares; d) Supergrupo Estrada Real, que representa rochas metassedimentares principalmente siliciclásticas, com pouca contribuição metavulcânica; e e) Depósitos Cenozoicos.

O embasamento granito-gnáissico, é constituído por unidades arqueanas, de composição TTG (trondhjemito-tonalito-granodiorito; Farina *et al.*, 2016). O contato do embasamento com as rochas supracrustais é de natureza tectônica. O Supergrupo Rio das Velhas (SGRV) constitui um *greenstone belt* de idade arqueana e se sobrepõe ao embasamento em contato tectônico. É subdividido em Grupo Nova Lima, na base, constituído de sequência metavulcanossedimentar, em que predomina a porção vulcanossedimentar, sobreposto pelo Grupo Maquiné, francamente sedimentar siliciclástico.

O Supergrupo Minas (SGM) representa as rochas supracrustais, de idade Paleó a Mesoproterozoica. Está em contato erosivo, angular ou disconforme em relação ao Supergrupo Rio das Velhas, pode estar em contato tectônico com as rochas do embasamento cristalino. São metassedimentos siliciclásticos e químicos depositados em contexto de plataforma marinha, conforme Dorr (1969).

São muito comuns as ocorrências de coberturas sedimentares de idade Paleógena a Neógena (Lobato *et al.*, 2005). Dentre elas, ocorrem bacias sedimentares intramontanas e tectonicamente controladas, coberturas detrítico-lateríticas, sedimentos representados por terraços, elúvios e colúvios, além de sedimentos aluvionares mais recentes. São identificadas na forma de bacias sedimentares restritas ou coberturas disseminadas em especial nas regiões do Quadrilátero caracterizadas por morfologia de terras médias e baixas. Em abordagem mais recente, Castro e Varajão (2020) apresentam um apanhado com uma área maior de abrangência dos depósitos sedimentares em relação à cartografia anterior. Os autores indicam a localização de bacias sedimentares restritas, mas com certo detalhamento de fácies sedimentares, apresentados na Figura 1. Além disso, os autores apresentam uma organização estratigráfica específica para os depósitos sedimentares, indicando hierarquia em função de idade para aqueles que apresentam datação, relativa ou bioestratigráfica. Para os depósitos que não apresentam esse tipo de informação, os autores definem como depósitos terrígenos e/ou canga, de uma forma mais genérica e menos detalhada.

Na área alvo do atual estudo, ocorrem aflorando e área extensa, os depósitos cenozoicos identificados principalmente como depósitos terrígenos. Esses sedimentos sobrepõem rochas intemperizadas dos supergrupos Minas e Rio das Velhas, que formam o arcabouço da bacia sedimentar.

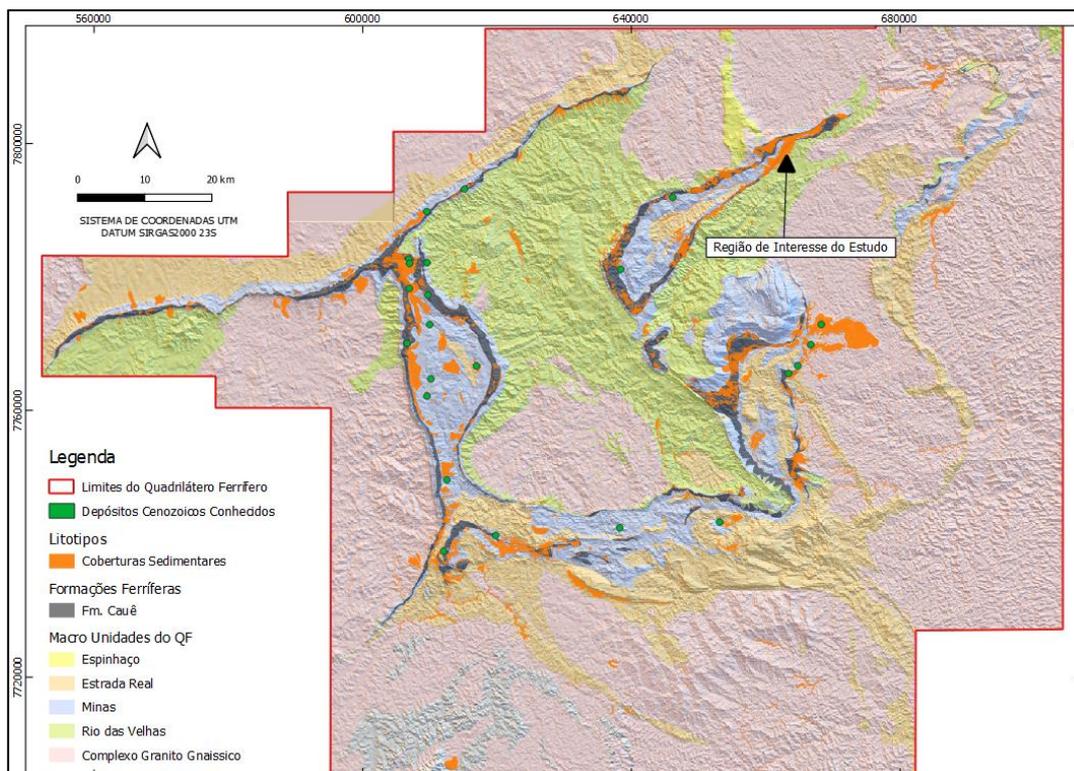


Figura 1. Quadrilátero Ferrífero e principais unidades aflorantes, com destaque para a área alvo desse estudo, bem como par depósitos sedimentares conhecidos e apresentados na literatura. Modificado de Endo *et al.* (2019).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse item serão apresentadas as informações resultantes das análises mencionadas. A caracterização geológica contará com resultados do apanhado de mapeamento regional e local, discutindo, do mais antigo para o mais recente, os litotipos identificados. Após isso, já se relacionará com algumas características levantadas em ensaios *in situ*.

### 4.1. Contexto Geológico Local

Na região foram mapeadas coberturas detrito-lateríticas sobrepondo rochas do Supergrupo Rio das Velhas. Nem todas as unidades que ocorrem na área afloram. Essas unidades são apresentadas em mapa na Figura 2 e detalhadas a seguir:

Sericita xisto e sericita filito – corresponde a solo residual maduro e a saprolito que aflora na região leste da área de estudo em cortes de taludes em acessos regionais existentes. O solo residual corresponde a material siltoso a silto argiloso de plasticidade baixa, muito micáceo. O saprolito e pontualmente rocha muito alterada varia de muscovita filito branco, com foliação bem marcada e correspondente a camadas centimétricas em meio a muscovita sericita filito e quartzo xisto ocre amarelado e alaranjado. Ocorrem também camadas de clorita filito bonina e lilás, este último com frequentes intercalações de lâminas quartzosas de granulação fina. Ocorrem também quartzo mica xistos (metarritimitos), com intercalações milimétricas de lâminas exclusivas de quartzo muito fino granular e de quartzo sericita xisto bege.

Material transportado – diz respeito a material coluvionar sobreposto a um material também alóctone, cujas características geológico-geotécnicas são muito distintas. Assim, caracteriza-se:

Sedimentos semi-consolidados: unidade não aflorante, interceptada pelas sondagens executadas na área. Corresponde a uma unidade de material de cor branca, lilás e bege, fundamentalmente argilo siltoso, pouco arenoso com trechos francamente arenosos de composição quartzosa, de areia média a grossa, e por vezes com grânulos e seixos. Apresenta também material arenoso de composição hematítica. A intercalação entre porções mais ou menos argilosas tem variação vertical de milimétrica a centimétrica, ocorrendo pontualmente locais em que as camadas arenosas são muito grossas a conglomeráticas e com espessura de pelo menos 20 cm. Em lâmina delgada confirma-se granulometria e composição dos grãos, que são de quartzo e formam um arcabouço, em geral clasto suportado, pontualmente com muita matriz. Há pontos em que os grãos de quartzo que não têm contato entre si, mas que podem apresentar bordas de recristalização. A matriz entre esses grãos é ora rica em argilo minerais, ora rica em goethita e ora com argilo minerais e mica branca muito fina. Identifica-se subordinadamente aos componentes principais supracitados óxidos de ferro, que podem ser identificados como magnetita.

Colúvio: corresponde a uma unidade detrito-laterítica que aflora principalmente nas vertentes das drenagens que nascem em toda a Serra do Tamanduá. Se caracteriza por material com granulometria variável, mas em geral argilo arenoso, subdivididas em três subunidades, definidas com base em cor, granulometria, presença ou não de clastos e sua respectiva composição, e presença ou não de estruturas ou sugestão de estruturas deposicionais. São elas:

- Solos transportados arenosos a areno argilosos, marrom escuros, matriz suportados, medianamente plásticos, com grânulos a seixos (eventualmente blocos) de itabiritos e hematitas. Em geral ocorre mais superficialmente.

- Material ocre amarelado ou marrom amarelado, cuja matriz é predominantemente argilo siltosa a argilo arenosa, mas com passagens arenosas ou areno argilosas, de plasticidade média, contendo clastos de grânulo a seixo, de material limonitizado, de óxido de manganês e alguns com casca de goethita, de quartzo e de hematita granular. Localmente ocorrem fragmentos maiores que 5cm. Os grãos tendem a ser arredondados a subangulosos, com alta esfericidade. Em alguns locais ocorrem camadas milimétricas a centimétricas de material arenoso, predominantemente hematítico, rico em especularita e magnetita.

- Material marrom escuro a preto, em geral, argilo arenoso a areno silto argiloso, com areia fina a média, muito frequentemente de composição quartzo hematítica, em que os grãos de hematita são mais alongados ou lamelares e podem ser de hematita especular. Esse material pode ocorrer de forma maciça, em que predomina a matriz, com esparsos grãos tamanho areia grossa e grânulo de quartzo e de hematita granular; ocorre matriz sustentado com arcabouço composto de grânulo a seixos, pontualmente blocos, de mica filito/xisto (cinza, prateado), de itabirito, de hematita e quartzo leitoso a cristalino. Os clastos tendem a ser subarredondados a arredondados, sem esfericidade (especialmente de itabirito e filito/xisto) a esféricos. Há porções em que esse material apresenta segregação em camadas ou lâminas vermelhas, argilosas a silto argilosas, de plasticidade alta, frequentemente com areia muito fina e com mica detrítica, intercaladas a camadas e lâminas pretas, areno siltosas, de hematita granular ou hematita e quartzo, com granulometria areia fina a média, por vezes areia grossa. É comum a formação de camadas em que não há segregação em lâminas, mas que se distinguem esses materiais descritos sem uma ordem de deposição. Pontualmente se

identificou contato erosivo entre o material composto por matriz e arcabouço e o material com segregação em camadas.

**Canga:** corresponde a lajedos de material coluvionar cuja matriz encontra-se rica em limonita/goethita de textura variada, mas com resistência elevada (R5 a R3, ISRM 1981). Na maior parte dos casos é clasto suportado e difícil de distinguir matriz, com clastos de itabirito angulosos a subangulosos. Em alguns pontos é material maciço matriz suportado em que pouco se distinguem clastos, muito resistente.

**Solo Laterítico:** ocorre em toda a área de estudo, em geral como material de alteração pedogenética dos sedimentos subjacentes. Tem cor marrom escura, areno argilosos a arenosos, ricos em clastos de canga e de material já laterizado.

**Aluvião:** unidade que aflora nos talwegues e áreas alagadas, que corresponde a material areno argiloso, com areia fina a média, amarelado, sobreposto a argilas orgânicas pretas, muito plásticas.

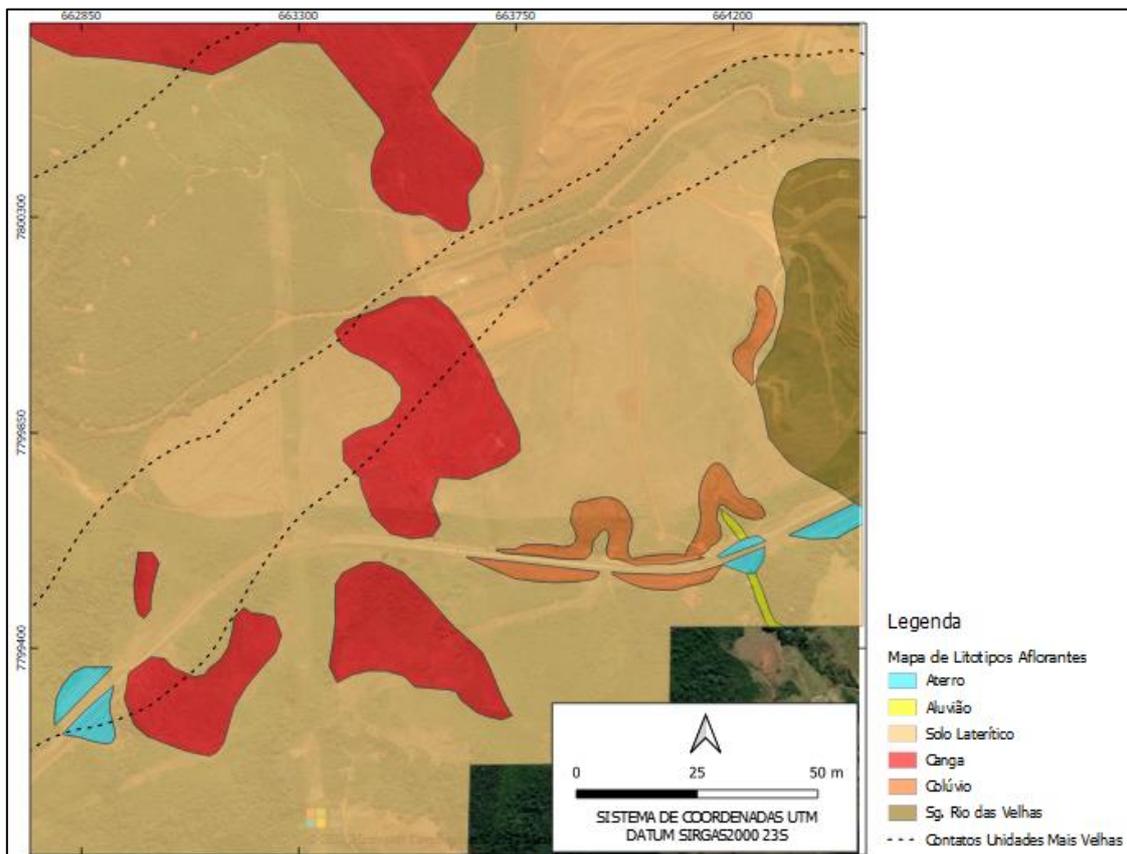


Figura 2 Mapa geológico-geotécnico superficial da área de estudo da Bacia Bandeira, na Serra do Tamanduá.

#### 4.2. Características geotécnicas

As informações geotécnicas são provenientes de sondagens executadas na região de interesse. Entre essas investigações, foram avaliadas sondagens percussivas, sondagens mistas e sondagens rotativas de exploração. Os ensaios *in situ* apenas foram executados nas sondagens mistas e percussivas, de forma que as

sondagens exploratórias puderam ser avaliadas a título de definição das espessuras e distribuição lateral das unidades sedimentares de interesse. O compilado dessas informações permitiu conceber o modelo deposicional e a caracterização aqui proposta.

A canga corresponde a material muito poroso, ora compacto ora granular em que mais frequentemente se apresenta impenetrável aos ensaios de campo. A permeabilidade nesse material foi calculado na ordem de  $10^{-4}$  cm/s.

O material coluvionar apresenta grande variação de resistência à penetração. Destaca-se a existência de horizontes com material mole ( $N_{SPT} < 3$ ), que podem ser superficiais, ocorrendo em horizontes contínuos de até 4 m, em profundidades de até 13 m. Ocorrem erráticamente trechos de resistência à penetração em profundidades maiores do que a mencionada. Em termos de permeabilidade há também grande variabilidade. Sua permeabilidade ensaiada variou de  $10^{-4}$  e  $10^{-8}$  cm/s. A variação da permeabilidade é reflexo da variação textural encontrada ao longo do perfil estratigráfico.

O material sedimentar semi-consolidado apresenta elevada resistência à penetração. Em geral, apresenta resistência alta a impenetrável uma vez interceptado pela sondagem. Foi identificado na área de estudo a partir de 43 m de profundidade, e não se identificou seu contato de base em muitos pontos. Os ensaios em campo indicam permeabilidade da ordem de  $10^{-8}$  e  $10^{-9}$  cm/s.

O sericita filito/xisto apresenta resistência ao  $N_{SPT}$  entre, correspondente ao solo residual maduro. O saprolito de sericita filito/xisto tem resistência alta, frequentemente impenetrável ao SPT. Apresenta permeabilidade da ordem de  $10^{-6}$  e  $10^{-7}$  cm/s.

A variação de SPT com a profundidade é apresentada na Figura 3. Observa-se a falta de padrão de variação da resistência à penetração com a profundidade ao avaliar os dados em conjunto. Detacando os furos nos quais são identificados filitos e seus produtos de alteração, observa-se tendência mais clara de aumento da resistência com a profundidade, em geral um aumento homogêneo. Ao observar o SPT do material coluvionar, evidencia-se o caráter variável deste. Em especial nos trechos mais rasos, a variação de resistência é muito grande e, em geral, se deve aos horizontes de canga detrítica e compacta interceptados. Nos trechos mais profundos e nas profundidades próximas aos sedimentos semi-consolidados.

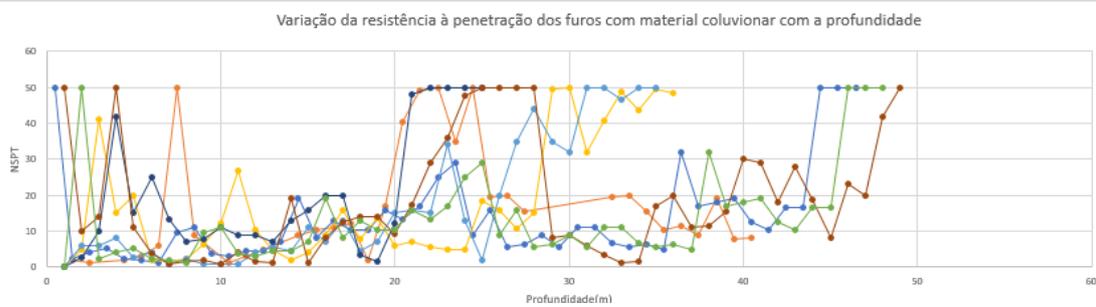
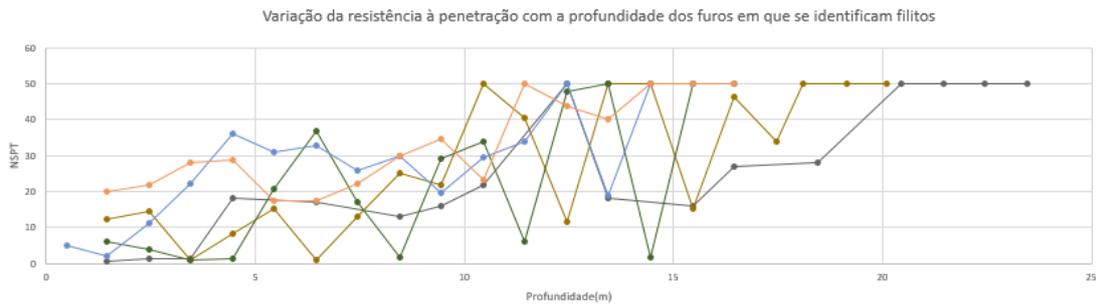
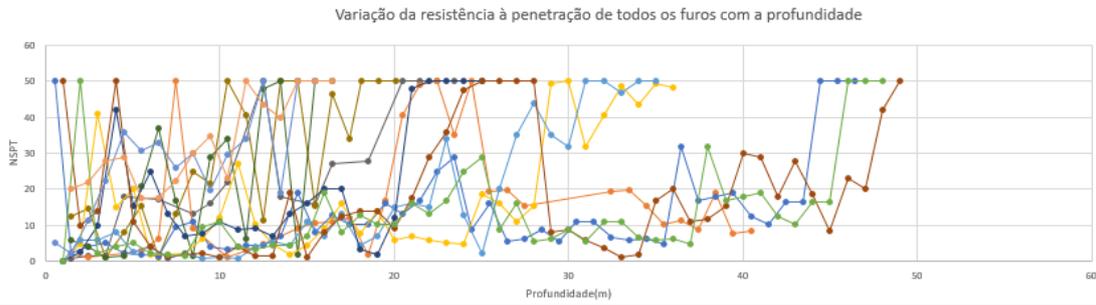


Figura 3. Resultados dos ensaios de resistência à penetração para os furos executados na área de estudo.

### 4.3. Modelo evolutivo

A região nordeste do Quadrilátero Ferrífero, macrorregião da área de estudo, apresenta estruturação principal constituída pelo Sinclinal Gandarela. Essa grande estrutura tem orientação NE-SW, marcada por altos topográficos alinhados nessa direção. A sul, o Sinclinal tem contato de natureza tectônica com as rochas do Supergrupo Rio das Velhas. Essa configuração regional constitui o embasamento a partir do qual foi originada a atual conformação de unidades geológico-geotécnicas aqui caracterizadas.

Posterior à estruturação do Sinclinal Gandarela ocorreu a geração de um relevo pretérito, com uma região de baixo topográfico que permitiria a acumulação de sedimentos (Figura 4. 1). O vetor de geração desse relevo ainda é incerto. Pode ter sido gerado por erosão diferencial das rochas do Supergrupo Rio das Velhas, ou pode ter havido deslocamento vertical por meio de falha nessas rochas. Para o primeiro caso, deve ter havido uma mudança de base para o nível d'água regional, de modo a acelerar o processo erosivo. Para o segundo caso, é possível que tenha havido reativação em estruturas pré existentes, para gerar uma falha normal. Nesse momento, assume-se como mais provável o contexto descrito na segunda situação, com base em estudos desenvolvidos em vários outros depósitos sedimentares estudados por Lipski (2002).

Esse espaço permitiu que pelo menos duas gerações de sedimentos fossem depositados: i) uma paleobacia formada por materiais predominantemente arenosos a argilo silto arenosos finos, de cores claras, com resistência à penetração invariavelmente elevada, e consolidados, sobrepostos por ii) material coluvionar de características diversas.

Essa paleobacia é interpretada, até o momento, como de origem coluvionar, com contribuição aluvial, provavelmente proximal e com retrabalhamento das unidades aflorantes e intemperizadas do Supergrupo Rio das Velhas (Figura 4. 2). As investigações executadas até agora não permitem a interpretação de paleoambiente de modo mais completo, mas sugere-se que esse material mais consolidado tenha variação lateral em direção a leste.

Após a deposição desses sedimentos ocorreram sucessivos fluxos de detritos, associados ou não com fluxo subaquático, de granulometria variada verticalmente e lateralmente. Há presença de clastos de diversas composições, tamanhos, formatos, de modo geral matriz suportados, que estão mais ou menos compactados, o que foi testado com os ensaios de sondagem do tipo SPT. Esse material não apresenta consolidação, de modo que há com frequência trechos de material muito mole em meio a trechos de material mais resistentes à penetração. Isso gerou um espesso depósito de material cuja área fonte é, provavelmente, o Sinclinal Gandarela, dada a natureza dos clastos identificados. Com base na sondagem executada até o momento, a espessura do material coluvionar é muito maior na porção oeste. Espera-se que a região leste da área apresente espessuras muito menores desse material, da ordem de 10 a 15,0 m.

Em processo posterior, e até o momento vigente, ocorreu a consolidação da parte mais superficial desses depósitos coluvionares em carapaças de canga. Além disso, nessa área predomina o desenvolvimento de um horizonte de solo, com importante contribuição pedogenética para a superfície atual (Figura 4. 3).

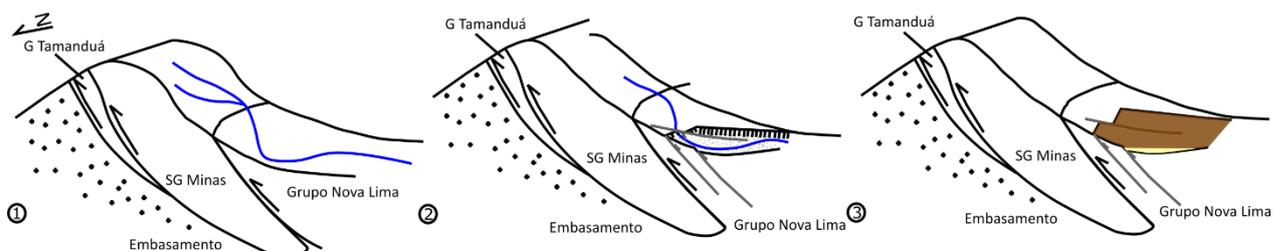


Figura 4 - Evolução geológica, pós evento Brasiliano, da região de estudo em desenho esquemático .

## 5. CONCLUSÕES

Se comprova a existência de depósito detrítico-laterítico muito mais espesso do que o esperado para as coberturas conhecidas na Serra do Tamanduá. Há um histórico de bacias restritas em regiões investigadas para operações auxiliares a cava ou para fundação de barragens no Quadrilátero Ferrífero. Logo, essa caracterização abre precedente para o detalhamento de outras regiões em que ocorrem as coberturas detrítico-lateríticas no Quadrilátero Ferrífero, em especial aquelas já conhecidas mas não investigadas.

Ainda, aventa-se possibilidades quanto à existência de um processo regional que possibilitou a abertura de espaços de acomodação de sedimentos, associados ou não

à uma mudança do nível de base regional. Pode ser verificado que esta bacia recente apresenta sedimentos com variações de consolidação/cimentação, cujo processo ainda não foi totalmente elucidado. Em termos geotécnicos estas variações incorrem em variações de resistência que não variam homogêneamente com a profundidade, como ocorre em perfis de alteração de solo *in situ*. Cada vez mais são observadas estruturas que são construídas sobre esses depósitos, de modo que caracterizar de modo realista seu comportamento é fundamental para seu assertivo dimensionamento e operação.

## REFERÊNCIAS

- ISRM (1981). Rock Characterization Testing and Monitoring. Brown, E., Ed., Pergamon Press, Oxford, 211 p.
- CASTRO, P.T.A., VARAJÃO, A.C. (2020) “O Cenozoico no Quadrilátero Ferrífero” in Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos. Castro *et al.* 2020. p166-193.
- DORR J. V. N. II. (1969) *Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. USGS/DNPM. Professional Paper 641-A. 110p.
- ENDO, I., *et al.* (2019) “*Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:50.000*” Ouro Preto, Departamento de Geologia, Escola de Minas – UFOP – Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero. Disponível em: <[www.qfe2050.ufop.br](http://www.qfe2050.ufop.br)>
- ENDO, I., *et al.* (2020) “*Estratigrafia e evolução estrutural do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*” in Quadrilátero Ferrífero: avanços do conhecimento nos últimos 50 anos.
- FARINA, F., *et al.* (2016) *The Archeane-Paleoproterozoic evolution of the Quadrilátero Ferrífero, Brasil: current models and open questions*. Journal of South American Earth Sciences, v. 68, pp 4-21.
- LIPSKI, M. (2002) *Tectonismo Cenozóico no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. Ouro Preto, Universidade Federal de Ouro Preto, 171p.
- LOBATO, L.M., *et al.* (2005) *Projeto Geologia do Quadrilátero Ferrífero - Integração e Correção Cartográfica em SIG com Nota Explicativa*. Belo Horizonte: CODEMIG, Minas Gerais, Brasil. 1 CD-ROM.