

MODELO PEDOGEOFÍSICO 2D EM UM PERFIL DE SOLO DA ÁREA DO CÂMPUS CCET-ANÁPOLIS - GO

PEDOGEOPHYSICAL MODEL 2D IN A SOIL PROFILE OF THE CCET- CÂMPUS AREA- ANÁPOLIS-GO

ANTONIO LAZARO FERREIRA SANTOS

Doutor, Universidade Estadual de Goiás
antonio.lazaro@ueg.br

MARCELO HENRIQUE LEÃO SANTOS

Doutor, Universidade de Brasília
alva1@unb.br

FILIPPE ALTOE TEMPORIM

Doutor, Universidade Federal de Goiás
filipe.temporim@ufg.br

BRUNO SANTOS SOUZA

Doutor, Universidade Federal de Sergipe
bruffno@Yahoo.com.br

EDUARDO HENRIQUE SANTANA

Graduando, Universidade Estadual de Goiás
edusantanaengagri19@gmail.com

Resumo: A presença de solos concrecionários (Plintossolo Pétrico) na região central do Brasil é muito comum, ocorrendo principalmente nas bordas das chapadas. A classificação de um solo, com base no Sistema Brasileiro de classificação do solo – SiBCS- é obtida a partir da avaliação de dados morfológicos, físicos e químicos de um perfil. A ocorrência de solo concrecionário, situado no Câmpus da Universidade Estadual de Goiás-CCET, constituiu o objeto deste estudo, desenvolvido de um modelo pedogeofísico, com o intuito de determinar sua caracterização pedológica e geotécnica e geofísica. Foram determinados os seguintes parâmetros físicos, para os horizontes estudados: (Ac; ABc, Bwc1, Bwc2) densidade de partículas ($2,52$ a $2,64 \text{ g/cm}^3$) umidade volumétrica ($18,94$ a $22,16\%$) e argila dispersa em água ($39,86$ a $40,14 \%$). Em relação à resistividade elétrica, os resultados conseguiram identificar anomalias através da técnica de caminhamento elétrico, em arranjo Wenner- Schlumberger com altos valores, variando de 1554 a $2899 \Omega\text{m}$, os quais foram associados à compactação do solo (trecho entre a estação nº3 para 5) e à presença de cavidades, atribuída à caixa de passagem de água pluvial (trecho entre a estação de nº6 para 9).

Palavras-chave: Plintossolos, Pedogeofísica, métodos geolétricos.

Abstract: The presence of concretionary soils (Petric Plintossolo) in the central region of Brazil is very common, occurring mainly on the edges of plateaus. The classification of a soil, based on the Brazilian Soil Classification System – SiBCS – is obtained from the evaluation of morphological, physical and chemical data from a profile. The occurrence of concretionary soil, located on the Campus of the State University of Goiás-CCET, constituted the object of this study, developed from a pedogeophysical model, with the aim of determining its pedological, geotechnical and geophysical characterization. The following physical parameters were determined for the trained horizons: (Ac; ABc, Bwc1, Bwc2) particle density ($2,52$ to $2,64 \text{ g/cm}^3$) volumetric humidity ($18,94$ to $22,16\%$) and clay dispersion in water ($39,86$ to $40,14\%$). Regarding electrical resistivity, the results identify anomalies through the electric walking technique, in a Wenner-Schlumberger arrangement with high values, ranging from 1554 to $2899 \Omega\text{m}$, which were associated with soil

compaction (stretch between station nº3 to 5) and the presence of cavities, transferred to the rainwater passage box (section between station nº6 and 9).

Keywords: Plintisols, Pedogeophysics, Geoelectric methods

Introdução

Os solos resultam dos processos de intemperismo por desagregação e alteração das rochas. A intensidade dos processos intempéricos está diretamente associada com os seguintes fatores: material de origem (rocha), relevo, clima, organismos vivos e tempo. Em projetos de implantação de sítios geotécnicos e geofísicos que se caracterizam por possíveis variações laterais, os solos apresentam, devido às suas peculiaridades físico-químicas e mineralógicas, comportamentos pedogeotécnicos diferenciados (SANTOS *et al.*, 2018).

O conhecimento das características da zona de transição solo-rocha, da profundidade do topo rochoso e da profundidade do nível d'água, é de extrema importância para o planejamento da ocupação do meio físico. A utilização da metodologia geoeletrica é considerada fundamental para praticamente todos os fatores relacionados à obras civis, como fundações, escavabilidade, disposição de resíduos, estradas, erodibilidade etc, têm sido aplicada devido a sua versatilidade, rapidez na obtenção de resultados e custo relativamente baixo comparado aos métodos convencionais de prospecção (ELIS & ZUQUETTE *et al.*, 2001).

A eletroresistividade é um método geoeletrico baseado na determinação da resistividade elétrica dos materiais, tendo sido utilizado nos mais variados campos de aplicação das geociências. Os métodos geoeletricos possuem sua origem no século XVIII com a descoberta sobre a resistividade das rochas por Gray & Wheeler (ORELLANA, 1972) e sobre a condutividade do solo por Watson, em 1746. Os métodos geofísicos são utilizados para resolver problemas em ciência do solo e engenharia desde anos 1970. Na prática, métodos de levantamento elétrico estudando a resistividade e a condutividade dos solos são os mais amplamente utilizados, principalmente, para controle de umidade e monitoramento (SAMOUËLIAN *et al.*, 2005)

No Brasil, com a evolução tecnológica dos equipamentos geoeletricos, um grande número de trabalhos científicos tem sido publicado em diversas áreas: a) geologia básica (GALLAS, 2023) b) hidrogeologia (BRAGA *et al.*, 2018; FARIAS *et al.*, 2023) c) geotecnia (DE CASTRO *et al.*, 2016; FARIAS *et al.*, 2023; CARDOSO *et al.*, 2023); d) geologia ambiental (FRANCISCO *et al.*, 2020; AMARAL *et al.*, 2022).

O uso da imagem por resistividade (IR) para avaliar variações espaciais e temporais de umidade e heterogeneidade do subsolo tem aumentado nos últimos anos com o desenvolvimento da tecnologia relacionada aos métodos de sondagens de terrenos. Portanto, eles são cada vez mais usados como uma ferramenta complementar de levantamento de sub-superfície de investigação do solo (ABIDIN *et al.*, 2011; SEIMETZ, 2012; MILLER, 2013; DE CASTRO *et al.*, 2016; AKINBIYI *et al.*, 2020; NAGGAR *et al.*, 2021; MEDHUS, *et al.*, 2023). As medições de resistividade elétrica fornecem uma ferramenta potencialmente poderosa para estimar parâmetros físicos de solos e materiais utilizados em terraplenagens e obras de construção, como em taludes e barragens (ADAMO *et al.*, (2020). As questões relacionadas às barragens de rejeitos são uma realidade e sua aplicação tem sido amplamente utilizada ao longo dos últimos anos como auxiliar ferramenta de investigação geotécnica. ADAMO, *et al.*, (2020) destaca o papel de métodos geofísicos para a caracterização de barragens de rejeitos.

Seimetz (2012) abordou estudos geofísicos ao longo do trecho norte do metrô de Brasília, apresentando uma extensa revisão bibliográfica sobre o potencial de aplicação da geofísica para obtenção de interesse para a geotecnia. Considerando os princípios básicos das técnicas de sondagem elétrica vertical e caminhamento elétrico e suas possibilidades de aplicação em processos de mapeamento geotécnico.

O presente estudo apresenta uma investigação não invasiva por meio de método geoeletrico, de um perfil de solo, traz uma visão qualitativa da área de estudo para auxiliar quanto à gestão do uso do solo, com pertinência ao fator de escavabilidade e sua influência para a tomada de decisões de engenharia civil, de modo a fornecer subsídios para desenvolver índices utilizando a eletrorresistividade do solo como variável, na área do Câmpus-CCET, da Universidade estadual de Goiás. Em particular, este estudo foi realizado em plintossolos com plintinta e concreções ferruginosas, da região de Goiás, no município de Anápolis. Essa região difere significativamente dos outros territórios adjacentes pelas condições naturais de formação do solo, caracterizando-se por uma variedade de formas de relevo, uma ocorrência frequente de depósitos formadores de solo contendo plintinta, clima com estação bem definida e um bioma que abriga um número de espécies vegetais e animais semelhante ao encontrado em formações florestais (MARINHO FILHO, 2013).

Material e Método

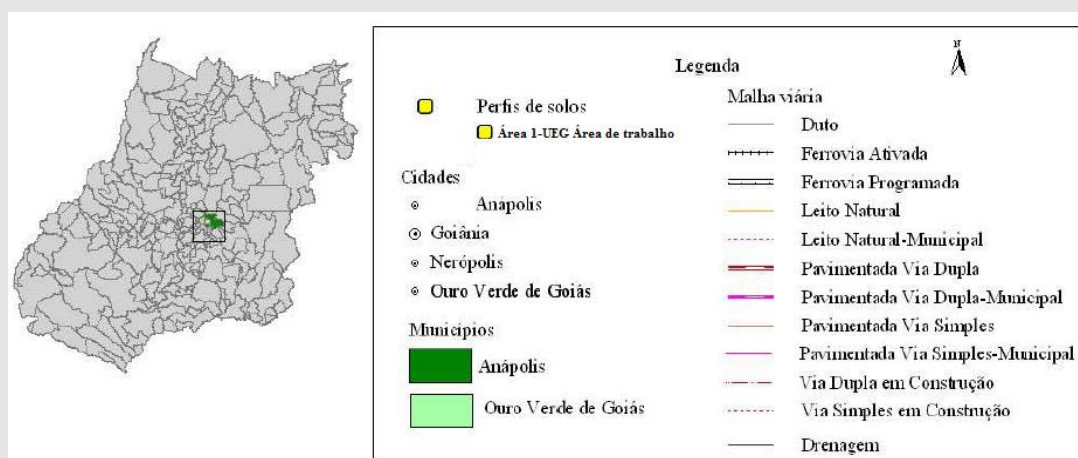
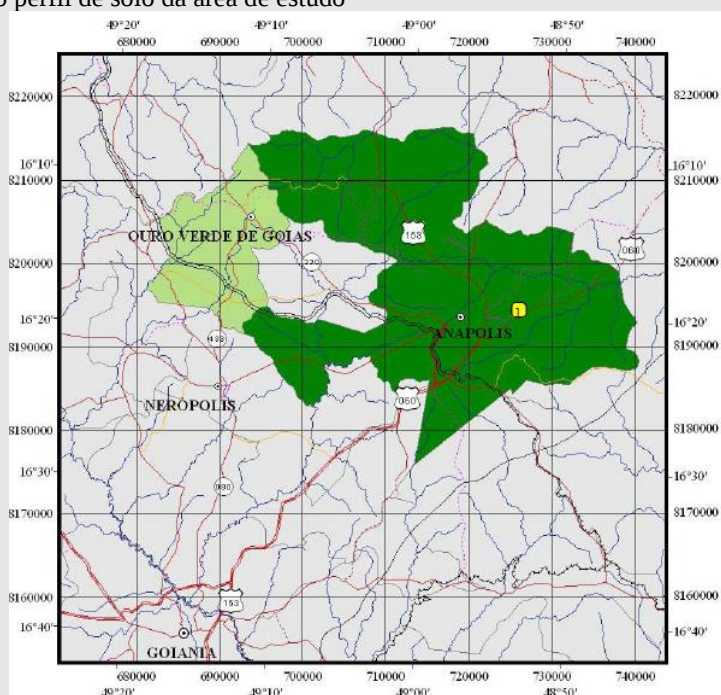
Caracterização pedogeotécnica

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 72-84, dez. 2024. ISSN 1981-4089

O material empregado para o desenvolvimento do trabalho foi um perfil de solo, classificado como PLINTOSSOLO PÉTRICO Concrecionário, conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS, 2018), que foi caracterizada química, física e morfologicamente.

O perfil de solo estudado localiza-se a aproximadamente 600 m a Leste da rodovia BR 153, na área do sítio geofísico-geotécnico da Universidade Estadual de Goiás-UEG, no Câmpus Henrique (latitude 16° 19' 13,2 "S, longitude 48° 53' 1,2" WGr) (Figura 1).

Figura 1. Localização do perfil de solo da área de estudo



Fonte: Antonio Lázaro Ferreira Santos (2023)

As análises físicas de composição granulométrica, índices de vazios e porcentual de finos foram realizadas considerando os procedimentos do Manual de Métodos de Análise de Solo

Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 72-84, dez. 2024. ISSN 1981-4089
(CLAESSEN, 1997).

As determinações dos parâmetros das amostras de solos foram realizadas no laboratório de solo da UEG-CCET – Anápolis, GO.

Aquisição e processamento geoeletrico

O método da Eletorresistividade emprega uma fonte artificial de corrente (I) que é introduzida no solo através de eletrodos pontuais, designados de A e B). O potencial gerado por essa emissão de corrente pode ser medido nas proximidades por meio de eletrodos de medição (designados M e N). Com a corrente e os potenciais gerados (ΔV), é possível calcular a resistividade aparente (ρ_a) pela Equação (1).

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad (\text{Equação 1})$$

A fator k para a disposição dos eletrodos é obtido através da Equação 2:

$$k = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{1}{AM} \right) - \left(\frac{1}{AN} \right) - \left(\frac{1}{BM} \right) + \left(\frac{1}{BN} \right) \right]} \quad (\text{Equação 2})$$

Sabe-se, que para uma boa aquisição de dados, o fabricante do equipamento recomenda que a resistência de contato do solo deve ser menor ou igual a 2,0 k Ohm, no entanto, a resistência previamente medida no solo, foi muito acima do recomentado pelo método. Assim, em busca da correção desse fator, introduziu-se uma solução de água e sal, no “pé” de cada haste, a fim de atingirmos a resistência de contato ideal.

Utilizou-se, neste trabalho a combinação entre os arranjos Wenner e Schlumberger (WS), que apresenta a configuração de uma sondagem elétrica vertical (SEV), ou seja, com o par de eletrodos de potencial no centro e os de corrente nas extremidades. O espaçamento entre os eletrodos AM=BN é um fator “n” do espaçamento “a” entre os eletrodos MN. As leituras foram adquiridas com o equipamento X6tal-250, com uma linha de caminhamento com 15,0 m de comprimento do Limite Sul (NS) da área de estudo com espaçamento entre eletrodos igual a 1,0m, onde resultaram em uma profundidade máxima de 3,0 m, conforme ilustra a Figura 2 . Os dados de

caminhamento elétrico foram registrados e, posteriormente processados em modelos bidimensionais (2-D) para o subsolo no programa Res2dinv, versão 3.4, desenvolvido pela Geotomo Softwares (Malásia).

Figura 2. Arranjo de eletrodos WS, espaçamento “a” entre o par de eletrodos de corrente (AB) e entre o par de eletrodos de potencial (MN) com distância entre os dois pares igual a um fator “n” de “a” e a sequência de medidas utilizadas para construir uma pseudoseção.



Fonte: Antonio Lázaro Ferreira Santos (2024)

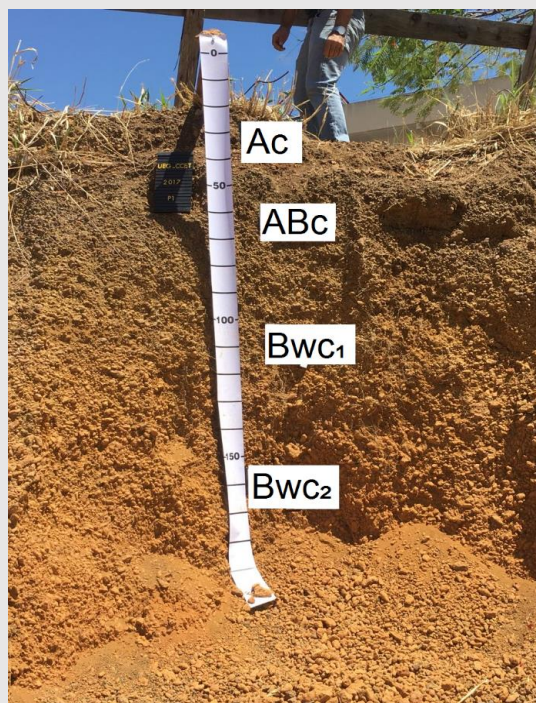
A partir do método da eletrorresistividade, investigou-se o subsolo com meio da indução de correntes elétricas, com eletrodos metálicos, e mediu-se a diferença de potencial elétrico com outros dois eletrodos de potencial. Essas medidas possibilitaram a determinação da resistividade elétrica do meio.

Resultados e discussão

De acordo com o Sistema Brasileiro de classificação de solo-SiBCS, solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte plântico ou litoplântico ou concrecionário, iniciando dentro de 40 cm são caracterizados como Plintossolos.

O perfil de solo estudado (Figura 3) apresentou-se em todos os horizontes concreções de ferro, com cores que variam do vermelho ao amarelo, sendo a camada A (mais superficial) mais escura indicando possivelmente a presença de matéria orgânica, em sua composição. O perfil como um todo possuiu boa drenagem, sendo sua classe textural argiloarenosa. As concreções ferruginosas, possuía em formato irregular, com e sem superfícies arestadas, consistência dura e aspecto ferruginoso. A quantidade de concreções foi superior a 50% em volume o que garantiu o caráter concrecionário do perfil estudado (MOREIRA, 2006).

Figura 3. Perfil do plintossolos pétrico, na área do Câmpus CCET-Anápolis Goiás.



Fonte: Antonio Lázaro Ferreira Santos (2018)

Estudos realizados por OLIVEIRA (1998), mostraram que os materiais petroplínticos (concrecionários) podem, ao endurecer, aprisionar substâncias minerais primárias em seu interior e que tais minerais com a reversão do processo de formação das concreções poderiam vir a ser liberados fornecendo elementos para o meio ambiente.

A petroplintita origina-se de ressecamento acentuado atuando sobre as plintitas que experimentam dessa forma vigorosa consolidação, produzindo os nódulos ou concreções ferruginosas. O fato de existir nódulos de petroplintitas no perfil estudado, corrobora para hipótese apresentada por Oliveira.

A descrição morfológica do perfil foi realizada com base no manual técnico de pedologia (OLIVEIRA, 2005), a qual pode ser observada nos quadros 1 e 2.

Quadro 1. Descrição geral do perfil amostrado do Plintossolo

DESCRIÇÃO GERAL			
Classificação:	Plintossolo	Identificação:	Perfil-01
Localização:	Câmpus Henrique Santillo-CET (Anápolis – GO)		
Situação/Declive:	Planalto no terço superior	Litologia:	Dentritica Lateritica

Material originário:	Autóctone consolidado	Erosão:	Laminar ligeira
Relevo Local/Regional:	Suave Ondulado	Drenagem:	Fortemente drenado
Pedregosidade:	Extremamente pedregoso	Rochosidade:	Não rochoso
Uso atual:	Área de pesquisa pavimentada	Vegetação primária:	Cerrado tropical

Quadro 2. Características morfológicas do plintossolo amostrado.

Horizonte	Profundidade (cm)	Cor	Estrutura
			Tipo
Ac	0 - 20	2,5 YR 3/2	Granular
Abc	20 - 42	5 YR 3/3	Granular
Bwc1	42 - 91	5YR 6/8	Granular
Bwc2	91 - 185+	5YR 6/8	Granular

Comportamento similar ao constatado neste estudo foi observado por Coelho & Vidal-Torrado (2003), que trabalharam com um perfil plíntico desenvolvido no Complexo Granulítico Anápolis-Itauçu, local em que ocorrem rochas ortoderivadas com intercalações de rochas metabásicas, associados a granulitos paraderivados, na região de Ouro Verde de Goiás (MOREIRA, 2006).

Em um contexto de geotecnia, os horizontes denominados como A e B, referem-se a camada superficial do perfil de solo, constituída essencialmente por minerais secundários, tais como argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e detritos orgânicos- Horizonte Residual Maduro (Quadro 3).

Quadro 3. Síntese da correlação pedogeotécnica

Unidades pedogeotécnicas	Classe de solo	Horizontes ou camadas (conceitos)	
		Pedológico	Geotécnico
UGA (solos não saturados)	Plintossolo Concrecionário	Ac	Solo Residual Maduro-horizonte superficial do perfil de solo, constituída essencialmente por minerais secundários, tais como argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e detritos orgânicos
		ABc	
		Bwc1	
		Bwc2	

No que se segue foi feita uma descrição morfológica dos horizontes da classe do Plintossolo, conforme Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (OLIVEIRA, 2005) e apresentada uma proposta de nomenclatura classificatória a ser adotada dentro de um contexto pedogeotécnico:

Ac: profundidade 0 - 20 cm: 2,5 YR 3/2; ; argiloarenosa; muito cascalhenta; moderada, pequena, granular; ligeiramente dura, friável, lig. Plástica, lig. Pegajosa; finas, comuns; raízes finas, comuns; transição plana, gradual;

ABc: profundidade 20 - 42cm: 5 YR 3/3 ; argiloarenosa; muito cascalhenta; Moderada, pequena, granular; ligeiramente dura, friável, lig. Pegajosa; finas, comuns; raízes finas, comuns; transição plana, gradual;

Bwc1: profundidade 42 - 91cm: 5 YR 6/8; argiloarenosa; muito cascalhenta; forte, muito pequena, granular; macia, friável, plástica, pegajosa; finas, poucas; raízes finas, poucas; transição plana, difusa;

Bwc2: profundidade 91 - 185+cm: 5 YR 6/8; argiloarenosa; muito cascalhenta; forte, muito pequena, granular; macia, friável, plástica, pegajosa; transição plana, clara;

Estudos realizados por Antunes, *et al.*, (2013), relacionam que sob o ponto de vista geotécnico, o plintossolo representam solos desenvolvidos de sedimentos em várias fases de evolução, podendo conter desde materiais mosqueados até petroplintita. As suas características geotécnicas dependem do seu grau de desenvolvimento e dos ambientes de ocorrência, que podem variar de região para região. Podem ocorrer em ambientes hidromórficos até oxidados e podem ou não apresentar petroplintita. Como a área de estudo correspondia a uma região de borda de chapada, com presença de petroplintina, corroborou para a hipótese apresentada por Antunes *et al.*, (2013).

Em relação ao fluxo de corrente elétrica em subsuperfície, alguns autores, Corwin & Rhoades *et al.*, (1976) e Samouelian *et al.*, (2005) discutiram como a resistividade elétrica do solo depende dos fatores, tais como: composição mineralógica, grau de saturação, resistividade do líquido nos poros, porosidade, tamanho, forma e distribuição das partículas sólidas, e espessura e composição da camada catiônica dos argilominerais.

O método de resistividade, com corrente contínua, mede tensões distribuídas espacialmente resultantes de corrente de injeções através de uma série de eletrodos dispostos na superfície do solo (TELFORD *et al.*, 1990).

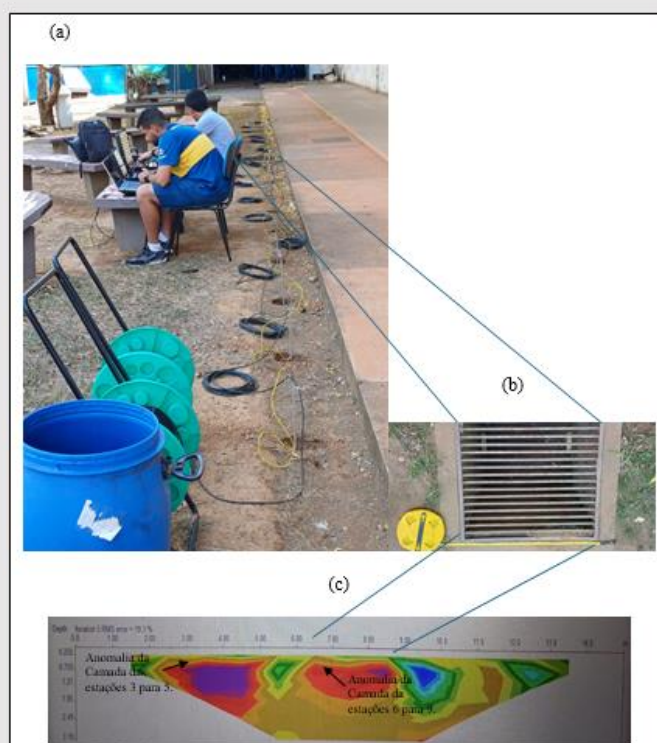
Neste estudo, optou-se por utilizar a técnica de aquisição de dados conhecida como Caminhamento Elétrico, que possibilita a verificação da variação da resistividade ao longo de uma seção 2D (Figura 4). Em detalhes é possível verificar pela figura 4- c o resultado da análise do

perfil geoeletrico de resistividade 2D, obtida a partir da inversão do arranjo Wenner-Schlumberger.

A camada da região lateral (trecho entre as estações nº 3 para a 5, Figura 4-c), até a profundidades de 1,27 m, apresentou uma anomalia com valores elevados de resistividade, variando de 1554 a 2899 Ωm , que foi atribuída a presença de uma camada argiloarenosa mais compactada, muito cascalhenta granular e friável. Estudos realizados por Fajana, *et al.*, 2020, em laboratório, verificaram que valores elevados de resistividade em solos, associados a migração de contaminante, está relacionado ao efeito da compactação, o que corrobora com a interpretação da anomalia observada no perfil geoeletrico da área estuda.

No intervalo do trecho entre as estações de nº 6 para 9, (Figura 4-c), houverá uma anomalia forte com alta resistividade (1564 para 2899 Ωm). Essa área refere-se a caixa de passagem pluvial, com 1,0 m de profundidade por 70 cm, com de largura. Esta observação permitiu inferir que valores moderadamente elevados de resistividade podem ser corretamente atribuídos à presença de cavidades parcialmente preenchidas pelo solo. Estudos realizados por Ghezzi *et al.*, (2019), utilizando de integração de dados de resistividade elétrica em áreas de túneis, evidenciou anomalias relacionadas a cavidade em solos.

Figura 4. (a): Aquisição da secção geoeletrica, utilizando-se do arranjo Wenner- Schlumberger; (b) caixa de água servida; (c): Secção geoeletrica 2D.



Fonte: Antonio Lázaro Ferreira Santos (2018)

Conclusões

As unidades pedogeotécnicas encontradas foram representadas por solo residual maduro-horizonte superficial do perfil de solo, constituída essencialmente por minerais secundários, tais como argilominerais, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e detritos orgânicos. O modelo proposto em subsuperfície foi baseado na modelagem direta de anomalias de resistividade elétricas apoiada pelo perfil geoeletrico. Por meio da aquisição elétrica, foi possível determinar valores elevados de anomalias de resistividades das estações nº 3 para 5, representadas pela influência da compactação do solo, e das estações de nº 6 para 9, da área representada pela caixa de coleta de água pluvial.

Referências

- ABIDIN, M. H. Z.; SAAD, R.; AHMAD, F.; WIJEYESEKERA, D. C.; BAHARUDDIN, M. F. T. Application of geophysical methods in civil engineering. In: MALAYSIAN TECHNICAL UNIVERSITIES INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING & TECHNOLOGY, 1, 2011, Malaysian. **Anais...** Malaysian: MUCET, 2011. P. 1-13.
- ADAMO, N.; AL-ANSARI, N.; SISSAKIAN, V.K; LAUE, J. G. Geophysical methods and their applications in Dam safety monitoring. **Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering**, v. 11, n.1, p. 291-345, September, 2021.
- AKINBIYIL, O. A.; SANUADE, O. A.; AKANJI, A. O.; ISAH, A. G.; UGWOKÉ, J. L.; OLASEENI, O. G. An integrated geophysical approach for post foundation studies at Edunabon town, southwestern Nigeria. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 7, n. 11, p. 1-10, October, 2020.
- AMARAL, R. D. A. M. ; CAMPOS, G. C. ; GANDOLFO, O. C. B. ; SANTOS, V. R. N. ; LIMA, R. A. ; FONSECA, R. Investigação multidisciplinar do risco de queda de árvore: estudo de caso em pau-ferro, na Cidade de São Paulo/SP. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, p. 1-10, outubro, 2022.
- ANTUNES, F. DOS S.; CAMPOS, T. M. P. DE; POLIVANOV, H. A.; CALDERANO, S. B. E; ANDRADE, A. G. DE. Desenvolvimento de classes e unidades geo-pedológicas a partir de interação entre a pedologia e a geotecnia. **Revista Geotecnia**, v. 127, p. 61-85, março, 2013.
- BRAGA, A. C. O.; FRANCISCO, R. F.; BIRELLI, C. A.; BLANCO, R. G. Aplicação da condutância longitudinal na estimativa da vulnerabilidade natural do sistema aquífero guarani no estado de São Paulo. **Geociências**, v. 37, p. 807-822, abril, 2018.
- CARDOSO, L. H.; DE ALMEIDA, P. B. L. Characterization with geoelectrical methods of fissural porosity and flow pattern in physical models of fractured rock masses. **Journal of Applied Geophysics**, v.1, p. 105-201, november, 2023.

CLAESSEN, M. E. C. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS 1997.

CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture. **Agronomy Journal**, v. 95, n. 3, p. 455-471, may, 2003.

DE CASTRO, B. C.; LORENZO, R.; GARCIA, A. F.; GONDO, G. H. B. Relações entre resistividade elétrica e características geotécnicas dos principias solos de Palmas-TO. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, XVIII, 2016, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: COBRAMSEC, 2016. P. 19-22.

ELIS, V. R.; ZUQUETTE, L. V. Aplicação integrada de métodos geoeletricos em áreas de disposição de resíduos industriais: cidade de Franca, Brasil. **Geotecnica**, n. 92, p. 47-68, julho, 2001.

FAJANA, A. O.; OFOBUTU, H. O.; ELUWOLW, A. B. Laboratory modeling for contaminant migration monitoring using electrical resistivity method. *Modeling Earth Systems and Environment*, v. 6, n.2, p. 1027-1043, march, 2020.

FARIAS, S. E.; MACHADO, S. L.; GIACHETI, H. L. Integrated use of georadar, eletrical resistivity, and SPT for site characterization and water contente estimative. **Soils and Rocks**, v. 46, n. 3, p. 1-10, may, 2023.

FRANCISCO, R. F.; BRAGA, A. C. O.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L. Contribuiçãometodológica à estimativa do perigo de contaminaçãodas águas subterrâneas. **Geociências**, v. 39, p. 1069-1086, outubro, 2020.

FRIEDMAN, S. P. Soil properties influencing apparent electrical conductivity: A review. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 46, n. 1, p. 45-70, march, 2005.

GALLAS, J. D. F. Delimitation of Massive Sulfide Bodies? Mise-à-la-Masse Method Associated with Induced Polarization (IP)? A Case History from Brazil. **Near surface geophysics** v. 1, p. 1-25, julho, 2023.

GHEZZI, A.; SCHETTINO, A.; PIERANTONI, P. P.; LAWRENCE, C.; LUCA, T.; VIGLIOTTI, L.; SCHETTINO, E.; MELFI, M.; GORRINI, M. E.; BOILA, P. Reconstruction of a Segment of the UNESCO World Heritage Hadrian's Villa Tunnel Network by Integrated GPR, Magnetic-Paleomagnetic, and Electric Resistivity Prospections. **Remote Sensing**, n. 11, v. 1739, 1-31, july 2019.

MARINHO FILHO, G. M. **Avaliação do potencial natural de erosão na bacia hidrográfica do rio formoso através da aplicação da equação universal de perda de solo**. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2014.

MEDHUS, A. B. & KLINKBY, L. (Org.). **Engineering Geophysics**. Netherlands; CRC Press/Balkema, 2023.

MILLER, R. "Introduction to This Special Section: Urban Geophysics." **Leading Edge**, n. 32, v.3, 248-49, 2013.

MOREIRA, H. L. **Evolução e gênese de plintossolos pétricos concrecionário do estado de Goiás**. 2006. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

NAGGAR, A. G. E; HEDLEY, C. B.; ROUDIER, P.; HORNE, D.; CLOTHIER, B. E. Imaging the electrical conductivity of the soil profile and its relationships to soil water patterns and drainage characteristics. *Precision Agriculture*, n. 22, p. 1045-1066, 2021.

OLIVEIRA, V. A. DE. **Estudo da relação com o substrato litológico, fertilidade potencial e grau de intemperismo dos principais latossolos do planalto central goiano**. 1998. 161f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1988.

OLIVEIRA, V. A. DE. **Manual técnico de pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2005.

ORELLANA SILVA, E. **Prospeccion geoelectrica en corriente continua**. 1. Ed. Espanã: Paraninfo, 1972.

RHOADES, J. D.; RAATS, P. A. C.; PRATHER, R. J. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 40, n. 5, p. 651-655, 1976.

SAMOUELIAN, A.; COUSIN, I.; TABBAGH, A.; BRUAND, A.; RICHARD, G. Electrical resistivity survey in soil science: A review. **Soil and Tillage Research**, n. 83, v. 2, p. 173-193, 2005.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K.; ANJOS, L. H.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J.A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SEIMETZ, E. X. **Estudos Geofísicos ao Longo do Futuro Trecho Norte do Metro de Brasília**. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

TELFORD, W. M.; GELDART, P. L.; SHERIFF, R. E. **Applied geophysics**. 2. ed. New York: Cambridge University Press, 1993.