



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:**  
**GEOLOGIA AMBIENTAL, HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PETROFÍSICOS DO  
SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA CENTRO-OCIDENTAL**

**RAFAEL LIMA DOS SANTOS SANTOS**

SALVADOR

2021

# **DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PETROFÍSICOS DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA CENTRO-OCIDENTAL**

**Rafael Lima dos Santos Santos**

*Orientador: Prof. Dr. Natanael da Silva Barbosa*

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos.

SALVADOR

2021

S237 Santos, Rafael Lima dos Santos

Determinação dos parâmetros petrofísicos do sistema aquífero Urucuia Centro-Occidental / Rafael Lima dos Santos Santos. – Salvador, 2021.

126 f.

Orientador: Prof. Dr. Natanael da Silva Barbosa

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, 2021.

1. Hidrogeologia. 2. Aquíferos. 3. Petrofísica. I. Barbosa, Natanael da Silva. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDU 556.3

**RAFAEL LIMA DOS SANTOS SANTOS**

**DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PETROFÍSICOS DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA CENTRO-OCIDENTAL**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em Geologia na área de concentração em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos em 22/09/2021.

**APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA:**



Assinado de forma digital por Natanael da Silva Barbosa  
DN: cn=Natanael da Silva Barbosa, o=Universidade  
Federal da Bahia, ou=Instituto de Geociências,  
email=ndbarbos@ufba.br, c=BR  
Dados: 2021.09.23 20:00:16 -03'00'

---

**Dr. Natanael da Silva Barbosa (Orientador) – (UFBA)**



---

**Dr. Cristovaldo Bispo dos Santos (UFBA/CPRM)**



---

**Dr. Danilo Heitor Caires Tinoco Bisneto Melo (UFBA)**

Salvador – BA  
2021

*À minha Família, dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Os parágrafos aqui escritos apresentam agradecimento profundo. Poderão não contemplar todas as pessoas envolvidas nesta grandiosa etapa vivida por mim. Desde já, peço perdão àquelas que não apresentam seus nomes citados nos parágrafos seguintes, mas elas podem estar cientes de que fazem parte do meu pensamento e da minha gratidão.

Agradeço à **DEUS**, por ter confiança em meu potencial e ter me atribuído um desafio importante para meu desenvolvimento profissional e pessoal de forma a contribuir com conhecimento geológico para a sociedade.

Agradeço, o reconhecimento da **MINHA FAMÍLIA** (Geraldo – Pai, Marinalva – Mãe, Rafaele – Irmã, Maria – Tia), pois acredito que sem o apoio deles seria difícil vencer este desafio.

Agradeço ao orientador Prof. Dr. **NATANAEL DA SILVA BARBOSA**, pela sabedoria, paciência, consideração, incentivo constante, e que é o exemplo a ser seguido como docente e pesquisador, o responsável por direcionar meus passos nesta trajetória desafiadora.

Agradeço à Profa. Dra. **NATALI DA SILVA BARBOSA**, pelo acolhimento e incentivo dado a mim no momento de vivenciar, no laboratório de Geologia Geral do IGEO, a valorosa experiência em lecionar como tirocinista para a turma de calouros de 2019 da disciplina de Geologia Introdutória.

Agradeço ao corpo docente da Pós-Graduação em Geologia – UFBA, professores estes que contribuíram com o conhecimento geológico acumulado de anos de pesquisa.

Agradeço ao **Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente (NEHMA)** e aos pesquisadores associados pelas conversas e contribuições geológicas.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo auxílio financeiro e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo suporte no desenvolvimento da pesquisa. O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES - Código de financiamento 001.

Agradeço à **COMPANHIA DE ENGENHARIA HÍDRICA E SANEAMENTO DA BAHIA – CERB** por disponibilizar os perfis geofísicos para realização desta pesquisa.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram para a realização desta dissertação.

## RESUMO

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) é uma unidade hidráulica inter-relacionada às unidades litoestratigráficas do Grupo Urucuia. Elas correspondem, indistintamente, aos Aquíferos: (i) Posse (porosidades intergranulares) e; (ii) Serra das Araras (porosidades intergranulares e, localmente, fissurais). Na hidrogeologia; a porosidade, permeabilidade e condutividade hidráulica caracterizam as rochas quanto ao armazenamento, transmissão e fluxo de fluidos nos aquíferos. Os métodos para a determinação dessas propriedades foram aplicados a cinco perfis geofísicos de poços e a análises granulométricas em dozes amostras de sedimentos. Adicionalmente, a heterogeneidade e anisotropia do SAU foram caracterizadas pela análise dos perfis geofísicos para obtenção da condutividade hidráulica vertical ( $K_z$ ) e horizontal ( $K_x$ ) e da razão de anisotropia ( $K_x/K_z$ ). Nesse contexto, os Aquíferos Posse e Serra das Araras apresentam propriedades sedimentológicas, petrofísicas e hidrodinâmicas contrastantes segundo *trend* de ENE (área fonte) para WSW (área deposicional). Nessa direção, ocorre: (i) aumento da argilosidade (VSH) na Formação Posse com a profundidade e diminuição na porosidade total ( $\phi$ ) devido à infiltração mecânica das argilas (pseudomatriz dos arenitos eólicos). Já a porosidade efetiva ( $\phi_e$ ) e permeabilidade intrínseca ( $k$ ) aumentam devido a maior seleção dos sedimentos; (ii) na Formação Serra das Araras ocorre diminuição na VSH em sua extensão, devido a infiltração argilosa para a unidade subjacente. Na porção centro-oriental da bacia hidrogeológica ocorre diminuição nos valores médios de  $\phi$ ,  $\phi_e$  e  $k$  devido a maior frequência e espessura de níveis de arenitos silicificados. Em princípio, os parâmetros petrofísicos caracterizam os Aquíferos Posse e Serra das Araras que são permoporosos, contíguos e segmentados por aquitardes silicificados que conferem drenança entre as unidades litoestratigráficas. As análises granulométricas permitiram obter a porosidade a partir das equações Wang *et al.*, (2017) e regressão exponencial  $\phi_w$ , que se apresentaram consistentes e ratificaram os valores obtidos na literatura. Já a aplicação da equação de Vukovic & Soro (1992) e regressão exponencial  $\phi_{vs}$  superestimaram a porosidade do SAU. A permeabilidade e condutividade hidráulica são válidas (i.e., SAU caracterizado por areias finas a médias, moderadamente selecionadas e coeficiente de uniformidade (U) menor que 1) conforme aplicadas as equações: (i) Slitcher; (ii) *United State Bureau of Reclamation* (USBR); (iii) Kozeny-Carman e (iv) Hazen. Respectivamente, a permeabilidade ( $k$ ) situa-se entre  $10^{-12}$  a  $10^{-9}$  m<sup>2</sup> e a condutividade hidráulica ( $K$ ) entre  $10^{-5}$  a  $10^{-2}$  m/s; a segunda com  $k$  entre  $10^{-11}$  a  $10^{-10}$  m<sup>2</sup> e  $K$  em torno de  $10^{-4}$  a  $10^{-3}$  m/s, e as duas últimas  $k$  entre  $10^{-10}$  a  $10^{-9}$  m<sup>2</sup> e  $K$  entre  $10^{-3}$  e  $10^{-2}$  m/s. Já as equações Beyer e Terzaghi não podem ser consideradas pois  $k$  e  $K$  são superestimados. A análise de heterogeneidade e anisotropia indica que (i) a Formação Posse é condicionada pela presença de pseudomatriz argilosa que caracteriza heterogeneidades nos arenitos eólicos, e a razão de anisotropia entre 4,62 a 11,34; (ii) a Formação Serra das Araras possui heterogeneidade devido aos processos diagenéticos atuantes (i.e., arenitos silicificados), e nas porções centrais da bacia, uma razão de anisotropia em torno de 1,02, e, no extremo oriental e ocidental, razões superiores a 1.

Palavras-chave: Perfis Geofísicos; Petrofísica; Análise Granulométrica; Razão de Anisotropia

## ABSTRACT

The Urucuia Aquifer System (UAS) is a hydraulic unit interrelated to the lithostratigraphic units of the Urucuia Group. They correspond, indistinctly, to the Aquifers: (i) Posse (intergranular porosities) and; (ii) Serra das Araras (intergranular porosities and, locally, fissures). In hydrogeology; the porosity, permeability and hydraulic conductivity characterize the rocks regarding the storage, transmission and flow of fluids in aquifers. The methods for determining these properties were applied to five geophysical well logs and to grain-size analysis in twelve sediment samples. Additionally, the heterogeneity and anisotropy of the UAS were characterized by analyzing the geophysical logs to obtain the vertical ( $K_z$ ) and horizontal ( $K_x$ ) hydraulic conductivity and the anisotropy ratio ( $K_x/K_z$ ). In this context, the Posse and Serra das Araras Aquifers present contrasting sedimentological, petrophysical and hydrodynamic properties according to the trend from ENE (source area) to WSW (depositional area). In this direction, there is: (i) increase in shaliness (VSH) in the Posse Formation with depth and decrease in total porosity ( $\phi$ ) due to mechanical infiltration of clays (pseudomatrix of aeolian sandstones). The effective porosity ( $\phi_e$ ) and intrinsic permeability ( $k$ ) increase due to greater selection of sediments; (ii) in the Serra das Araras Formation there is a decrease in VSH in its extension, due to clayey infiltration into the underlying unit. In the central-eastern portion of the hydrogeological basin there is a decrease in the mean values of  $\phi$ ,  $\phi_e$  and  $k$  due to the higher frequency and thickness of silicified sandstone levels. In principle, petrophysical parameters characterize the Posse and Serra das Araras Aquifers, which are permoporous, contiguous and segmented by silicified aquitars that provide leakage between the lithostratigraphic units. The grain-size analysis allowed to obtain the porosity from the equations Wang et al., (2017) and exponential regression  $\phi_w$ , which were consistent and confirmed the values obtained in the literature. The application of the equation of Vukovic & Soro (1992) and exponential regression  $\phi_{vs}$  overestimated the porosity of the UAS. Permeability and hydraulic conductivity are valid (i.e., SAU characterized by fine to medium sands, moderately selected and uniformity coefficient (U) less than 1) as applied to the equations: (i) Slitcher; (ii) United State Bureau of Reclamation (USBR); (iii) Kozeny-Carman and (iv) Hazen. Respectively, the permeability ( $k$ ) is between  $10^{-12}$  to  $10^{-9}$  m<sup>2</sup> and the hydraulic conductivity ( $K$ ) between  $10^{-5}$  to  $10^{-2}$  m/s; the second with  $k$  between  $10^{-11}$  to  $10^{-10}$  m<sup>2</sup> and  $K$  around  $10^{-4}$  to  $10^{-3}$  m/s, and the last two  $k$  between  $10^{-10}$  to  $10^{-9}$  m<sup>2</sup> and  $K$  between  $10^{-3}$  and  $10^{-2}$  m/s. The Beyer and Terzaghi equations cannot be considered because  $k$  and  $K$  are overestimated. The analysis of heterogeneity and anisotropy indicates that (i) the Posse Formation is conditioned by the presence of a clayey pseudomatrix that characterizes heterogeneities in aeolian sandstones, and the anisotropy ratio between 4.62 to 11.34; (ii) the Serra das Araras Formation has heterogeneity due to the diagenetic processes involved (ie, silicified sandstones), and in the central portions of the basin, an anisotropy ratio around 1.02, and, in the eastern and western extremes, higher ratios to 1.

Keywords: Geophysical Logs; Petrophysics; Grain-Size Analysis; Anisotropy Ratio



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 2 - ARTIGO 1: DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE E PERMEABILIDADE DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIÁ CENTRO-OCIDENTAL ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO DE PERFIS GEOFÍSICOS .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 3 - ARTIGO 2: DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS PETROFÍSICOS E HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA CENTRO-OCIDENTAL ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CLASSES GRANULOMÉTRICAS .....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO 4 - ARTIGO 3: ANISOTROPIA E HETEROGENEIDADE TRIDIMENSIONAL DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA CENTRO-OCIDENTAL.....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS COAUTORES.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE B – TABELA COM OS DADOS BRUTOS.....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UFRJ.....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO B – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 1 .....</b>	<b>122</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO GERAL

---

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) é uma unidade hidráulica composta por associações de aquíferos constituídos pelas rochas do Grupo Urucuia (Gaspar & Campos, 2007; Barbosa, 2016). Esse grupo corresponde a sedimentação neocretácea da Bacia Sanfranciscana (BS), receptáculo das coberturas fanerozoicas do Craton do São Francisco (CSF) (Sgarbi, 1989). O Grupo Urucuia é subdividido em duas unidades litoestratigráficas formais: (i) Formação Posse, unidade inferior, constituída por arenitos muito finos a médios e bem selecionados marcados por estratificações cruzadas de grande porte, geralmente truncadas por estratificações horizontais e de baixo ângulo, típicas de lençóis arenosos e campo de dunas em um ambiente desértico (Campos & Dardenne, 1994, 1997, 1999; Spigolon & Alvarenga, 2002; Barbosa, 2016) e; (ii) Formação Serra das Araras, unidade superior, constituída por uma cíclica sobreposição de conglomerados, arenitos e siltitos/argilitos, depositados em sequências fluviais entrelaçadas. Coeva a essa sedimentação, ocorre um processo de infiltração mecânica de argilas nos sedimentos eólicos subjacentes (i.e., Formação Posse) que resulta em uma alteração nas condições de permoporosidade (Campos & Dardenne, 1999). Nessa unidade ocorrem horizontes tabulares (de até 8 m de espessura) extensos e descontínuos de arenitos silificificados e fraturados posicionados em várias posições estratigráficas (Campos & Dardenne, 1997, 1999; Barbosa *et al.*, 2017).

O SAU ocorre em seis estados brasileiros (Bahia, Tocantins, Minas Gerais, Piauí, Maranhão e Goiás) e representa um dos mais importantes aquíferos regionais. Abrange uma área total de aproximadamente 120.000 km<sup>2</sup> e espessura de sedimentos que pode atingir 600 metros (Tschiedel, 2004; Amorim Junior & Lima, 2007; Lima & Santos, 2011; Gaspar *et al.*, 2012; Kiang & Silva, 2015). Está inserido no contexto geomorfológico do Planalto do Divisor São Francisco/Tocantins também denominado de Chapadão Central, ou “Chapadão Urucuia” (Nascimento, 1991). As feições geomorfológicas são compostas predominantemente por um amplo tabuleiro de relevo relativamente plano, limitada na borda ocidental, por escarpas abruptas de 200 a 300 metros representadas pela Serra Geral de Goiás, com altitudes que alcançam 1.000 metros. Já nas porções orientais, as feições do relevo do tipo mesetas apresentam declividades que diminuem progressivamente para leste até altitudes de 750 metros. A inclinação suave no

Chapadão Central, de aproximadamente 5°, conduz fluxos superficiais perenes e relativamente laminares, alimentados pelo fluxo de base do SAU durante todo o período de estiagem (entre abril e outubro). Geralmente, os cursos fluviais são encaixados em vales que entalham o Chapadão Urucuia e apresentam padrão de drenagem semi-paralelo a paralelo, associados a um forte controle estrutural regional com direção preferencial WSW-ENE. Os rios possuem planícies de inundação largas com veredas amplas (i.e., Rios: Preto, Grande, Corrente, Arrojado, Formoso, Carinhanha, de Ondas) (Barbosa, 2009). As bordas da bacia correspondem a escarpas regressivas, caracterizadas pela presença de morros testemunhos associados a depósitos colúvio-eluvionares nos sopés das escarpas, indicando que as unidades litoestratigráficas do Grupo Urucuia se distribuía por uma área mais extensa do que a atual (Barbosa, 2009; Barbosa, 2016).

A recarga do SAU ocorre pela infiltração direta das águas das chuvas, com índices pluviométricos anuais crescentes em relação as porções ocidentais entre 900 mm a 1.500 mm. O período chuvoso ocorre entre novembro e março. As médias anuais das máximas temperaturas situam-se entre 30°C e 33°C no verão, enquanto as médias anuais das mínimas alcançam entre 18°C e 20°C, no inverno. A evapotranspiração potencial varia de 1.100 mm/ano a 1.200 mm/ano (Gaspar, 2006; Barbosa, 2016). A vegetação é caracterizada pelo cerrado. Em geral, apresenta arbustos retorcidos de médio porte em decorrência da elevada acidez do solo ( $\text{pH} < 7$ ) (i.e., latossolos vermelhos-amarelos distróficos e areias quartzosas). Nas proximidades dos rios ocorrem matas ciliares, com formação de veredas amplas por exsudações das águas subterrâneas (Santos, 2016).

Sobre o Chapadão Urucuia, ocorre a expansão das atividades econômicas do agronegócio com a produção de grãos (i.e, soja, algodão, milho, café, arroz, fruticultura e feijão) e reflorestamentos de pinheiros e eucaliptos afetam o manejo do solo (Latosolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Litólicos, Gleissolos, Argissolos e Cambissolos) (Gaspar *et al.*, 2007), acarretando em modificações geoambientais significativas.

Notoriamente, o SAU apresenta expressividade em suas reservas hídricas e na produtividade dos poços tubulares. Até o momento inexistem estudos relativos aos parâmetros petrofísicos (i.e., porosidade efetiva), os quais são superestimados e não apresentam relação com os processos sedimentares que ocorreram durante a deposição dos sedimentos (Gaspar, 2006; Barbosa *et al.*, 2017). A falta dessas informações dificulta os cálculos de reservas de água subterrânea e a elaboração efetiva de modelos numéricos para análise de fluxo hídrico

subterrâneo. Desse modo, os problemas norteadores para realização desta pesquisa pretendem investigar: (i) como ocorre a variação, espacial e em profundidade, dos parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos (i.e., argilosidade, porosidade total, porosidade efetiva, permeabilidade intrínseca e condutividade hidráulica) no Sistema Aquífero Urucuia? Qual a influência dos processos sedimentares para a interpretação quantitativa dos parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos em relação a profundidade e lateralmente?

De modo consequente, esta dissertação investiga os diferentes comportamentos dos parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos ao longo da porção centro-ocidental do SAU com a utilização de dados secundários (i.e., perfis geofísicos de poços) e dados inéditos (i.e., análise granulométrica) que permitiram: (i) determinar da argilosidade, porosidade total, porosidade efetiva, permeabilidade intrínseca e condutividade hidráulica para a compreensão da dinâmica de armazenamento e fluxo de água nas diferentes formações do SAU (i.e., Posse e Serra das Araras); (ii) estabelecer relações entre os componentes granulométricos (i.e., areias finas a grânulos) e os parâmetros petrofísicos obtidos em diferentes posições geográficas da bacia considerando a proximidade da área fonte dos sedimentos e a região mais distal; (iii) confrontar os resultados obtidos da aplicação dos diferentes métodos (i.e., perfis geofísicos e análise granulométricas); (iv) analisar a heterogeneidade e anisotropia das Formações Posse e Serra das Araras e tecer considerações hidrogeológicas sobre a dinâmica de fluxo de águas subterrâneas com a análise das condutividades hidráulicas verticais e horizontais. Assim, os resultados desta pesquisa contribuirão com aprimoramento científico sobre a dinâmica hidrogeológica da recarga, armazenamento e fluxo de água subterrânea do SAU, visando a conservação do manancial hídrico importante para o desenvolvimento da região oeste da Bahia e da perenidade do rio São Francisco.

A dissertação está estruturada em seções cujos resultados foram confeccionados no formato de três artigos, dentre eles: (i) Capítulo 1 – Introdução Geral; (ii) Capítulo 2 – Determinação da Porosidade e Permeabilidade do Sistema Aquífero Urucuia Centro-ocidental através da interpretação de perfis geofísicos, artigo já publicado no Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); (iii) Capítulo 3 – Determinação de Parâmetros Petrofísicos e Hidrodinâmicos do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Occidental através da Análise de Classes Granulométricas, artigo em fase de preparação, ainda não submetido à revista e que apresenta interpretações preliminares; (iv) Capítulo 4 – Anisotropia e

Heterogeneidade Tridimensional da Condutividade Hidráulica do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Occidental, artigo em fase de preparação, ainda não submetido à revista e que apresenta interpretações preliminares; (v) Capítulo 5 – Considerações Finais.

## Referências

- Amorim Junior, V. & Lima, O. A. L. 2007. Avaliação Hidrogeológica do aquífero Urucuia na bacia do rio das Fêmeas – Ba usando Resistividade e Polarização Elétrica Induzida. *Revista Brasileira de Geofísica*, 25: 117-129.
- Barbosa, N.S. 2016. *Hidrogeologia do Sistema Aquífero Urucuia, Bahia*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Tese de Doutorado, 170p.
- Barbosa, N.S.; Leal, L R.B.; Mello, J.C.; Peixinho, M.A.L.; Santos, C.B.; Santos, R.L.S. & Barbosa, N.S. 2017. Modelo Hidrogeológico Conceitual do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Occidental, Brasil. *Águas Subterrâneas*, 31:1-19.<http://dx.doi.org/10.14295/ras.v31i1.28524>.
- Barbosa, N. S. 2009. *Hidrogeologia do Sistema Aquífero Urucuia na Região das Bacias Hidrográficas dos rios Formoso e Arrojado, Oeste do Estado da Bahia*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 98p.
- Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1994. Carta estratigráfica da Bacia Sanfranciscana. In: 38º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1994, Balneário Camboriú-SC, p.50-51.
- Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1997. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(3): 269-282.
- Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1999. Distribuição, estratigrafia e sistemas deposicionais do grupo Urucuia-Cretáceo Superior da bacia Sanfranciscana. *Geociências*, 18(2): 481-499.
- Gaspar, M.T.P. 2006. *Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 204p.

- Gaspar, M.T.P. & Campos, J.E.G. 2007. O Sistema Aquífero Urucuia. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(4): 216-226.
- Gaspar, M. T. P.; Campos, J. E. G.; Cadamuro, A. L. M. 2007. Condições de infiltração em solos na região de recarga do sistema aquífero Urucuia no oeste da Bahia sob diferentes condições de usos. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(3): 542-550.
- Gaspar, M. T. P.; Campos, J. E. G.; Moraes, R. A. V. D. 2012. Determinação das espessuras do Sistema Aquífero Urucuia a partir de estudo geofísico. *Revista Brasileira de Geociências*, 42(1): 154-166.
- Kiang, C. H. & Silva, F. D. P. E. 2015. Contribuição ao Arcabouço Geológico do Sistema Aquífero Urucuia. *Geociências*, 34(4): 872-882.
- Lima, O. A. L.; Santos, E. S. M. 2011. Caracterização Geológica e Geofísica do Sistema Aquífero Urucuia e de seu substrato nas bacias dos rios Arrojado e Formoso, Bahia. *Revista Brasileira de Geofísica*, 29(4): 723-744.
- Nascimento, M. A. L. S. 1991. Geomorfologia do Estado de Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*, 12(1): 1-22.
- Santos, R. L. S. *Modelo Hidrogeológico e Determinação dos Parâmetros Petrofísicos do Grupo Urucuia na Região Oeste da Bahia*. Graduação em Geologia. Universidade Federal do Oeste da Bahia. Trabalho de Conclusão de Curso. 124p.
- Sgarbi, G.N.C. 1989. *Geologia da Formação Areado. Cretáceo Inferior a Médio da Bacia Sanfranciscana, Oeste do Estado de Minas Gerais*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 324p.
- Spigolon, A. L. D. & Alvarenga, C. J. S. 2002. Fácies e Elementos Arquiteturais resultantes de Mudanças Climáticas em um Ambiente Desértico: Grupo Urucuia (Neocretáceo), Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4): 579-586.
- Tschiedel, M. W. 2004 *Aplicação de estudo geofísico como contribuição ao conhecimento da Tectônica da Sub-Bacia Urucuia*. Programa de Pós-graduação em Geologia. Universidade De Brasília. 101p.

## CAPÍTULO 2

# ARTIGO 1 – DETERMINAÇÃO DA POROSIDADE E PERMEABILIDADE DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA CENTRO-OCIDENTAL ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO DE PERFIS GEOFÍSICOS

---

### **Determinação da Porosidade e Permeabilidade do Sistema Aquífero Urucua Centro-Occidental através da Interpretação de Perfis Geofísicos**

Determination of Porosity and Permeability of the Central-Western Urucua Aquifer System through the Interpretation of Geophysical Logs

Rafael Lima dos Santos Santos & Natanael da Silva Barbosa

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia, Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente, Rua Barão de Jeremoabo s/n, 40170-290, Ondina, Salvador, BA, Brasil

E-mails: rafael\_lss@hotmail.com; ndbarbosa@ufba.br

#### **Resumo**

Nos estudos hidrogeológicos, a porosidade e permeabilidade caracterizam as rochas em relação ao armazenamento e a transmissão de fluidos nos aquíferos. Neste trabalho, os parâmetros petrofísicos foram obtidos através das informações contidas em cinco perfis geofísicos de poços com a integração dos dados do tempo de trânsito das ondas acústicas e da contagem em unidades API (*American Petroleum Institute*) dos raios gama. Nesse contexto, a área de estudo compreende uma associação de duas unidades hidroestratigráficas inter-relacionadas (Formações Posse e Serra das Araras) com características hidráulicas específicas, individualizadas por propriedades petrofísicas e sedimentológicas contrastantes ao longo de sua área de abrangência, segundo uma orientação de ENE (área fonte) para WSW (área deposicional). Nesse *trend*, a variação das propriedades petrofísicas sugere que os principais resultados obtidos indicam: (i) um

aumento nos valores médios de argilosidade (VSH) para a Formação Posse e, conseqüentemente, uma diminuição na porosidade total ( $\phi$ ) devido ao processo de infiltração mecânica das argilas que funcionam como uma pseudomatriz dos arenitos eólicos, caracterizado por um aumento da VSH com a profundidade. Já os parâmetros porosidade efetiva ( $\phi_e$ ) e permeabilidade ( $k$ ) apresentam uma tendência de aumento em razão de um maior grau de seleção das partículas do arcabouço; (ii) para a Formação Serra das Araras é verificado uma diminuição no VSH ao longo de sua extensão, devido a uma maior variação litológica, e em profundidade, como uma consequência de uma infiltração mecânica das argilas intersticiais para a unidade subjacente. Na porção centro-oriental da bacia hidrogeológica ocorre uma diminuição significativa nos valores médios de  $\phi$ ,  $\phi_e$  e  $k$  devido a uma maior frequência e espessura de níveis silicificados e fraturados que compõe o Sistema Aquífero Urucua (SAU). De modo geral, os parâmetros petrofísicos se relacionam a dois importantes reservatórios do SAU – Aquífero Posse e Aquífero Serra das Araras – permoporosos, contíguos e segmentados por níveis/horizontes silicificados e fraturados que representam aquitardes e, provavelmente, conferem uma conexão hidráulica (i.e., drenança) entre as unidades litoestratigráficas.

**Palavras-chave:** Parâmetros petrofísicos; Perfis geofísicos de poços; Grupo Urucua

### **Abstract**

Porosity and permeability are properties which characterize rocks with respect to the storage and transmission of fluids in aquifers. In the present work, petrophysical parameters were obtained through the information contained in five geophysical well logs with integration of the acoustic wave transit time and the score data in gamma-ray API units. In this context, the study area comprises an association of two interrelated hydrostratigraphic units (Posse and Serra das Araras Formations) with specific hydraulic characteristics, individualized by contrasting petrophysical and sedimentological properties along their area of occurrence and according to ENE (source area) to WSW (depositional area) orientation. In this trend, the variation of petrophysical properties suggests the main results indicate: (i) an increase in the medium values of shaliness (VSH) for the Posse Formation and, consequently, a decrease in the total porosity ( $\phi$ ) due to the mechanical infiltration process of clays that function as a pseudomatrix of the aeolian sandstones, characterized by an increase of the VSH with the depth. However, the effective porosity ( $\phi_e$ ) and permeability ( $k$ ) parameters show a tendency to increase due to a higher particles sorting in the framework; (ii) for Serra das Araras Formation, there is a decrease in



VSH, both spatial, due to a greater lithological variation, and in depth, as a consequence of a mechanical infiltration of interstitial clays to the underlying unit. In the central-eastern portion of the hydrogeological basin there is a significant decrease in the medium values of  $\phi$ ,  $\phi_e$  and  $k$  due to a higher frequency and thickness of silicified and fractured rocky levels that make up the Urucuia Aquifer System (UAS). Generally, the petrophysical parameters are related to two important reservoirs of the UAS (Posse and Serra das Araras Aquifers), permoporous, contiguous and segmented by silicified and fractured rocky levels/horizons representing aquitardes and probably provide a hydraulic connection (i.e., leakage) between the lithostratigraphic units.

**Keywords:** Petrophysical parameters; Geophysical well logs; Urucuia Group

## 1 Introdução

A porosidade e permeabilidade são parâmetros marcadores da evolução dos processos sedimentares e influenciam diretamente na capacidade de armazenamento e transmissão de fluidos em aquíferos. São propriedades de grande interesse na geologia, determinadas a partir da integração de informações dos perfis geofísicos de poços abertos, dados sedimentológicos ou através da interpretação petrofísica.

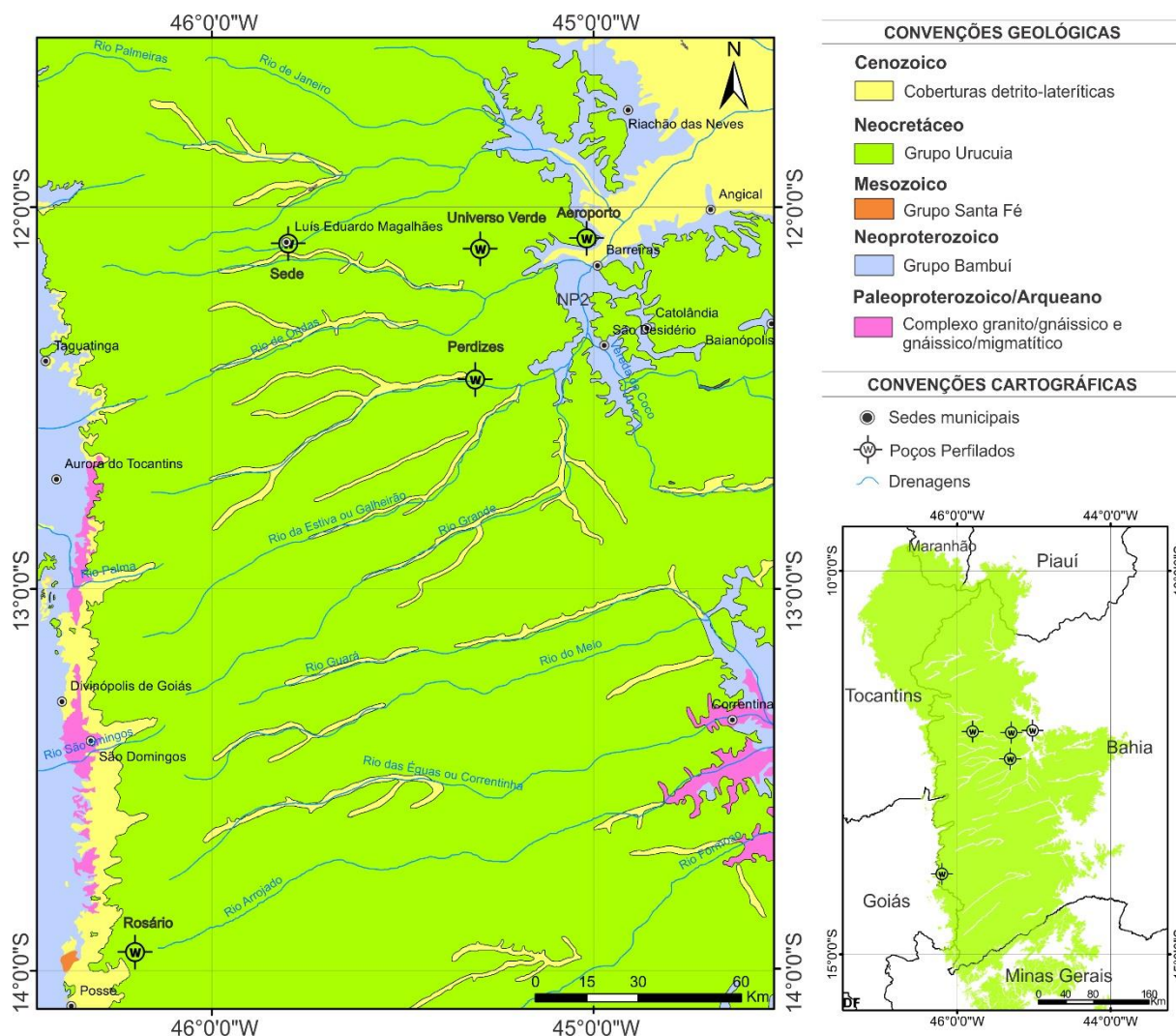
A determinação dos parâmetros petrofísicos (e.g., porosidade e permeabilidade) ocorre normalmente por métodos indiretos (e.g., perfis geofísicos) e convencionais. Os primeiros possuem vantagens por não serem invasivos à formação, de rápida determinação e podem fornecer resultados satisfatórios em pequenas escalas, no que se refere a heterogeneidade das unidades geológicas. Já os últimos apresentam bons resultados em amostras homogêneas.

A área de estudo integra o Sistema Aquífero Urucuia (SAU) que compõe uma associação de aquíferos relacionados a unidade litoestratigráfica do Grupo Urucuia (Gaspar & Campos, 2007). Esse sistema é composto predominantemente por arenitos, em geral dispostos na forma de um amplo tabuleiro de relevo relativamente plano limitado por escarpas abruptas, configuração que favorece a infiltração e a percolação das águas subterrâneas. No entanto, apesar de reconhecido como um excelente sistema aquífero, tanto em reservas hídricas quanto em produtividade dos poços, os dados relativos aos parâmetros petrofísicos (i.e., porosidade efetiva) são superestimados ou obtidos na literatura em valores de arenitos eólicos específicos (e.g., Gaspar & Campos, 2007).

A integração entre as informações dos perfis de raios gama (GR) e sônico (DT) é bem conhecida na geofísica de poço (Stieber, 1970; Raymer *et al.*, 1980; Jorgensen, 1989; Schlumberger, 1989; Nery, 1995). Entretanto, existem poucas relações quantitativas entre porosidade e permeabilidade (Winsauer *et al.*, 1952; Bear, 1972; Jorgensen, 1989). Dessa forma, o presente trabalho objetiva a determinação dos parâmetros petrofísicos (i.e., porosidade total, porosidade efetiva e permeabilidade intrínseca) das unidades litoestratigráficas no SAU Centro-Ocidental através da análise, interpretação e correlação de perfis geofísicos de poços. Os resultados alcançados devem subsidiar cálculos de reservas hídricas subterrâneas e contribuir para o desenvolvimento de políticas de gestão e uso das águas, visto que o SAU corresponde ao principal manancial subterrâneo que destina, através do escoamento de base, vazões significativas aos rios afluentes da margem esquerda do rio São Francisco.

## **2 Contexto Geológico e Hidrogeológico**

O Grupo Urucuia é uma unidade litoestratigráfica que compreende a sedimentação neocretácea da Bacia Sanfranciscana (Sgarbi, 1989). Em geral, possui maior distribuição em área, potencialidade hidrogeológica e espessura nas porções centro-setentrionais onde ocorre de forma contínua (Figura 1). Já nas porções meridionais apresenta um baixo potencial hidrogeológico e dispõe-se em afloramentos descontínuos e segmentados (Campos & Dardenne, 1999). O substrato regional dessa unidade, em grande parte, é composto pela sequência metapelito-carbonática do Grupo Bambuí, localmente pelo embasamento granito-gnáissico, na porção setentrional pelos sedimentos paleozoicos da Bacia do Parnaíba, além de outras unidades fanerozoicas da bacia Sanfranciscana (Sgarbi, 1989; Campos & Dardenne, 1997) (Figura 1).



**Figura 1** Mapa geológico do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Ocidental com a localização dos poços perfilados.

É subdividido em duas unidades litoestratigráficas: a inferior, Formação Posse, e a superior, Formação Serra das Araras (Campos & Dardenne, 1997, 1999). A superfície que as limita é erosiva e marca uma drástica mudança climática, flutuação do nível de base e mudanças no padrão de sedimentação (Spigolon & Alvarenga, 2002). Essas variações resultam em diferenças espaciais nas propriedades dos sedimentos (i.e., granulometria e grau de seleção), na história diagenética e, portanto, nos parâmetros petrofísicos.

A Formação Posse é constituída por arenitos muito finos a médios e bem selecionados. Apresenta estratificações cruzadas de grande porte, geralmente truncadas por estratificações horizontais e de baixo ângulo, típicas de lençóis arenosos e campo de dunas em um ambiente desértico (Campos & Dardenne, 1994, 1997, 1999; Spigolon & Alvarenga, 2002; Barbosa, 2016).

Já a Formação Serra das Araras é composta por ciclos de sedimentação superpostos de conglomerados, arenitos e argilitos, depositados em sequências fluviais entrelaçadas. Durante a sedimentação dessa unidade, um processo de infiltração mecânica das argilas ocorre nos sedimentos eólicos subjacentes (i.e., Formação Posse), e resulta na redução das condições permoporosas (Campos & Dardenne, 1999). Nessa unidade, ocorrem horizontes tabulares (de até 8 m de espessura) extensos e descontínuos de arenitos silificificados e fraturados que são verificados em várias posições estratigráficas (Campos & Dardenne, 1999; Barbosa *et al.*, 2017).

A área-fonte dos sedimentos do Grupo Urucuia é, provavelmente, a porção nordeste da Serra do Espinhaço Setentrional, o que é corroborado por dados estatísticos de paleocorrentes das estratificações cruzadas de grande porte, com orientação preferencial N240°- 250° (Campos & Dardenne, 1999; Barbosa, 2016). Nesse contexto, as principais modificações verificadas nas propriedades petrológicas, petrofísicas e hidrodinâmicas dos sedimentos ocorrem segundo o *trend* de ENE (área-fonte) para WSW (área-deposicional) (Barbosa *et al.*, 2017).

A bacia hidrogeológica é assimétrica devido à presença, no extremo ocidental, de um eixo divisor do fluxo subterrâneo de direção aproximada norte-sul. Essa feição proporciona uma rápida depleção da superfície potenciométrica e recarga das nascentes situadas nas quebras de relevo que as limitam (Gaspar, 2006; Gaspar & Campos, 2007; Barbosa *et al.*, 2014). Os diferentes tipos de aquíferos existentes apresentam porosidades intergranulares (i.e., unidades litoestratigráficas) e por fratura (i.e., silificação nos arenitos). Esse último, devido à baixa capacidade de armazenamento, atua provavelmente como aquitarde e segmenta as diferentes unidades aquíferas (Barbosa *et al.*, 2014; Barbosa *et al.*, 2017).

### 3 Métodos

Cinco perfis geofísicos de poços foram obtidos através do banco de dados da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB) (i.e., Barreiras–Aeroporto, Barreiras–Universo Verde, Luís Eduardo Magalhães–Sede, Correntina–Rosário) e da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado da Bahia (SRH–BA) (i.e., São Desidério–Perdizes) (Nascimento, 2002).

A operação de perfilagem e o processamento dos dados foram executados pela HYDROLOG Serviços de Perfilagem e as curvas produzidas pelo *software* HYDROLOG™. Os dados de profundidade (em metros), raios gama (GR, em unidades API) e sônico (DT, *µsec/ft*)

são apresentados através de arquivos digitais em formato LAS (*Log ASCII Standard*) e normalizados em padrão API (*American Petroleum Institute*).

A análise qualitativa dos perfis geofísicos possibilitou a determinação de eletrofácies que auxiliam na definição dos contatos, na interpretação litológica e na correlação entre os poços. Na análise quantitativa, as informações de tempo de trânsito das ondas sonoras (DT) e a contagem em unidades API dos raios gama (GR) são registros dos poços que possibilitam a obtenção dos valores de porosidade total ( $\phi$ ), porosidade efetiva ( $\phi_e$ ) e permeabilidade intrínseca ( $k$ ), os quais consideram o parâmetro argilidade e os efeitos da matriz.

Os valores das propriedades petrofísicas foram estabelecidos em intervalos de cinco metros de profundidade. Em cada intervalo, foi aplicado a sequência metodológica com: (i) a determinação da argilidade (VSH) obtida pelo cálculo do índice de argilidade (IGR) através da análise da curva GR e da aplicação da equação de Stieber (1970); (ii) cálculo da ( $\phi$ ) por intermédio da equação de Raymer *et al.*, (1980) que se baseia nos dados de tempo de trânsito de ondas acústicas (DT), e apresenta resultados satisfatórios para rochas friáveis, compactadas e que independe do fluido intersticial (Schlumberger, 1989; Cannon, 2016); (iii) a ( $\phi_e$ ), determinada através da relação empírica entre a ( $\phi$ ) e VSH (Schlumberger, 1989); e (iv) a ( $k$ ) obtida pela equação de Winsauer *et al.*, (1952) que depende da ( $\phi_e$ ) e do fator de cimentação ( $m$ ). Ao parâmetro ( $m$ ), são atribuídos valores de 1,8 e 2,0 para as Formações Posse e Serra das Araras, respectivamente (Assaad *et al.*, 2004; Nascimento & Lima, 2013) (Tabela 1).

Parâmetro	Equação	Autores
Argilidade (VSH)	Índice de argilidade: $IGR = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$ $VSH = \frac{IGR}{A - (A-1) \cdot IGR}$ A = 2, para rochas neocretáceas	Stieber (1970)
Porosidade total ( $\phi$ )	$\phi = C \cdot \left( \frac{\Delta t_{log} - \Delta t_{ma}}{\Delta t_{log}} \right); C \cong 0,625$	Raymer <i>et al.</i> , (1980)
Porosidade efetiva ( $\phi_e$ )	$\phi_e = \phi \cdot (1 - VSH)$	Schlumberger (1989)
Permeabilidade intrínseca ( $k$ )	$k = 1,828 \cdot 10^5 \cdot \left( \frac{\phi_e^{m+2}}{(1-\phi_e)^2} \right)^{1.10}$ m = 1,8 e 2,0; para as Formações Posse e Serra das Araras, respectivamente.	Winsauer <i>et al.</i> , (1952)

**Tabela 1** Equações características para determinação dos parâmetros argilidade (VSH), porosidade total ( $\phi$ ), porosidade efetiva ( $\phi_e$ ) e permeabilidade intrínseca ( $k$ ).

#### 4 Resultados e Discussões

A análise qualitativa dos perfis geofísicos possibilita a identificação das principais unidades litoestratigráficas, a saber: (i) substrato regional metapelito-carbonático do Grupo Bambuí; (ii) arenitos eólicos da Formação Posse e; (iii) arenitos fluviais da Formação Serra das Araras (Barbosa *et al.*, 2017). Por conseguinte, foram estabelecidos os parâmetros petrofísicos (i.e., VSH,  $\phi$ ,  $\phi_e$  e  $k$ ) para as diferentes unidades litoestratigráficas do Grupo Urucuia. Em síntese, esses parâmetros possuem uma estreita relação com os diferentes processos deposicionais ocorrentes durante a sedimentação das unidades litoestratigráficas.

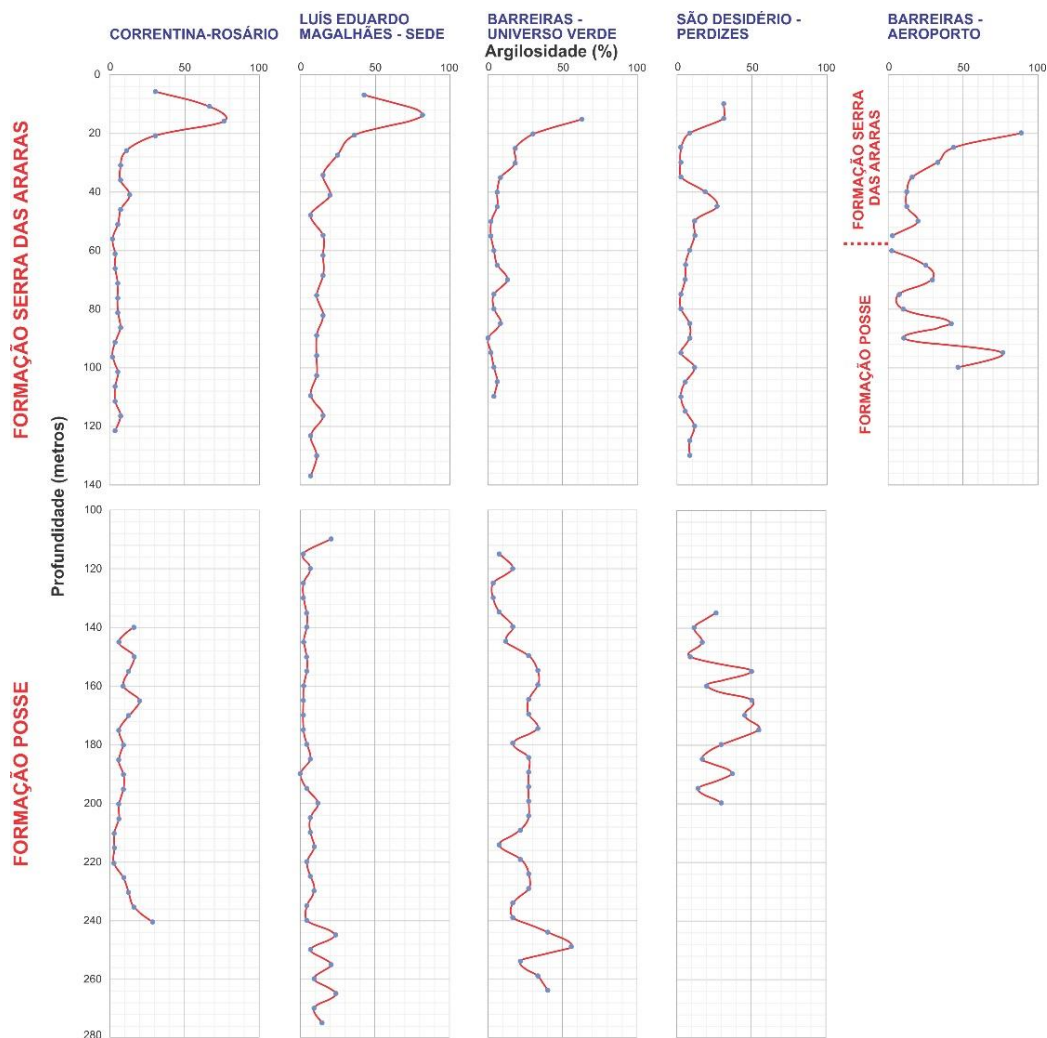
As variações observadas nos valores do parâmetro VSH (Tabela 2) estão relacionadas à profundidade (Figura 2) e à posição geográfica dos poços analisados (Figura 3). Em geral, as propriedades sedimentológicas variam segundo o *trend* de orientação das paleocorrentes (ENE-WSW). Em relação aos arenitos eólicos da Formação Posse, um aumento da argilosidade (VSH) com a profundidade é observado. Isso se deve a presença de material argiloso que atua como uma pseudomatriz, relacionado a um processo de infiltração mecânica (Campos & Dardenne, 1999).

Já a análise da Formação Serra das Araras demonstra que os maiores valores de VSH ocorrem em profundidades rasas, até 50 metros, relacionadas ao topo da sucessão de fácies fluviais (Barbosa, 2016). Em geral, os valores mais elevados ocorrem na porção oriental (ENE) e diminuem gradualmente em direção às porções ocidentais (WSW), conforme representado na Figura 3.

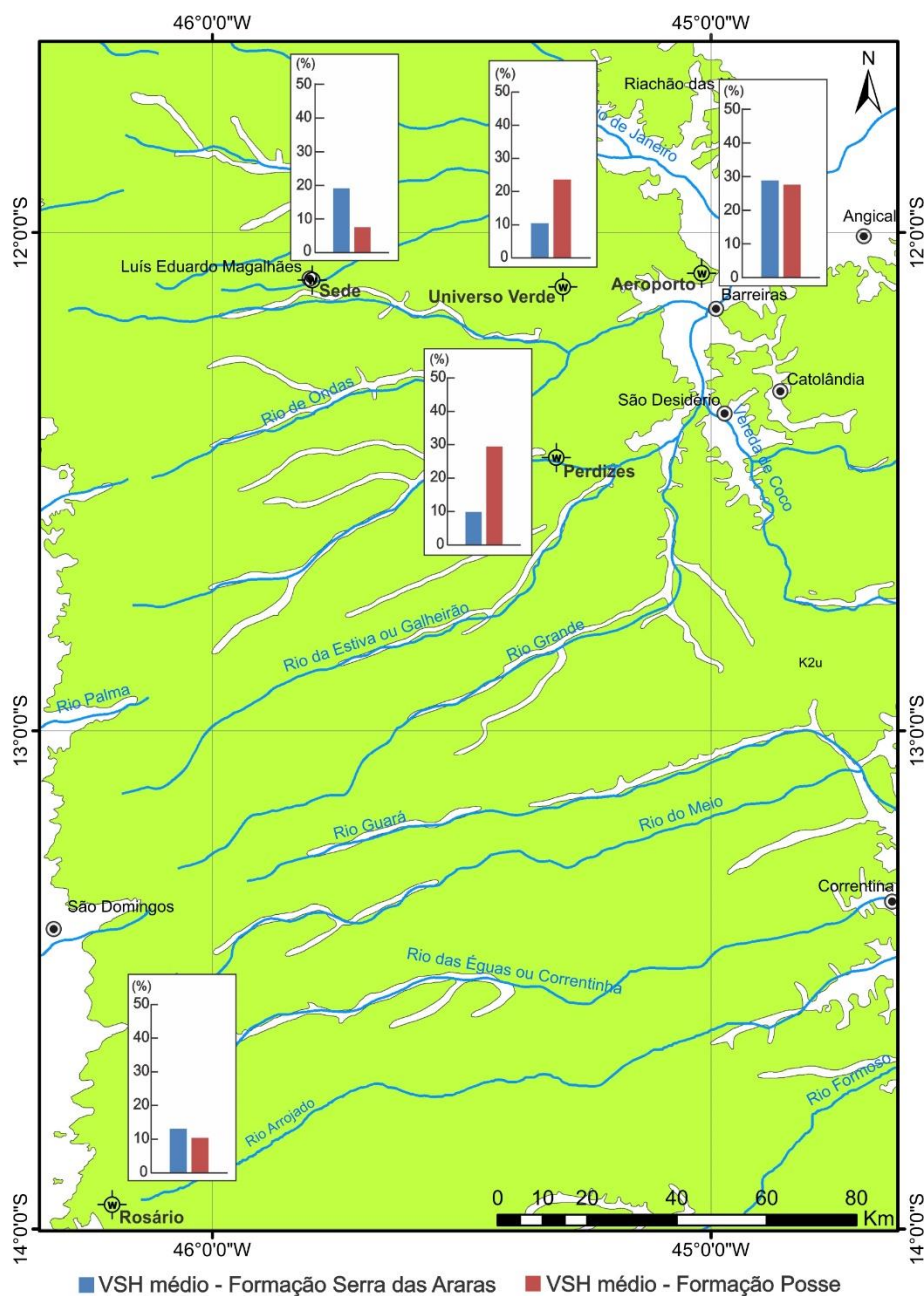
Poços	Formação Serra das Araras								
	VSH <sub>máx</sub> (%)	VSH <sub>min</sub> (%)	VSH <sub>média</sub> (%)	$\Phi$ <sub>máx</sub> (%)	$\Phi$ <sub>min</sub> (%)	$\Phi$ <sub>média</sub> (%)	$\Phi_e$ (máx) (%)	$\Phi_e$ (min) (%)	$\Phi_e$ (média) (%)
A	89,48	2,86	<b>28,85</b>	45,71	30,73	<b>42,98</b>	40,00	4,57	<b>30,29</b>
B	31,06	2,71	<b>9,90</b>	47,92	28,57	<b>35,23</b>	38,18	26,06	<b>31,57</b>
C	62,48	0,00	<b>10,44</b>	45,98	31,71	<b>39,11</b>	41,08	16,02	<b>34,77</b>
D	81,81	7,14	<b>19,13</b>	47,92	3,84	<b>33,18</b>	42,59	2,20	<b>26,61</b>
E	76,48	1,69	<b>13,10</b>	45,85	27,37	<b>42,19</b>	44,13	10,78	<b>36,57</b>
Poços	Formação Posse								
	VSH <sub>máx</sub> (%)	VSH <sub>min</sub> (%)	VSH <sub>média</sub> (%)	$\Phi$ <sub>máx</sub> (%)	$\Phi$ <sub>min</sub> (%)	$\Phi$ <sub>média</sub> (%)	$\Phi_e$ (máx) (%)	$\Phi_e$ (min) (%)	$\Phi_e$ (média) (%)
A	75,99	2,32	<b>27,62</b>	40,63	34,32	<b>37,96</b>	36,93	9,61	<b>27,13</b>
B	54,84	9,08	<b>29,46</b>	41,45	32,18	<b>35,87</b>	34,92	15,32	<b>25,38</b>
C	55,57	3,69	<b>23,62</b>	37,18	26,09	<b>32,28</b>	31,68	14,09	<b>24,58</b>
D	24,32	0,00	<b>7,55</b>	39,88	18,39	<b>32,38</b>	34,93	17,98	<b>29,57</b>
E	28,56	2,84	<b>10,37</b>	37,18	30,73	<b>33,89</b>	34,81	25,60	<b>30,36</b>

Onde: A: Barreiras – Aeroporto; B: São Desidério – Perdizes; C: Barreiras – Universo Verde; D: Luís Eduardo Magalhães – Sede; E: Correntina – Rosário.

**Tabela 2** Valores máximos, mínimos e médios dos parâmetros petrofísicos das unidades litoestratigráficas do Grupo Urucuia.



**Figura 2** Relação da argilosidade e a profundidade nos poços que atravessam as rochas das Formações Serra das Araras e Posse.

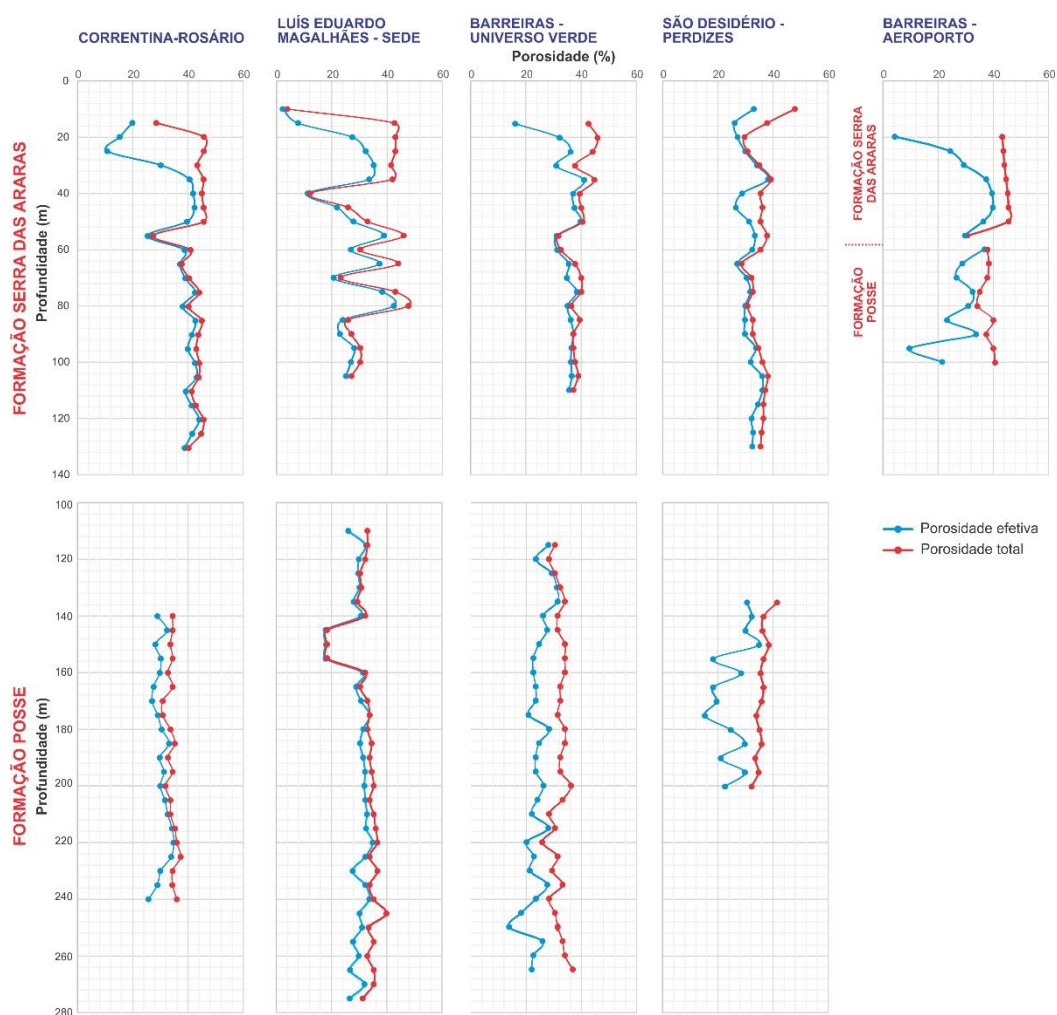


**Figura 3** Mapa de distribuição espacial da argilosidade (VSH) dos poços.

As argilas intersticiais interferem diretamente nos resultados obtidos da porosidade e permeabilidade (Graton & Fraser, 1935; Krumbein & Monk, 1943). Na Tabela 2 e Figura 4 estão representados os valores percentuais da porosidade total e efetiva e a variação desses parâmetros com a profundidade, respectivamente. Nelas, a Formação Posse apresenta porosidade total que varia de 18,39% a 41,45%. Já a Formação Serra das Araras possui maiores variações, com valores entre 3,84% e 47,92%. De modo geral, os valores obtidos são condizentes com os



contextos deposicionais e diagenéticos das rochas associados a ambientes eólicos e fluviais entrelaçados, respectivamente. Dessa forma, a porosidade total das rochas da Formação Posse possui uma menor variação percentual devido a características como relativa uniformidade litológica, elevado grau de seleção e das condições de maturidade textural e mineralógica dos sedimentos eólicos. Para a Formação Serra das Araras, a porosidade total possui maiores variações devido a diversidade de processos sedimentares e diagenéticos atuantes nos ambientes fluviais entrelaçados tendo como consequência a ocorrência de uma maior variabilidade litológica e das condições permoporosas (e.g., conglomerados, níveis argilosos/siltosos, arenitos moderadamente selecionados e horizontes de arenitos silicificados e fraturados) (Barbosa, 2016).



**Figura 4** Relação entre a porosidade total e efetiva e a profundidade nos poços que atravessam as rochas das Formações Serra das Araras e Posse.

A porosidade efetiva para as Formações Posse e Serra das Araras varia de 9,61% a 36,93% e entre 2,20% até 44,13%, respectivamente (Tabela 2). A relação gráfica, na Figura 4, expõe as variações desse parâmetro em relação a profundidade. Igualmente, apesar de apresentar valores elevados nos parâmetros petrofísicos supracitados, a presença de argilas intersticiais como uma pseudomatriz relacionada a processos de infiltração mecânica e a cimentação por óxidos/hidróxidos de ferro nas rochas da Formação Posse, conduz a obliterações parciais dos espaços porosos e uma menor variação percentual entre os valores máximos e mínimos. As maiores variações são observadas nas rochas da Formação Serra das Araras e se devem a presença de horizontes de rochas bastante cimentados e níveis argilosos (Figura 4) (i.e., porosidades totais e efetivas da ordem de 3,84% e 2,20%, respectivamente) e rochas permoporosas (i.e., de 47,92% e 42,59%, respectivamente).

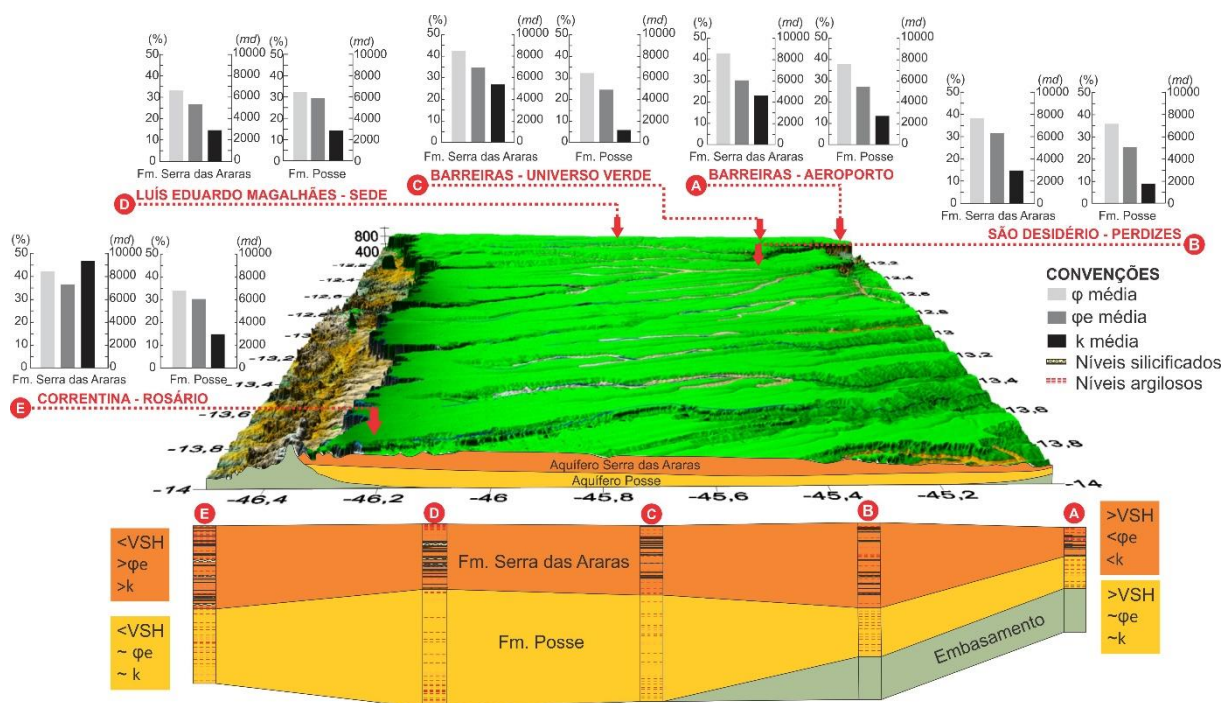
Poços	Unid.	Formação Serra das Araras			Formação Posse		
		$k_{\max}$	$k_{\min}$	$k_{\text{médio}}$	$k_{\max}$	$k_{\min}$	$k_{\text{médio}}$
Barreiras – Aeroporto	m <sup>2</sup>	9,85.10 <sup>-12</sup>	2,54.10 <sup>-16</sup>	<b>4,56.10<sup>-12</sup></b>	7,73.10 <sup>-12</sup>	1,26.10 <sup>-14</sup>	<b>2,69.10<sup>-12</sup></b>
	md	9976,08	0,26	<b>4620,57</b>	7834,49	12,79	<b>2724,18</b>
São Desidério – Perdizes	m <sup>2</sup>	7,52.10 <sup>-12</sup>	9,45.10 <sup>-13</sup>	<b>2,92.10<sup>-12</sup></b>	5,71.10 <sup>-12</sup>	1,02.10 <sup>-13</sup>	<b>1,76.10<sup>-12</sup></b>
	md	7616,76	957,48	<b>2958,36</b>	5783,56	103,46	<b>1785,92</b>
Barreiras – Universo Verde	m <sup>2</sup>	1,15.10 <sup>-11</sup>	8,40.10 <sup>-14</sup>	<b>5,31.10<sup>-12</sup></b>	3,42.10 <sup>-12</sup>	6,98.10 <sup>-14</sup>	<b>1,16.10<sup>-12</sup></b>
	md	11680,33	85,09	<b>5381,69</b>	3463,29	70,68	<b>1177,91</b>
Luís Eduardo Magalhães – Sede	m <sup>2</sup>	1,43.10 <sup>-11</sup>	9,59.10 <sup>-18</sup>	<b>2,88.10<sup>-12</sup></b>	5,72.10 <sup>-12</sup>	2,14.10 <sup>-13</sup>	<b>2,81.10<sup>-12</sup></b>
	md	14494,99	0,01	<b>2914,44</b>	5791,87	216,81	<b>2848,66</b>
Correntina – Rosário	m <sup>2</sup>	1,78.10 <sup>-11</sup>	1,29.10 <sup>-14</sup>	<b>9,25.10<sup>-12</sup></b>	5,61.10 <sup>-12</sup>	1,16.10 <sup>-12</sup>	<b>2,94.10<sup>-12</sup></b>
	md	17993,50	13,03	<b>9375,40</b>	5688,14	1176,69	<b>2977,46</b>

**Tabela 3** Valores máximos, mínimos e médios das permeabilidades, em m<sup>2</sup> e *millidarcy* (md), para os poços estudados e unidades litoestratigráficas do Grupo Urucua

A permeabilidade intrínseca ( $k$ ) é obtida através dos parâmetros porosidade efetiva e de um fator de cimentação determinado empiricamente. Os valores máximos, mínimos e médios, em m<sup>2</sup> e em *millidarcy*, para as unidades litoestratigráficas estudadas, estão relacionados na Tabela 3. A Formação Posse apresenta valores de  $k$  entre 7,73.10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup> (7834,49 *millidarcies*), para as unidades rochosas permeáveis e, 1,26.10<sup>-13</sup> m<sup>2</sup> (12,79 *millidarcies*), para as semipermeáveis, segundo a classificação de reservatórios de Bear (1972). Em geral, essa unidade apresenta pequenas variações nos valores da permeabilidade média ao longo da área de abrangência do Grupo Urucua (Tabela 3 e Figura 5), reflexo do excelente grau de seleção (i.e., areias muito finas e médias), da uniformidade litológica, da elevada condição de maturidade textural e mineralógica dos sedimentos eólicos. Para a Formação Serra das Araras são verificadas maiores variações de

permeabilidade, desde valores de  $1,78 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$  (17.993,50 *millidarcies*) até valores de  $9,59 \cdot 10^{-18} \text{ m}^2$  (0,01 *millidarcies*). Em geral, a maior variação verificada nessa unidade está relacionada a ação de um conjunto de processos sedimentares durante a deposição e diagênese dos sedimentos (e.g., fluxo de detritos, tração, suspensão e silicificação) que resultaram em um depósito moderadamente selecionado.

No modelo apresentado na Figura 5 verifica-se que as maiores espessuras dos níveis silicificados estão associadas à porção central da bacia hidrogeológica (e.g., poço Luís Eduardo Magalhães – Sede), situação onde provavelmente o Grupo Urucuia apresenta uma maior espessura. Já os poços situados no extremo leste da área de estudo (e.g., Barreiras – Aeroporto) possuem uma maior variação litológica e, conseqüentemente, nos parâmetros petrofísicos, enquanto que àqueles situados mais à oeste (e.g, Luís Eduardo Magalhaes – Sede e Correntina – Rosário) possuem uma maior uniformidade nos parâmetros petrofísicos.



**Figura 5** Seção hidroestratigráfica regional com as variações médias espaciais dos parâmetros petrofísicos (porosidade total e efetiva e permeabilidade) das unidades litoestratigráficas do Grupo Urucuia.

## 5 Conclusões

O Grupo Urucuia corresponde a uma associação de unidades hidroestratigráficas inter-relacionadas e individualizadas por propriedades petrofísicas contrastantes. Em geral, dados de

paleocorrentes indicam que as variações litológicas e as modificações no padrão de sedimentação ocorrem de ENE para WSW.

Desse modo, em conformidade com essa orientação (i.e., ENE para WSW) ocorrem as seguintes modificações nos parâmetros petrofísicos: (i) aumento nos valores de  $VSH_{\text{médio}}$  e, conseqüentemente, uma diminuição na porosidade total ( $\phi$ ) nas porções ocidentais devido a um processo de infiltração mecânica das argilas, que funcionam como uma pseudomatriz dos arenitos eólicos da Formação Posse, fato observado pelo aumento da VSH com a profundidade dos poços analisados; (ii) para a Formação Serra das Araras ocorre uma tendência de diminuição no VSH, segundo essa orientação, devido a uma maior variação no regime e carga de fluxos sedimentares. Em profundidade apresentam uma diminuição no VSH devido à perda dos sedimentos finos por infiltração mecânica para a Formação Posse subjacente. Já quanto a porosidade total ( $\phi$ ), na porção central da bacia hidrogeológica ocorre uma diminuição significativa nos valores médios desse parâmetro devido a uma maior frequência de níveis silicificados e fraturados que representam aquitardes e segmentam o sistema aquífero.

A porosidade efetiva ( $\phi_e$ ) e a permeabilidade ( $k$ ) são os principais parâmetros petrofísicos relacionados a capacidade de fluidez da água através do meio poroso. Quanto a esses parâmetros a Formação Posse possui uma tendência de aumento nas porções ocidentais devido a um maior grau de seleção das partículas do arcabouço associado a uma redução do parâmetro argilosidade. Já para a Formação Serra das Araras têm-se uma propensão a diminuição em direção à porção central e oriental da bacia hidrogeológica devido a uma maior ocorrência de níveis silicificados e da presença de uma maior variabilidade de litotipos, respectivamente. De modo geral, os parâmetros petrofísicos obtidos se relacionam a dois importantes reservatórios que compõem o Sistema Aquífero Urucuia – Aquífero Posse e Aquífero Serra das Araras – permoporosos, contíguos e segmentados por níveis/horizontes silicificados que funcionam como aquitardes e, provavelmente, conferem uma conexão hidráulica, na forma de uma drenança vertical, entre as unidades litoestratigráficas.

## **6 Agradecimentos**

Os autores agradecem à CERB e à HYDROLOG Serviços de Perfilagem pela disponibilização e autorização de uso dos perfis geofísicos de poços; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo auxílio financeiro; e à Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES através da manutenção do portal de periódicos – Código de Financiamento 001.

## 7 Referências

- Assaad, F.A.; Lamoreaux, P.E. & Hughes, T.H. 2004. *Field Methods for Geologist and Hydrogeologist*. 1ª. ed. New York, Springer, 404p.
- Barbosa, N.S. 2016. *Hidrogeologia do Sistema Aquífero Urucuia, Bahia*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Tese de Doutorado, 170p.
- Barbosa, N.S.; Leal, L.R.B.; Mello, J.C.; Peixinho, M.A.L.; Santos, C.B.; Santos, R.L.S. & Barbosa, N.S. 2017. Modelo Hidrogeológico Conceitual do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Ocidental, Brasil. *Águas Subterrâneas*, 31:1-19.  
<http://dx.doi.org/10.14295/ras.v31i1.28524>.
- Barbosa, N.S.; Leal, L.R.B.; Santos, R.L.S. & Mello, J.C. 2014. Caracterização Hidro-Litoestratigráfica do Sistema Aquífero Urucuia com base em Perfis Geofísicos de Poços. *In: SUPLEMENTO - XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS*, 2014, Resumos expandidos, Belo Horizonte. p.18.
- Bear, J. 1972. *Dynamics of Fluids in Porous Materials*. New York, Elsevier, 784p.
- Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1994. Carta estratigráfica da Bacia Sanfranciscana. *In: 38º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 1994, Balneário Camboriú-SC, p.50-51.
- Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1997. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(3): 269-282.
- Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1999. Distribuição, estratigrafia e sistemas deposicionais do grupo Urucuia-Cretáceo Superior da bacia Sanfranciscana. *Geociências*, 18(2): 481-499.
- Cannon, S. 2016. *Petrophysics: a Practical Guide*. 1. ed. Iowa: Wiley Blackwell., v.1, 201p.
- Gaspar, M.T.P. 2006. *Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 204p.
- Gaspar, M.T.P. & Campos, J.E.G. 2007. O Sistema Aquífero Urucuia. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(4): 216-226.

- Graton, L.C. & Fraser, H.J. 1935. Systematic Packing of Spheres: With Particular Relation to Porosity and Permeability. *The Journal of Geology*, 43: 785–909.
- Jorgensen, D.G. 1989. Using Geophysical Logs to estimate porosity, water resistivity and intrinsic permeability. *United State Geological Survey Water-Supply Paper 2321*, 30p.
- Krumbein, W.C. & Monk, G.D. 1943. Permeability as a function of the size parameters of sedimentary particles. *American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, p. 153-163.
- Nascimento, K.R.F. 2002. *Aspectos Hidrogeoquímicos e Qualidade das Águas Subterrâneas e Superficiais da Sub-bacia do Rio das Fêmeas*. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Salvador-BA, 21p.
- Nascimento, K.R.F. & Lima, O.A.L. 2013. Cálculo de parâmetros hidráulicos do Aquífero Urucuia utilizando dados geoeletricos. *In: 13<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY*, 2013. Resumo expandido, Rio de Janeiro, p.6.
- Nery, G.G. 1995. Perspectivas da perfilagem geofísica de poços na Hidrogeologia. *In: ÁGUAS SUBTERRÂNEAS-SUPLEMENTO - IX ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS*, 1995. São Paulo, 8p.
- Raymer, L.L.; Hunt, E.R. & Gardner, J.S. 1980. An improved sonic transit time-to-porosity transform: Transactions of the Society of Professional Well Log Analysts. *21<sup>st</sup> Annual Logging Symposium*. 12p.
- Schlumberger. 1989. *Log Interpretation Principles/Applications*. Houston, Schlumberger Educational Services, 203p.
- Sgarbi, G.N.C. 1989. *Geologia da Formação Areado. Cretáceo Inferior a Médio da Bacia Sanfranciscana, Oeste do Estado de Minas Gerais*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 324p.
- Spigolon, A.L.D. & Alvarenga, C.J.S. 2002. Fácies e Elementos Arquiteturais resultantes de Mudanças Climáticas em um Ambiente Desértico: Grupo Urucuia (Neocretáceo), Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4): 579-586.
- Stieber, S.J. 1970. Pulsed neutron capture log evaluation in the louisiana gulf coast. *SPE Annual Meeting*, Houston, Texas. <https://doi.org/10.2118/2961-MS>.

Winsauer, W.O.; Sherarin, H.M.; Masson, P.H. & Williams, M. 1952. Resistivity of brine-saturated sands in relation to pore geometries. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 36:253-277. doi: 10.1306/3d9343f4-16b1-11d7-8645000102c1865d.

**CAPÍTULO 3**

**ARTIGO 2 – DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS  
PETROFÍSICOS E HIDRODINÂMICOS DO SISTEMA  
AQUÍFERO URUCUIA CENTRO-OCIDENTAL ATRAVÉS DA  
ANÁLISE DE CLASSES GRANULOMÉTRICAS**

---

**Determinação dos Parâmetros Petrofísicos e Hidrodinâmicos do Sistema Aquífero Urucua Centro-Ocidental através da Análise de Classes Granulométricas**

Determination of Petrophysical and Hydrodynamic Parameters of the Central-Western Urucua Aquifer System through the Grain-size Analysis

Rafael Lima dos Santos Santos<sup>1</sup>; Natanael da Silva Barbosa<sup>1</sup>; Thiago Winicios Alves Araújo<sup>2</sup> & Cristovaldo Bispo dos Santos<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia, Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente, Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Ondina, 40170-290, Salvador, BA, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação Latu Sensu em Geologia de Minas e Técnicas de Lavra à Céu Aberto, Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, 66075-110, Belém, PA, Brasil

<sup>3</sup> *Geological Survey of Brazil*, Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas, Av. Ulysses Guimarães, 2862, Sussuarana, 41213-000, Salvador, BA, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Departamento de Geofísica, Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Ondina, 40170-290, Salvador, BA, Brasil



E-mails: rafael\_iss@hotmail.com; ndbarbosa@ufba.br; thyagowinicios@gmail.com; bispo@ufba.br

## Resumo

As propriedades petrofísicas e hidrodinâmicas caracterizam o armazenamento, fluxo e transporte de águas subterrâneas nos aquíferos. Diferentes métodos (i.e., análise quantitativa de perfis geofísicos, modelos analíticos aplicados a teste de bombeamento, minipermeâmetro, porosimetria por injeção de mercúrio) determinam a porosidade, permeabilidade e condutividade hidráulica. Contudo, as análises granulométricas apresentam resultados eficazes, de rápida determinação e independentes da geometria e dos limites hidráulicos do aquífero. Elas consistem na aplicação de equações empíricas a dados sedimentológicos (i.e., diâmetros do tamanho do grão). Foram, então, aplicadas a doze amostras de sedimentos do Grupo Urucuia. Este é subdividido em duas unidades litoestratigráficas: (i) Formação Posse, composta de arenito eólicos de ambiente desértico; e (ii) Formação Serra das Araras, associada a ciclos de sobreposição de conglomerados, arenitos e siltitos/argilitos oriundos de ambiente fluvial entrelaçado. Estas unidades inter-relacionadas compõem o Sistema Aquífero Urucuia (SAU), constituído por dois Aquíferos: (i) Posse, caracterizado por porosidades intergranulares e, (ii) Serra das Araras, por porosidades intergranulares e, localmente, fissurais, que representam aquitardes silicificados e segmentam o SAU. Os resultados indicam que a porosidade determinada pelas equações de Wang *et al.*, (2017) e da regressão exponencial  $\varphi_w$  são consistentes e ratificam os valores obtidos na literatura. Já as equações de Vukovic & Soro (1992) e regressão exponencial  $\varphi_{vs}$  superestimam a porosidade do Grupo Urucuia. A permeabilidade (k) e condutividade hidráulica (K) são válidas em conformidade às características dos sedimentos analisados (i.e., areias finas a médias, moderadamente selecionadas e coeficiente de uniformidade menor que 1) na aplicação das equações: (i) Slitcher; (ii) *United State Bureau of Reclamation* (USBR); (iii) Kozeny-Carman e (iv) Hazen. Respectivamente, k para a primeira equação na ordem de  $10^{-12}$  a  $10^{-9}$  m<sup>2</sup> e K entre de  $10^{-5}$  a  $10^{-2}$  m/s; a segunda com k entre de  $10^{-11}$  a  $10^{-10}$  m<sup>2</sup> e K entorno de  $10^{-4}$  a  $10^{-3}$  m/s; e as duas últimas k de  $10^{-10}$  a  $10^{-9}$  m<sup>2</sup> e de K entre  $10^{-3}$  e  $10^{-2}$  m/s. Já as equações de Beyer e Terzaghi não podem ser consideradas para a obtenção de k e K pois superestimam os resultados.

**Palavras-chave:** Coeficiente de Uniformidade; Diâmetros de tamanho de grãos; Petrofábrica dos grãos

## Abstract

Petrophysical and hydrodynamic properties characterize the storage, flow and transport of groundwater in aquifers. Different methods (i.e., quantitative analysis of geophysical logs, analytical models applied to pump test, mini-permeameter, mercury injection porosimetry) determine the porosity, permeability and hydraulic conductivity. However, grain-size analyzes provide effective results, which are quickly determined and are independent of the geometry and hydraulic limits of the aquifer. They consist of applying empirical equations to sedimentological data (i.e., grain-size diameters). They were then applied to twelve sediment samples from the Urucuia Group. This is subdivided into two lithostratigraphic units: (i) Posse Formation, composed of aeolian sandstone from a desert environment; and (ii) Serra das Araras Formation, associated with overlapping cycles of conglomerates, sandstones and siltstones/claystones from an braided fluvial environment. These interrelated units comprise the Urucuia Aquifer System (UAS), consisting of two Aquifers: (i) Posse, characterized by intergranular porosities and, (ii) Serra das Araras, by intergranular porosities and, locally, fissures, which represent silicified aquitars and segment the UAS. The results indicate that the porosity determined by the equations of Wang et al., (2017) and the exponential regression  $\varphi_w$  are consistent and confirm the values obtained in the literature. The equations of Vukovic & Soro (1992) and exponential regression  $\varphi_{vs}$  overestimate the porosity of the Urucuia Group. The permeability (k) and hydraulic conductivity (K) are valid according to the characteristics of the analyzed sediments (i.e., fine to medium sands, moderately selected and uniformity coefficient less than 1) in the application of the equations: (i) Slitcher; (ii) United State Bureau of Reclamation (USBR); (iii) Kozeny-Carman and (iv) Hazen. Respectively, k for the first equation in the order of  $10^{-12}$  to  $10^{-9}$  m<sup>2</sup> and K between  $10^{-5}$  to  $10^{-2}$  m/s; the second with k between  $10^{-11}$  to  $10^{-10}$  m<sup>2</sup> and K around  $10^{-4}$  to  $10^{-3}$  m/s; and the last two k from  $10^{-10}$  to  $10^{-9}$  m<sup>2</sup> and from K between  $10^{-3}$  and  $10^{-2}$  m/s. The Beyer and Terzaghi equations cannot be considered to obtain k and K because they overestimate the results.

**Keywords:** Uniformity coefficient; Grain-size diameters; Grain petrofabric

## 1 Introdução

As propriedades petrofísicas (i.e., porosidade e permeabilidade) e hidrodinâmicas (i.e., condutividade hidráulica) controlam o armazenamento, o fluxo e o transporte de águas subterrâneas nos aquíferos. Conceitualmente, a porosidade está relacionada aos espaços vazios e armazenamento de fluidos na rocha; a permeabilidade tem relação com a capacidade litológica de transmissão e fluxo da água; e a condutividade hidráulica se refere à facilidade com que um fluido percorre o meio rochoso, que depende da distribuição e petrofábrica dos grãos e das características do fluido intersticial.

Em geral, são propriedades utilizadas na determinação de reservas hídricas e modelos de fluxo de águas subterrâneas. Existe uma extensa literatura de pesquisa a respeito de relações empíricas entre a distribuição granulométrica e a estimativa dos parâmetros petrofísicos e da condutividade hidráulica (Hazen, 1911; Terzaghi, 1925; Kozeny, 1927; Carman, 1937; Hubbert, 1940; Krumbein & Monk, 1943; Morrow *et al.*, 1969; Berg, 1970; Uma *et al.*, 1989; Vukovic & Soro, 1992; Alyamani & Sen, 1993; Kolterman & Gorelick, 1995; Barr, 2001).

Dentre os métodos que podem ser utilizados na determinação dos parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos, destacam-se: (i) análise quantitativa de perfis geofísicos (Farrag *et al.*, 2018; Santos & Barbosa, 2020); (ii) modelos analíticos relacionados a testes de bombeamento de poços (Wilkinson, 2012); (iii) minipermeâmetro (Dinwiddie, 2005); (iv) análises granulométricas de sedimentos (Odong, 2008; Rosas *et al.*, 2014; Oborie *et al.*, 2018); e (v) a porosimetria por injeção de mercúrio (Mukhopadhyay *et al.*, 2004; Cranganu *et al.*, 2009). Este último, consiste em um método eficiente e preciso aplicado a núcleos de sondagem. Contudo, na determinação dos parâmetros é um método lento, de custo elevado, portanto de difícil aplicação em aquíferos.

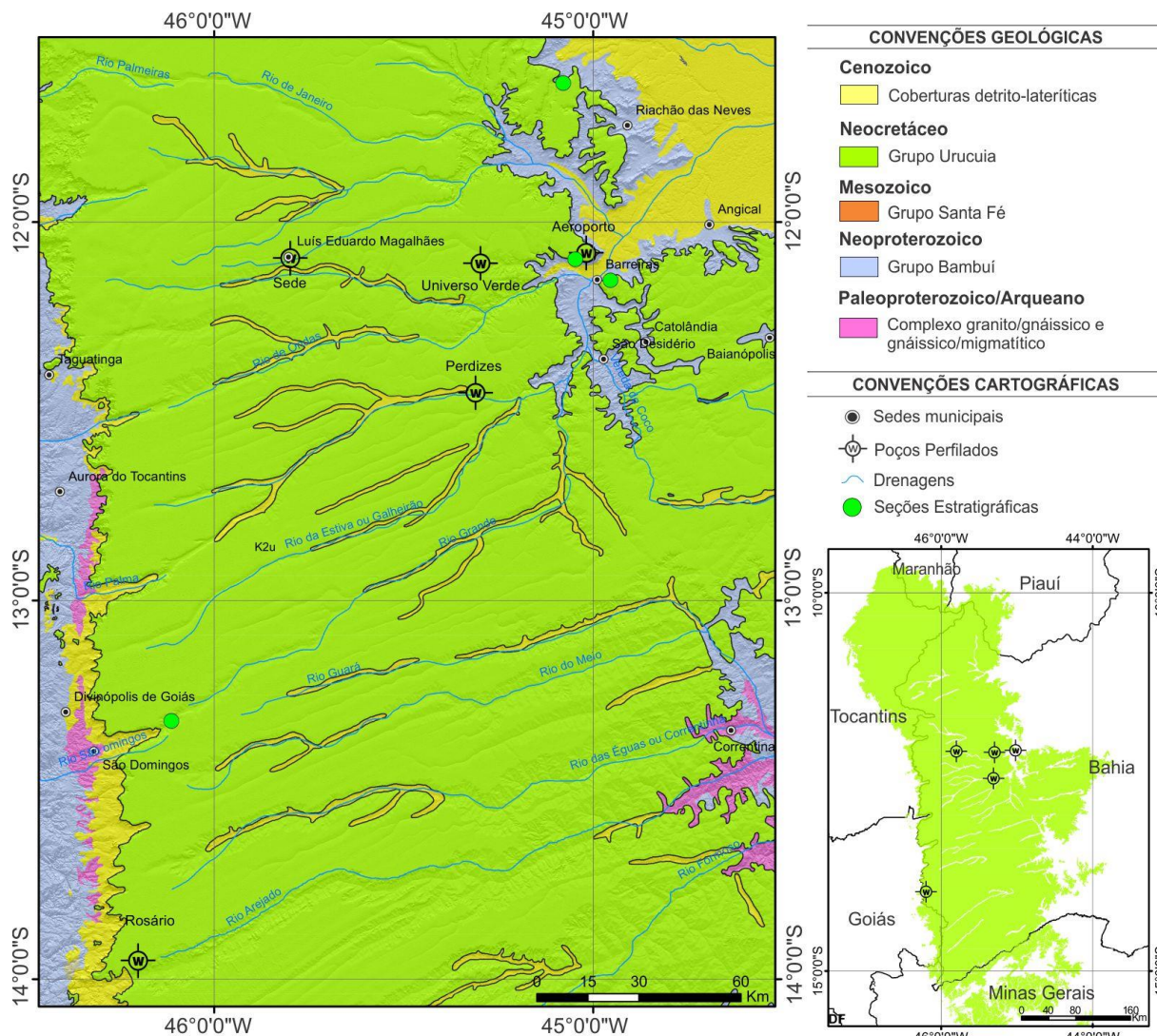
Os métodos relacionados a distribuição de tamanho de grão são eficazes, de rápida determinação, de custos acessíveis e sem vínculos com a geometria e os limites hidráulicos do aquífero (Oborie *et al.*, 2018). Assim, as equações empíricas com base nas características de distribuição de tamanho dos grãos foram determinadas por diversos pesquisadores (Hazen, 1892; Kozeny, 1927; Carman, 1937; Carman, 1956; Terzaghi, 1964; Shepherd, 1989; Alyamani & Sen, 1993; Kozeny, 1953; Wang *et al.*, 2017).

A área de estudo compreende predominantemente a arenitos permoporosos que correspondem aos aquíferos Posse e Serra das Araras, ambos inter-relacionados ao Sistema Aquífero Urucua (SAU) (Gaspar & Campos, 2007; Santos & Barbosa, 2020). Nesse contexto, o objetivo da pesquisa é a determinação da porosidade, da permeabilidade e da condutividade hidráulica através de equações empíricas obtidas das análises granulométricas dos sedimentos. Os resultados contribuirão para o aprimoramento do modelo hidrogeológico conceitual do SAU, o auxílio em cálculos de reservas hídricas e modelos de fluxo de águas subterrâneas com intuito de permitir as melhores práticas para gestão hídrica subterrânea efetiva visto que o SAU é o principal mantenedor do abastecimento de água para o desenvolvimento econômico local.

## **2 Contexto Geológico e Hidrogeológico**

O Grupo Urucua é uma unidade litoestratigráfica neocretácea constituída por rochas siliciclásticas eólicas e fluviais inseridas no contexto geológico da bacia Sanfranciscana (Sgarbi, 1989). Apresenta, em sua porção centro-setentrional (Figura 1), uma maior espessura da pilha sedimentar, distribuição e continuidade de rochas que se relaciona ao seu elevado potencial hidrogeológico (Campos & Dardenne, 1999).

De um modo geral, apresenta como substrato regional a sequência metapelito-carbonática do Grupo Bambuí, localmente pelo embasamento granito-gnáissico, na porção setentrional pelos sedimentos paleozoicos da Bacia do Parnaíba, além de outras unidades fanerozoicas (i.e., Grupo Santa Fé) da Bacia Sanfranciscana (Sgarbi, 1989; Campos & Dardenne, 1997) (Figura 1).



**Figura 1** Mapa geológico do Sistema Aquífero Urucua Centro-Ocidental com a localização das seções estratigráficas de campo e dos poços perfilados analisados em estudos anteriores (modificado de Santos & Barbosa (2020)).

Provavelmente, a área-fonte dos sedimentos do Grupo Urucua é a porção nordeste da Serra do Espinhaço Setentrional, corroborado por dados estatísticos de paleocorrentes das estratificações cruzadas de grande porte, com orientação preferencial N240°-250° (Campos & Dardenne, 1999; Barbosa, 2016). Nesse contexto, as principais modificações verificadas nas propriedades petrológicas, petrofísicas e hidrodinâmicas dos sedimentos ocorrem segundo o *trend* de ENE (área-fonte) para WSW (área-deposicional) (Barbosa *et al.*, 2017).

O Grupo Urucuia é subdividido em duas unidades litoestratigráficas formais: a inferior, Formação Posse; e a superior, Formação Serra das Araras (Campos & Dardenne, 1997, 1999). Elas são limitadas por uma superfície erosiva que marca mudanças no padrão de sedimentação de um ambiente desértico para um ambiente fluvial entrelaçado (Spigolon & Alvarenga, 2002). Essas variações resultam em diferenças espaciais nas propriedades dos sedimentos (i.e., granulometria e grau de seleção, maturidade) e nos parâmetros petrofísicos (i.e., porosidade e permeabilidade) e hidrodinâmicos (i.e., condutividade hidráulica).

A Formação Posse é constituída por arenitos muito finos a médios e bem selecionados, com estratificações cruzadas de grande porte, geralmente truncados por estratificações horizontais e de baixo ângulo, relacionados a lençóis arenosos e campo de dunas em um ambiente desértico (Campos & Dardenne, 1994, 1997, 1999; Spigolon & Alvarenga, 2002; Barbosa, 2016).

Já a Formação Serra das Araras é caracterizada por ciclos de sedimentação superpostos de conglomerados, arenitos e siltitos/argilitos em sistemas fluviais entrelaçados. Durante a sedimentação, um processo de infiltração mecânica das argilas ocorre sobre os sedimentos eólicos subjacentes (i.e., Formação Posse), que resulta na redução das condições permoporosas e hidrodinâmicas (Campos & Dardenne, 1999). Ademais, horizontes tabulares de arenitos silicificados e fraturados (de até 8 metros de espessura), extensos e descontínuos, são verificados em várias posições estratigráficas (Campos & Dardenne, 1999; Barbosa *et al.*, 2017).

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) é um conjunto de unidades hidrogeológicas (i.e., Aquíferos Posse e Serra das Araras) que correspondem estritamente às unidades litoestratigráficas do Grupo Urucuia (i.e., Formações Posse e Serra das Araras) (Gaspar & Campos, 2007; Santos & Barbosa, 2020). São caracterizados pela presença de porosidades intergranulares (i.e., Formações Posse e Serra das Araras) e, localmente, fissurais (i.e., arenitos silicificados da Formação Serra das Araras). Esse último, segmentam as unidades aquíferas e correspondem a barreiras hidráulicas ao fluxo hídrico subsuperficial (Barbosa *et al.*, 2014; Barbosa *et al.*, 2017; Santos & Barbosa, 2020). A bacia hidrogeológica é assimétrica devido à presença, no extremo ocidental, de um eixo divisor do fluxo subterrâneo de direção aproximadamente norte-sul, que proporciona uma rápida depleção da superfície potenciométrica e recarga das nascentes situadas nas quebras de relevo que as limitam (Gaspar, 2006; Gaspar & Campos, 2007; Barbosa *et al.*, 2014).

### 3 Métodos

Um total de doze amostras oriundas de dois sistemas deposicionais que compõem o Grupo Urucuaia foram analisadas nesta pesquisa. As amostras incluem sedimentos siliciclásticos originados de dunas eólicas de um ambiente desértico e de rios efêmeros, coletados em levantamentos de campo para identificação de litofácies e sua litocorrelação com perfis geofísicos de poços (Barbosa *et al.*, 2017; Santos & Barbosa, 2020).

As características de tamanho de grão de cada amostra foram determinadas com aplicação da técnica de peneiramento (Tanner & Balsillie, 1995). Inicialmente, o peso total de cada amostra foi definido por uma balança com precisão de 0,01 grama. Posteriormente, um agitador vibratório foi o responsável pelo peneiramento, com tempo de vibração definido em dez minutos para cada amostra. Os pesos amostrais dos incrementos das peneiras foram somados para avaliar qualquer perda de sedimentos ou erros de cálculo. Esses incrementos são obtidos pela abertura por polegada das peneiras, ou *meshs* de 10, 18, 35, 60, 120, 230 que correspondem, respectivamente, a diâmetros (d) do tamanho do grão, em milímetros, de 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125, 0,063 (i.e., classes de grânulos a areia muito fina, respectivamente). Em todos os casos, as seis peneiras tiveram incremento de tamanho do grão correspondente a unidade de  $1\phi$  (um phi) ( $\phi = -\log_2 d [mm]$ ) (Wentworth, 1922).

A análise quantitativa para determinação dos parâmetros petrofísicos (i.e., porosidade e permeabilidade) e hidrodinâmicos (i.e., condutividade hidráulica) foi realizada com a construção de curvas granulométricas de frequência acumulada pelo *software Sysgran 3.0* (Camargo, 2006) e a determinação dos percentis pela análise gráfica, através da leitura direta nas curvas granulométricas na escala  $\phi$  (phi). Dentre os percentis, foram obtidos graficamente os valores correspondentes a  $\phi_{10}$ ,  $\phi_{20}$  e  $\phi_{60}$  que representam, respectivamente, os diâmetros de tamanho de grão  $d_{10}$ ,  $d_{20}$  e  $d_{60}$ . Esses valores permitem a determinação do coeficiente de uniformidade (U) e, conseqüentemente, da porosidade total (n), permeabilidade (k) e da condutividade hidráulica (K), com equações representadas na Tabela 1.

Por conseguinte, foram realizadas regressões exponenciais dos valores de porosidade total (n) obtida pelas equações de Vukovic & Soro (1992) e Wang *et al.* (2017) com intuito de determinar a relação empírica para a determinação da porosidade intrínseca ( $\varphi$ ) dos sedimentos

do Grupo Urucua. Esta porosidade é obtida da equação ajustada e deduzida a partir da relação gráfica entre a porosidade total (n) e o coeficiente de uniformidade (U) dos sedimentos analisados (Tabela 1 e Figura 5).

Autor(es)/Referências	Equação	Aplicabilidade
Vukovic & Soro (1992)	$n_{vs} = \alpha(1 + \beta^U)$	Porosidade total ( $n_{vs}$ ); $\alpha$ e $\beta$ são parâmetros de ajuste, adimensionais, que correspondem respectivamente a 0.255 e 0.83; o coeficiente de uniformidade [U, adimensional] é a razão entre o tamanho do grão a 60% da passagem e o tamanho do grão a 10% ( $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ )
Wang <i>et al.</i> , (2017)	$n_w = 0.2(1 + 0.93^U)$	Porosidade total ( $n_w$ ), resultado da regressão exponencial de 431 amostras de sedimentos ( $\alpha = 0.2$ e $\beta = 0.93$ )
1ª Regressão exponencial desenvolvida na pesquisa para o cálculo de porosidade	$\varphi_{vs} = 0.5096 \times e^{-0.089U},$ onde $e = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x$	Porosidade intrínseca $\varphi_{vs}$ obtida pela regressão exponencial de dados de U e de porosidade de Vukovic & Soro (1992); x é a quantidade de amostras analisadas
2ª Regressão exponencial desenvolvida na pesquisa para o cálculo de porosidade	$\varphi_w = 0.4 \times e^{-0.036U}$ onde $e = \lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x$	Porosidade intrínseca $\varphi_w$ obtida pela regressão exponencial de dados de U e de porosidade de Wang <i>et al.</i> (2017); x é a quantidade de amostras analisadas
Kozeny-Carman Carman (1937); Carman (1956); Kozeny (1927); Kozeny (1953)	$k = \frac{1}{180} \left( \frac{n^3}{(n-1)^2} \right) d_{10}^2$	Permeabilidade (k) [m <sup>2</sup> ] em siltes, areias, areias cascalhosa.
Hazen (1892)	$k = 6 \times 10^{-4} \times [1 + 10(n - 0,26)]d_{10}^2$	k [m <sup>2</sup> ] em areia fina a grânulo de diâmetro $d_{10}$ de 0,1 a 3 mm, respectivamente.

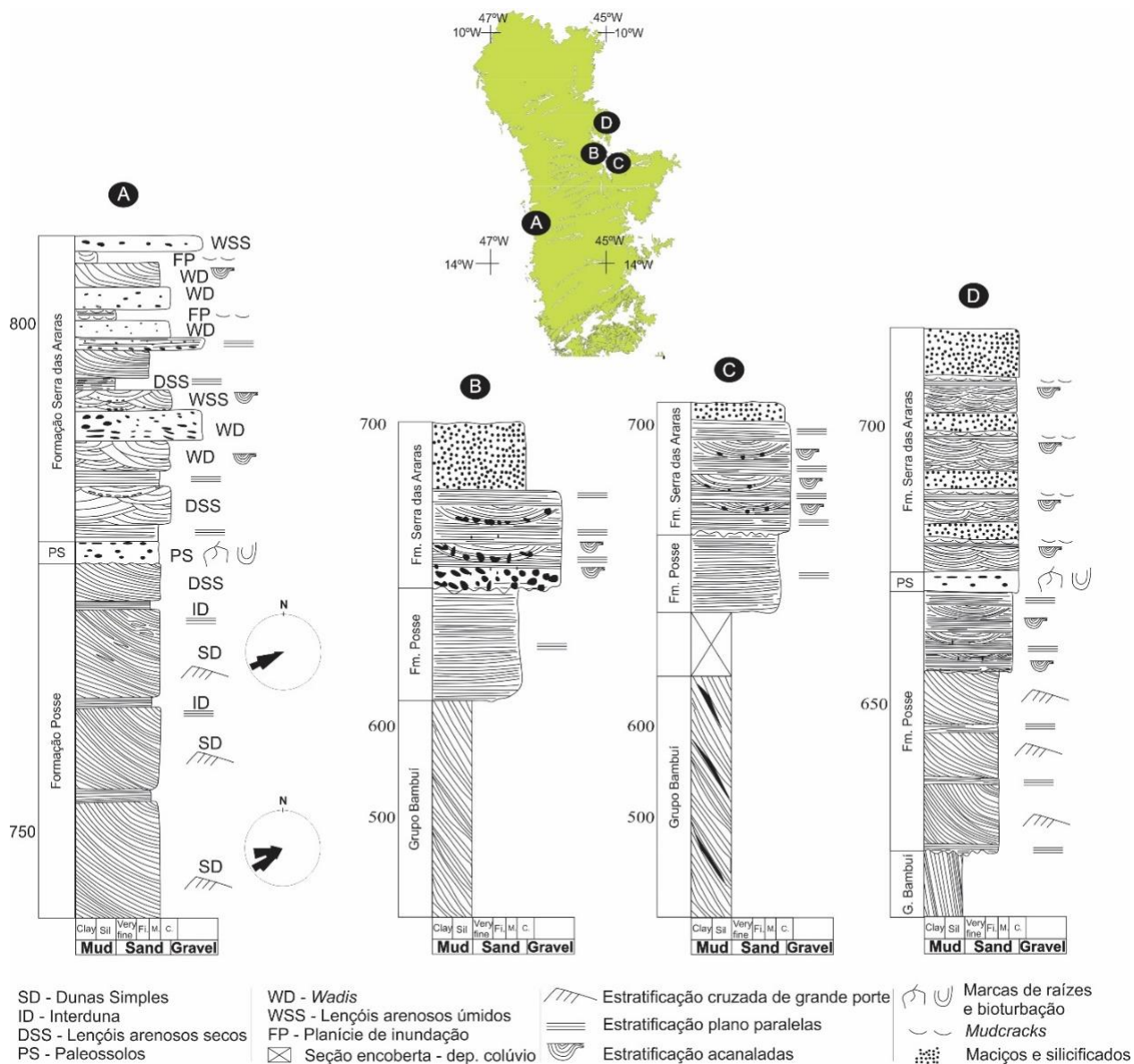


		Depende do tamanho efetivo dos grãos.
Beyer (1964)	$k = 6 \times 10^{-4} \times \log\left(\frac{500}{U}\right) d_{10}^2$	Distribuições heterogêneas e grãos mal classificados com U entre 1 e 20, e tamanho de grão eficaz entre 0,06 mm e 0,6 mm. k em [m <sup>2</sup> ]. Equação não depende diretamente da n ou φ
Terzaghi (1925)	$k = 10.7 \times 10^{-3} \left(\frac{n - 0,13}{\sqrt[3]{1 - n}}\right)^2 d_{10}^2$	Areias muito grossas. k em [m <sup>2</sup> ]
USBR (Vukovic & Soro, 1992)	$k = 4.8 \times 10^{-4} \times d_{20}^{2,3}$	Equação <i>United State Bureau of Reclamation</i> (USBR), adequada para areia média com U inferior a 5. k em [m <sup>2</sup> ]. Equação não depende diretamente da n ou φ, e sim de d <sub>20</sub> .
Slitcher (Odong, 2008)	$k = 0.01 \times n^{3,287} d_{10}^2$	Tamanho de grão entre 0,01 mm e 5 mm. k em [m <sup>2</sup> ]
Hubbert (1940)	$K = \frac{k\rho g}{\mu}$	ρ é a massa específica do fluido (998 kg.m <sup>-3</sup> ); μ é a viscosidade dinâmica a 30°C (7,64.10 <sup>-4</sup> kg.m <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> ); g é aceleração da gravidade local (9,8 m.s <sup>-2</sup> ); e K em [m.s <sup>-1</sup> ].

**Tabela 1** Relações empíricas para determinação da porosidade, permeabilidade e condutividade hidráulica (Rosas *et al.*, 2014; Oborie *et al.*, 2018).

#### 4 Resultados e Discussões

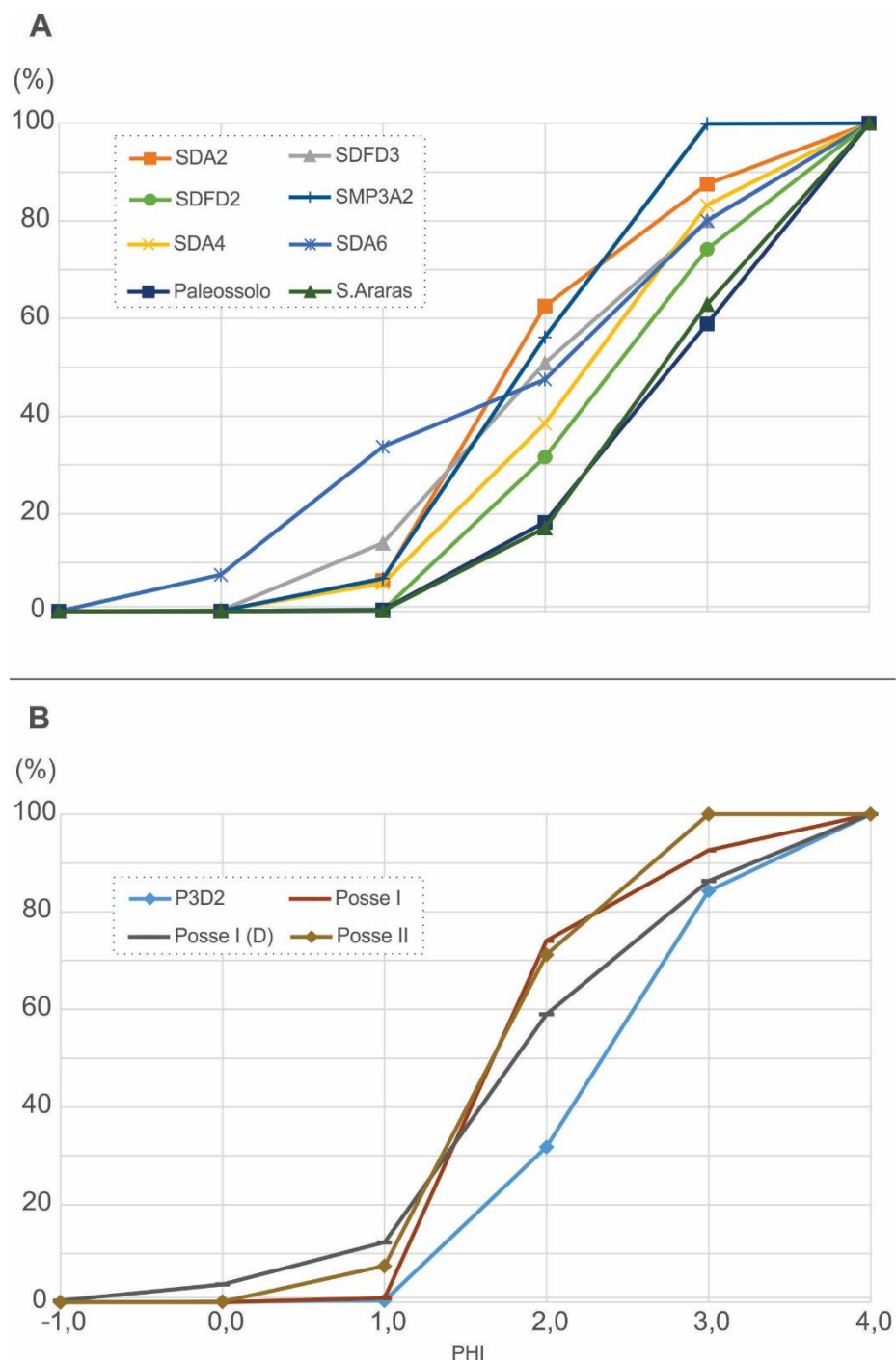
A determinação dos parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos está relacionada com a distribuição do tamanho dos grãos, argilosidade, grau de maturidade textural e mineralógica, e empacotamento dos grãos. As seções estratigráficas locais onde foram coletadas as amostras dos sedimentos (Figuras 1 e 2) demonstram a heterogeneidade litológica espacial do Grupo Urucuia.



**Figura 2** Litoestratigrafia do Grupo Urucua em diferentes porções da bacia sedimentar (A – Serra Geral de Goiás, São Domingos-GO; B – Serra da Bandeira, Barreiras-BA; C – Serra do Mimo, Barreiras-BA; D – Serra dos Tapuias, Riachão das Neves-BA).

A distribuição de frequências acumuladas (Figura 3) ilustra o comportamento dos sedimentos e os ambientes deposicionais atuantes na deposição. Os sedimentos analisados do Grupo Urucua apresentam características relacionadas como areias finas a médias com moderada seleção dos grãos e presença ou não de grânulos. Correspondem, assim, a sedimentos eólicos e fluviais entrelaçados cujo padrão das curvas granulométricas é semelhante ao de pesquisas

realizadas por Wu *et al.* (2017) e Li *et al.* (2018) em sedimentos de dunas eólicas e rios entrelaçados da Formação Mangang na Bacia do Simao.



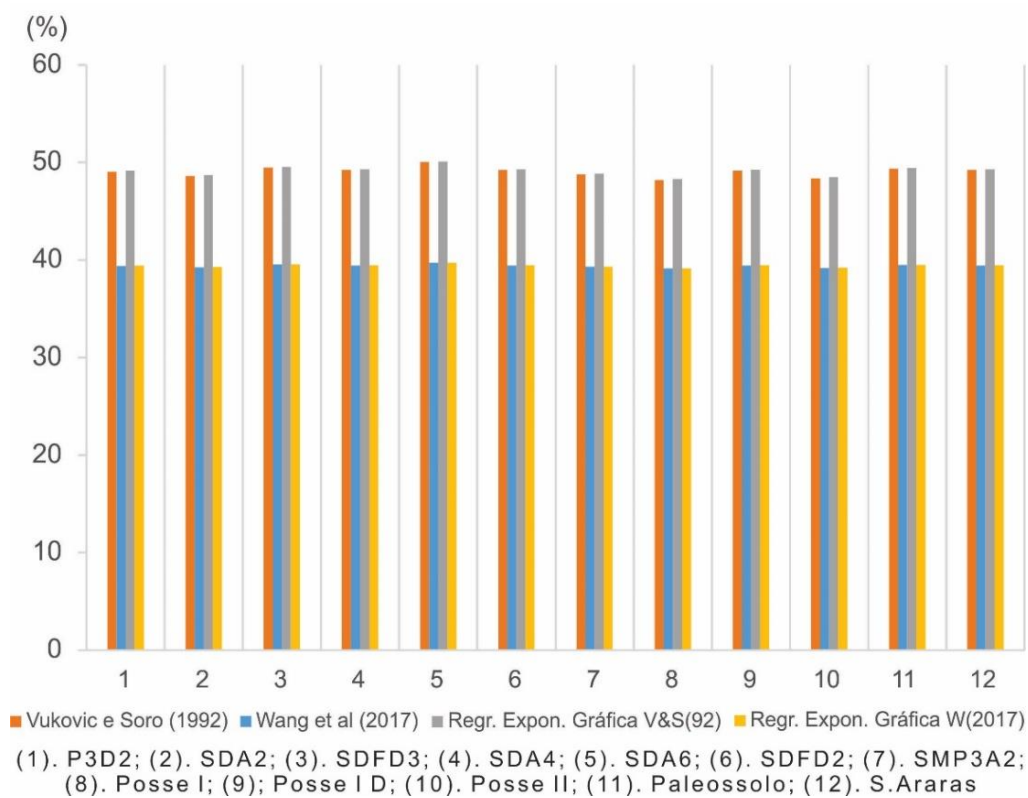
**Figura 3** Curvas granulométricas de sedimentos de ambientes fluviais entrelaçados da Formação Serra das Araras (A) e dunas eólicas da Formação Posse (B).

Na análise quantitativa, foram obtidos os valores dos percentis  $\phi_{10}$ ,  $\phi_{20}$  e  $\phi_{60}$  que representam, respectivamente, os diâmetros de tamanho de grão  $d_{10}$ ,  $d_{20}$  e  $d_{60}$ . A partir destes, foi calculado o coeficiente de uniformidade U e aplicado a equações de Vukovic & Soro (1992) e Wang *et al.*, (2017) cujo os resultados da porosidade total são apresentados na Tabela 2 e Figura 4. Duas equações foram obtidas por regressão exponencial (Tabela 1 e Figura 5) e determinados os valores de porosidade intrínseca (Tabela 2, Figuras 4 e 5).

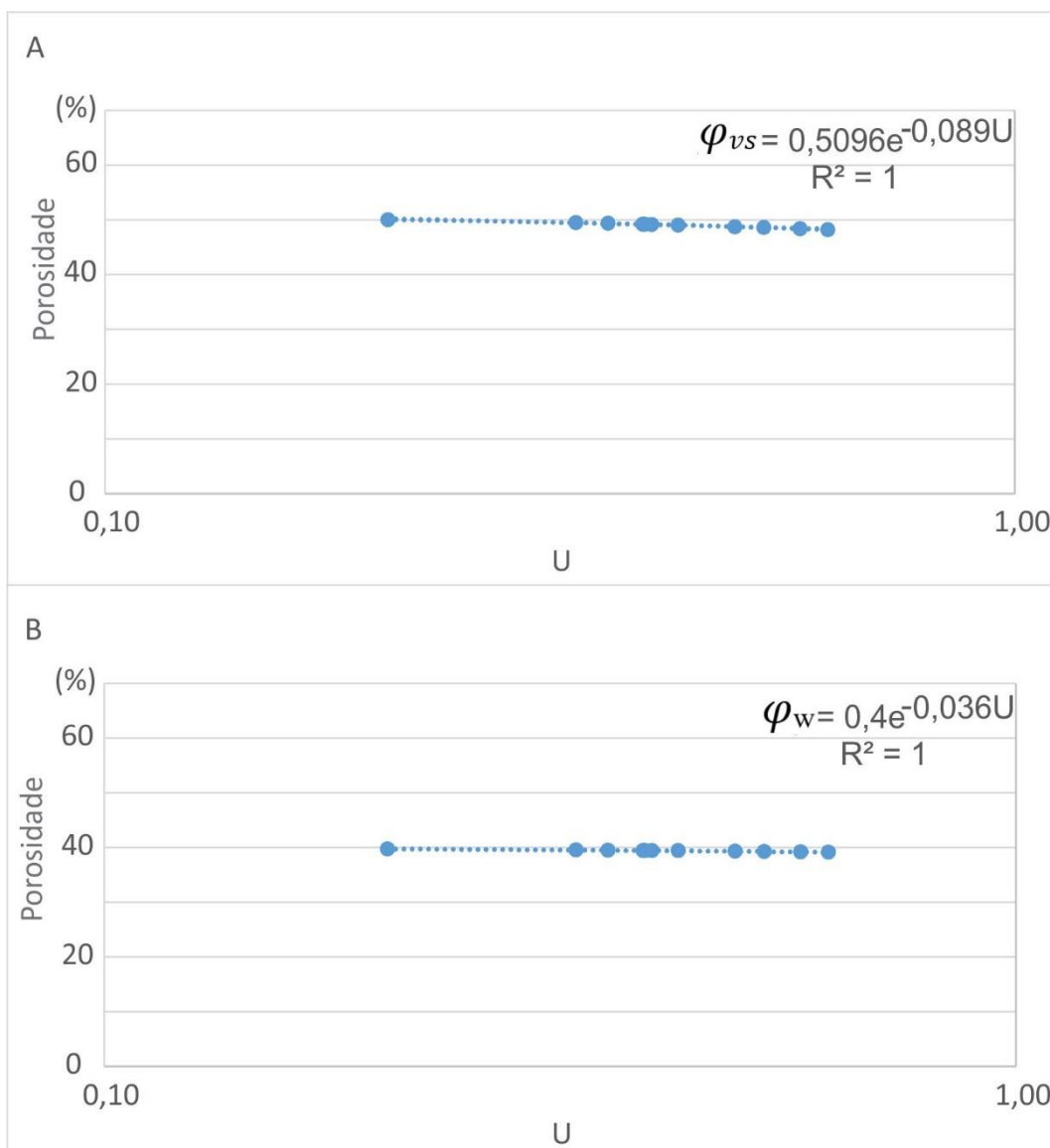
As porosidades das formações Posse e Serra das Araras obtidas através das equações de Wang *et al.*, (2017) e regressão exponencial  $\varphi_w$  se enquadram dentro dos intervalos de porosidade determinados por Santos & Barbosa (2020) em sua análise quantitativa dos perfis geofísicos de poços. Já valores os obtidos pela equação de Vukovic & Soro (1992) e a regressão exponencial  $\varphi_{vs}$  superestimam a porosidade para ambas as formações (i.e., Posse e Serra das Araras).

Amostras	Coefficiente de Uniformidade (U)	Porosidade Vukovic & Soro (1992)	Porosidade Wang <i>et al.</i> , (2017)	Porosidade Regr. Expon. Gráfica Vukovic & Soro (1992)	Porosidade Regr. Expon. Gráfica Wang <i>et al.</i> , (2017)
(1).P3D2	0,43	49,05%	39,39%	49,14%	39,41%
(2).SDA2	0,53	48,60%	39,25%	48,70%	39,27%
(3).SDFD3	0,33	49,48%	39,53%	49,55%	39,55%
(4).SDA4	0,39	49,20%	39,44%	49,28%	39,46%
(5).SDA6	0,2	50,05%	39,71%	50,08%	39,72%
(6).SDFD2	0,39	49,21%	39,44%	49,29%	39,46%
(7).SMP3A2	0,49	48,77%	39,30%	48,86%	39,33%
(8).Posse I	0,62	48,21%	39,12%	48,32%	39,15%
(9).Posse I(D)	0,4	49,17%	39,43%	49,25%	39,45%
(10).Posse II	0,58	48,38%	39,17%	48,49%	39,20%
(11).Paleossolo	0,36	49,36%	39,49%	49,43%	39,51%
(12).S.Araras	0,39	49,21%	39,44%	49,29%	39,46%

**Tabela 2** Dados de coeficiente de uniformidade e porosidades.



**Figura 4** Porosidades determinadas pela aplicação de quatro equações empíricas ((i) Vukovic & Soro (1992); (ii) Wang *et al.*, (2017); (iii) Regressão exponencial  $\varphi_{vs}$  e (iv) Regressão exponencial  $\varphi_w$ ).



**Figura 5** Regressão exponencial para obtenção da equação empírica característica para determinação da porosidade intrínseca ( $\phi_{vs}$  (A) e  $\phi_w$  (B)) do Grupo Urucuia.

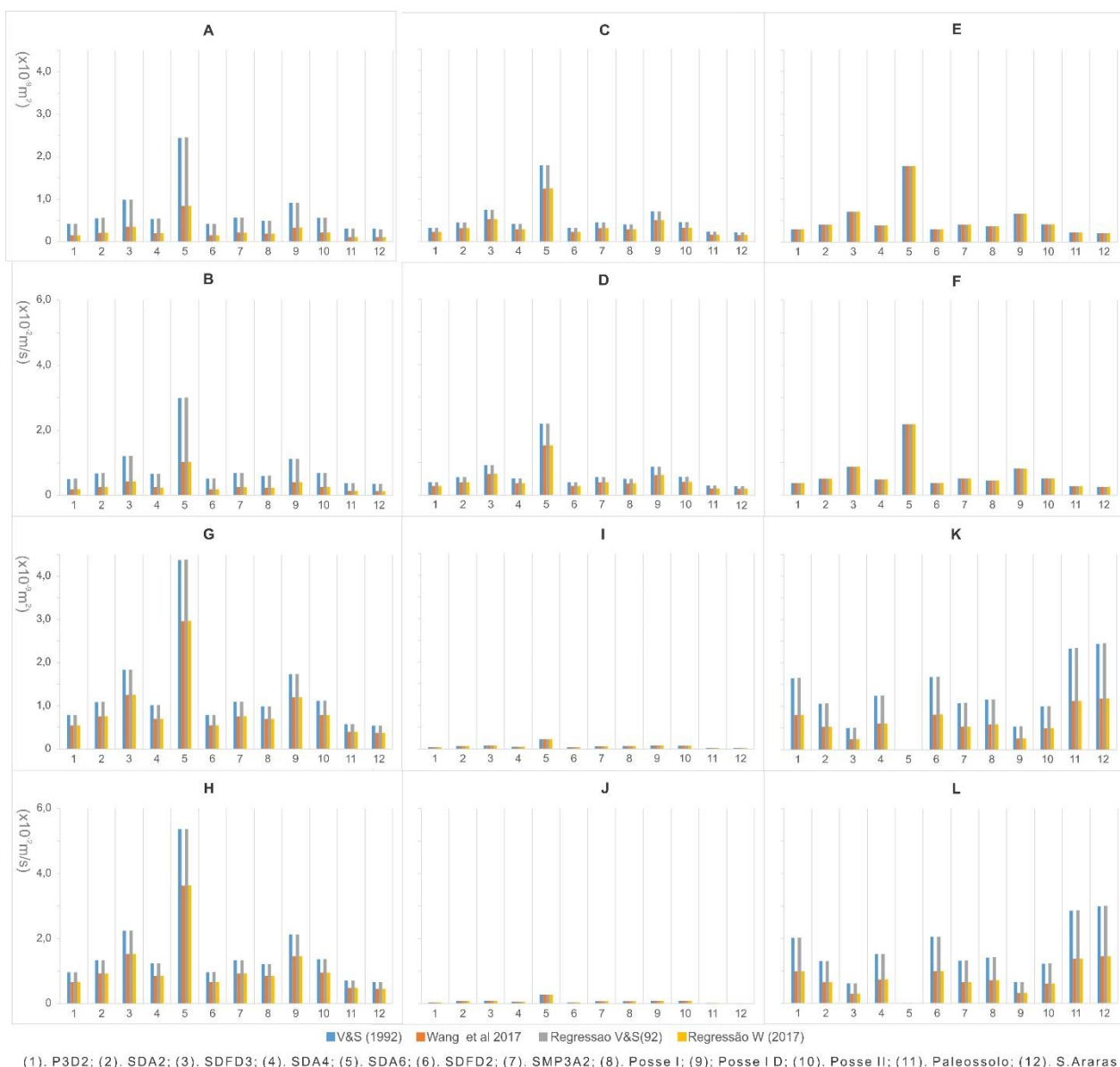
Após a determinação das porosidades, foram calculados os coeficientes de permeabilidade ( $k$ ) e condutividade hidráulica ( $K$ ) com resultados representados na Figura 6. Algumas equações independem dos valores de porosidade (i.e., USBR e Beyer (1964)) e outras (i.e., USBR, Slitcher, Kozeny-Carman e Hazen) apresentam resultados correlacionáveis aos valores de permeabilidade obtidos por Santos & Barbosa (2020).

As equações empíricas com melhores estimativas da permeabilidade e condutividade hidráulica, foram: (i) Slitcher e a (ii) *United State Bureau of Reclamation* (USBR). A primeira é

aplicada de forma eficiente para tamanhos de grãos entre 0,01 mm e 5 mm (i.e.,  $d_{10}$  do Grupo Urucuia para as amostras analisadas variam entre 0,33 mm a 0,94 mm), cujo os resultados para o parâmetro  $k$  estão na ordem de  $10^{-12}$  a  $10^{-9}$   $m^2$  e  $K$  na ordem de  $10^{-5}$  a  $10^{-2}$  m/s (Figura 6). Estes intervalos obtidos de  $k$  correspondem a determinação efetuada por Santos & Barbosa (2020). Já a segunda é adequada para análises em areias médias com  $U$  inferior a 5 (Tabela 2), independente do parâmetro porosidade ( $n$  ou  $\phi$ ), e dependente apenas do tamanho do grão a 20% da passagem ( $d_{20}$ ). Os valores de  $k$ , pela equação USBR, tem ordem de  $10^{-11}$  a  $10^{-10}$   $m^2$  e  $K$  entorno de  $10^{-4}$  a  $10^{-3}$  m/s.

As expressões empíricas de Kozeny-Carman e Hazen apresentaram resultados válidos para determinação dos parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos do Grupo Urucuia, por determinar, respectivamente, a permeabilidade ( $k$ ) em siltes, areias, areias cascalhosas; e  $k$  em areia fina a grânulo de diâmetro  $d_{10}$  de 0,1 a 3 mm. Estas condições apresentadas validam os parâmetros determinados através dos sedimentos analisados. Dessa forma, os valores de  $k$  variam na ordem de  $10^{-10}$  a  $10^{-9}$   $m^2$  e de  $K$  entre  $10^{-3}$  e  $10^{-2}$  m/s para as duas equações supracitadas.

Algumas equações empregadas neste estudo superestimaram os valores de permeabilidade e conseqüentemente as respectivas condutividades hidráulicas. Dessa forma, as propriedades sedimentológicas que caracterizam o Grupo Urucuia (i.e., areias finas a médias com moderada seleção dos grãos e presença ou não de grânulos, coeficiente de uniformidade inferior a 1) não cumprem as condições necessárias que permitem a determinação de parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos a partir de duas equações: (i) Terzaghi (1925) e (ii) Beyer (1964). Deste modo, a primeira é aplicada para análise em areias muito grossas (Terzaghi, 1925). A segunda, aplicada efetivamente para distribuições heterogêneas com grãos mal classificados e o parâmetro  $U$  entre 1 e 20 (Tabela 2) (Beyer, 1964). Elas apresentam como resultados quantitativos para  $k$  na ordem de  $10^{-10}$  a  $10^{-9}$   $m^2$  e  $K$  na ordem de  $10^{-3}$  a  $10^{-2}$  m/s, mas correspondem a valores superestimados de permeabilidade e condutividade hidráulica para os sedimentos do Grupo Urucuia. Assim, as equações de Terzaghi (1925) e Beyer (1964) são inválidas para determinação dos parâmetros permeabilidade e condutividade hidráulica no Grupo Urucuia a partir sedimentos.



**Figura 6** Permeabilidades (A – Kozeny-Carman; C – Hazen; E – Beyer; G – Terzaghi; I – USBR; K – Slitcher) e Condutividades Hidráulicas (B – Kozeny-Carman; D – Hazen; F – Beyer; H – Terzaghi; J – USBR; L – Slitcher) pelas diferentes formulações empíricas empregadas na análise granulométrica de sedimentos do Grupo Urucua.

## 5 Conclusões

As análises de classes granulométricas por distribuição do tamanho do grão são técnicas de determinação petrofísica e hidrodinâmica utilizadas por diversos pesquisadores em diferentes contextos geológicos e hidrogeológicos. Apresentam vantagens principalmente relacionadas a custos, os quais são acessíveis, e a períodos curtos para processamento dos dados e obtenção dos



resultados. Devido a sua fácil aplicação, essa técnica é requerida para estudos relacionados a determinação da porosidade, permeabilidade e condutividade hidráulica, especialmente, em sistemas aquíferos granulares.

O Sistema Aquífero Urucuia é uma unidade hidráulica constituída pelos Aquíferos Posse e Serra das Araras. Essas unidades hidrogeológicas são inter-relacionadas, respectivamente, as unidades litoestratigráficas denominadas Formações Posse e Serras das Araras. Estas unidades litoestratigráficas são compostas predominantemente por areias muito finas a médias moderadamente selecionadas e podem conter grânulos associados. Estas características sedimentológicas se mostram favoráveis a aplicação e determinação petrofísica e hidrodinâmica a partir de algumas equações empíricas associadas a análises granulométricas.

Quanto ao parâmetro porosidade, foram exploradas quatro equações características. Duas usualmente aceitas e utilizadas em outras publicações (i.e., Vukovic & Soro (1992) e Wang *et al.* (2017)) e as restantes obtidas por regressão exponencial  $\varphi_{vs}$  e  $\varphi_w$ . Nota-se que apesar dos valores elevados para o parâmetro porosidade, as equações de Wang *et al.*, (2017) e  $\varphi_w$  apresentam-se consistentes e ratificam os valores obtidos por Santos & Barbosa (2020). Em contrapartida, os valores obtidos pela aplicação da equação de Vukovic & Soro (1992) e regressão exponencial  $\varphi_{vs}$  apresentam valores elevados, o que inviabiliza a utilização delas para determinação petrofísica e hidrodinâmica para as Formações Posse e Serra das Araras.

A permeabilidade e condutividade hidráulica foram obtidas pela aplicação das equações: (i) Slitcher, (ii) USBR, (iii) Kozeny-Carman, (iv) Hazen, (v) Beyer, (vi) Terzaghi. São válidas, dentre as supracitadas em detrimento às características dos sedimentos do Grupo Urucuia (i.e., areias finas a médias, moderadamente selecionadas, U menor que 1), as equações de Slitcher, USBR, Kozeny-Carman e Hazen. Essas equações apresentam resultados semelhantes aos obtidos por Santos & Barbosa (2020) quanto a permeabilidade intrínseca. As equações restantes (i.e., Beyer e Terzaghi) devido as propriedades sedimentológicas que caracterizam o Grupo Urucuia, não podem ser consideradas para a obtenção da permeabilidade e da condutividade hidráulica pois superestimam os resultados quando comparado aos valores obtidos na literatura mais recentemente publicada por Santos & Barbosa (2020).

## 6 Agradecimentos

Os autores agradecem ao Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente – NEHMA pela utilização da estrutura laboratorial para a confecção dos mapas e imagens contidas neste artigo; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo auxílio financeiro; e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES através da manutenção do portal de periódicos – Código de Financiamento 001.

## 7 Referências

- Alyamani, M.S. & Sen, Z. 1993. Determination of Hydraulic Conductivity from Grain-Size Distribution Curves. *Groundwater*, 31:551-555.
- Barbosa, N.S. 2016. *Hidrogeologia do Sistema Aquífero Urucuia, Bahia*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Tese de Doutorado, 170p.
- Barbosa, N.S.; Leal, L.R.B.; Mello, J.C.; Peixinho, M.A.L.; Santos, C.B.; Santos, R.L.S. & Barbosa, N.S. 2017. Modelo Hidrogeológico Conceitual do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Occidental, Brasil. *Águas Subterrâneas*, 31:1-19.  
<http://dx.doi.org/10.14295/ras.v31i1.28524>.
- Barbosa, N.S.; Leal, L.R.B.; Santos, R.L.S. & Mello, J.C. 2014. Caracterização Hidro-Litoestratigráfica do Sistema Aquífero Urucuia com base em Perfis Geofísicos de Poços. *In: SUPLEMENTO - XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2014, Resumos expandidos, Belo Horizonte. p.18.*
- Barr, D.W. 2001. Coefficient of permeability determined by measurable parameters. *Groundwater*, 39(3), 356-361.
- Berg, R.R. 1970. Method of determining permeability from reservoir rock properties. *Transactions of Gulf Association of Geological Societies*, 20, 303-3017.
- Beyer, W. 1964. Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesel und Sanden aus der Kornverteilung - On the determination of hydraulic conductivity of gravels and sands from grain-size distribution. *Wasserwirtschaft Wassertechnik*, 14, 165–169.
- Camargo, M.G.D. 2006. Sysgran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. *Revista Brasileira de Geociências*, 36(2), 371-378.

- Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1994. Carta estratigráfica da Bacia Sanfranciscana. In: 38° CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1994, Balneário Camboriú-SC, p.50-51.
- Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1997. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(3): 269-282.
- Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1999. Distribuição, estratigrafia e sistemas deposicionais do grupo Urucuia-Cretáceo Superior da bacia Sanfranciscana. *Geociências*, 18(2): 481-499.
- Carman, P.C. 1937. Fluid Flow through Granular Beds. *Trans. Inst. Chem. Eng.*, 15, 150.
- Carman, P.C. 1956. Flow of Gases through Porous Media. *Butterworths Scientific Publications*.
- Cranganu, C.; Villa, M.A.; Saramet, M.; Zakharova, N. 2009. Petrophysical Characteristics of Source And Reservoir Rocks in the Histria Basin, Western Black Sea. *Journal of Petroleum Geology*, 32(4), 357-372,
- Dinwiddie, C.L. 2005. The Small-Drillhole Minipermeameter Probe for In-Situ Permeability Measurement. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, 8, 11.
- Farrag, A.A.; Ebraheem, M.O.; Sawires, R.; Ibrahim, H.A.; Khalil, A.L. 2018. Petrophysical and aquifer parameters estimation using geophysical well logging and hydrogeological data, Wadi El-Assiuoti, Eastern Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 13.
- Gaspar, M.T.P. 2006. *Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 204p.
- Gaspar, M.T.P. & Campos, J.E.G. 2007. O Sistema Aquífero Urucuia. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(4): 216-226.
- Hazen, A. 1892. Some Physical Properties of Sands and Gravels, with Special Reference to their Use in Filtration. In: 24TH ANNUAL REPORT, MASSACHUSETTS STATE BOARD OF HEALTH. 539-556.
- Hazen, A. 1911. Discussion of dams on sand foundations by A. C. Koenig. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 73, 199-203.
- Hubbert, M.K. 1940. The theory of groundwater motions. *Journal of Geology*, 48, 785-944.

- Kolterman, C.E. & Gorelick, S.M. 1995. Fractional packing model of hydraulic conductivity derived from sediment mixtures. *Water Resources Research*, 31, 3283-3297.
- Kozeny, J. 1927. Über Kapillare Leitung Des Wassers in Boden., 136(2a), 271-306.
- Kozeny, J. 1953. Das Wasser in Boden, Grundwasserbewegung. *Hydraulik*.
- Krumbein, W.C. & Monk, G.D. 1943. Permeability as a function of the size parameters of sedimentary particles. *American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, p. 153-163.
- Li, G.; Wu, C.; Rodríguez-López, J.P.; Yi, H.; Xia, G.; Wagreich, M. 2018. Mid-Cretaceous aeolian desert systems in the Yunlong area of the Lanping Basin, China: Implications for palaeoatmosphere dynamics and paleoclimatic change in East Asia. *Sedimentary Geology*, 121 - 140.
- Morrow, N.R.; Huppler, J.D.; Simmons, A.B. 1969. Porosity and permeability of unconsolidated Upper Miocene sands from grain size analysis. *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 312-321.
- Mukhopadhyay, A.; Al-Awadi, E.; Oskui, R.; Hadi, K.; Al-Ruwaih, F.; Turner, M.; Akber, A. 2004. Laboratory investigations of compatibility of the Kuwait Group aquifer, Kuwait, with possible injection waters. *Journal of Hydrology*, 158-176.
- Oborie, E.; Opigo, A.M.; Nwankwoala, H.O. 2018. Estimation of Aquifer Hydraulic Conductivity and Evaluation of Empirical Formulae Based on Grain Size Analysis and Permeameter Test in Yenagoa, Bayelsa State, Nigeria. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 3, 313-321.
- Odong, J. 2008. Evaluation of empirical formulae for determination of hydraulic conductivity based on Grain-Size Analysis. *The Journal of American Science*, 4, 1545-1003.
- Rosas, J.; Lopez, O.; Missimer, T.M.; Coulibaly, K.M.; Dehwah, A.H.A.; Sesler, K.; Lujan, L.R.; Mantilla, D. 2014. Determination of Hydraulic Conductivity from Grain-Size Distribution for Different Depositional Environments. *Groundwater*, 52, 399-413.
- Santos, R.L.S. & Barbosa, N.S. 2020. Determinação da Porosidade e Permeabilidade do Sistema Aquífero Urucua Centro-Ocidental através da Interpretação de Perfis Geofísicos. *Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ*, 323-333. DOI: [https://doi.org/10.11137/2020\\_3\\_323\\_333](https://doi.org/10.11137/2020_3_323_333).

- Sgarbi, G.N.C. 1989. *Geologia da Formação Areado. Cretáceo Inferior a Médio da Bacia Sanfranciscana, Oeste do Estado de Minas Gerais*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Dissertação de Mestrado, 324p.
- Shepherd, R.G. 1989. Correlations of Permeability and Grain Size. *Groundwater*, 27(5), 663-638.
- Spigolon, A.L.D. & Alvarenga, C.J.S. 2002. Fácies e Elementos Arquiteturais resultantes de Mudanças Climáticas em um Ambiente Desértico: Grupo Urucuia (Neocretáceo), Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4): 579-586.
- Tanner, W.F. & Balsillie, J.H. 1995. Environmental Clastic Granulometry. *Florida Geological Survey Special Publication*.
- Terzaghi, C. 1925. *Principles of soil mechanics*. [S.l.]: Engineering News Record, 95, 832 p.
- Terzaghi, K.A.P.B. 1964. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, n. Wiley.
- Uma, K.O.; Egboka, B.C.E.; Onuoha, K.M. 1989. New statistical grain-size method for evaluating the hydraulic conductivity of sandy aquifers. *Journal of Hydrology*, 343-366.
- Vukovic, M. & Soro, A. 1992. Determination of Hydraulic Conductivity of Porous Media from Grain-Size Composition. *Water Resources Publications*.
- Wang, J.P.; François, B.; Lambert, P. 2017 Equations for hydraulic conductivity estimation from particle size distribution: A dimensional analysis. *Water Resources Research*, 53, 8127-8134.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30, p. 377-394.
- Wilkinson, J.M. 2012. The application and revision of a new relationship to calculate effective porosity from specific capacity on a well database in the Pacific Northwest. *Hydrological Research Letters*, 6, 98-103.
- Wu, C.; Liu, C.; , Haisheng, Y.; Xia, G.; Zhang, H.; Wang, L.; Li, G.; Wagreich, M. 2017. Mid-Cretaceous desert system in the Simao Basin, southwestern China, and its implications for sea-level change during a greenhouse climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 16.

## CAPÍTULO 4

# ARTIGO 3 – ANISOTROPIA E HETEROGENEIDADE TRIDIMENSIONAL DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DO SISTEMA AQUÍFERO URUCUIA CENTRO-OCIDENTAL

---

### **Anisotropia e Heterogeneidade Tridimensional da Condutividade Hidráulica do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Occidental**

Three-Dimensional Anisotropy and Heterogeneity of Hydraulic Conductivity of the Central-Western Urucuia Aquifer System

Rafael Lima dos Santos Santos & Natanael da Silva Barbosa

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia, Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente, Rua Barão de Jeremoabo s/n, 40170-290, Ondina, Salvador, BA, Brasil

E-mails: rafael\_iss@hotmail.com; ndbarbosa@ufba.br

### **Resumo**

A capacidade de condução de água pelos solos e rochas é mensurada pela condutividade hidráulica ( $K$ ), um importante parâmetro hidrodinâmico que permite a caracterização da heterogeneidade e anisotropia em aquíferos. A área de estudo, localizada na região oeste da Bahia, compreende o Sistema Aquífero Urucuia (SAU), que é composto por uma associação de duas unidades litoestratigráficas inter-relacionadas ao Grupo Urucuia, representado pelas Formações: (i) Posse, composta por arenitos eólicos; e (ii) Serra das Araras, por intercalações de conglomerados, arenitos e siltitos/argilitos oriundos de ambiente fluvial entrelaçado. As rochas foram analisadas através da interpretação qualitativa e litológica dos poços perfilados e levantamentos de campo para obtenção da razão de anisotropia ( $K_x/K_z$ ). De um modo geral, apresentam características hidráulicas específicas, marcadas por propriedades petrofísicas e sedimentológicas contrastantes ao longo da sua ocorrência, segundo a orientação de ENE (área

fonte) para WSW (área deposicional). Neste trabalho, são utilizados dados secundários dos parâmetros petrofísicos em cinco perfis geofísicos de poços, relacionados quantitativamente para obtenção da condutividade hidráulica vertical ( $K_z$ ) e horizontal ( $K_x$ ) e da razão de anisotropia ( $K_x/K_z$ ). Os principais resultados obtidos, segundo o *trend* (ENE-WSW), indicam que: (i) a Formação Posse é condicionada pela presença de uma pseudomatriz que caracteriza heterogeneidades litológicas nos arenitos eólicos, e uma razão de anisotropia com valores que variam entre 4,62 a 11,34; (ii) a Formação Serra das Araras possui heterogeneidade associada à ampla variação litológica de sequências fluviais e processos diagenéticos atuantes (i.e., níveis de arenitos silicificados) apresentando, nas porções centrais da bacia hidrogeológica, uma razão de anisotropia em torno de 1,02, enquanto que, nas porções extremo oriental e ocidental as razões são superiores a 1.

**Palavras-chave:** Condutividade hidráulica vertical; razão de anisotropia; Grupo Urucuia

### **Abstract**

The water conduction capacity of soils and rocks is measured by hydraulic conductivity ( $K$ ), an important hydrodynamic parameter that allows the characterization of heterogeneity and anisotropy in aquifers. The study area, located in the western region of Bahia, comprises the Urucuia Aquifer System (UAS), which is composed of an association of two lithostratigraphic units interrelated to the Urucuia Group, represented by the Formations: (i) Posse, composed of aeolian sandstones; and (ii) Serra das Araras, by intercalations of conglomerates, sandstones and siltstones/claystones from a braided fluvial environment. The rocks were analyzed through qualitative and lithological interpretation of profiled wells and field surveys to obtain the anisotropy ratio ( $K_x/K_z$ ). In general, they present specific hydraulic characteristics, marked by contrasting petrophysical and sedimentological properties throughout their occurrence, according to the orientation from ENE (source area) to WSW (depositional area). In this work, secondary data of the petrophysical parameters in five geophysical well logs are used, quantitatively related to obtain the vertical ( $K_z$ ) and horizontal ( $K_x$ ) hydraulic conductivity and the anisotropy ratio ( $K_x/K_z$ ). The main results obtained, according to the trend (ENE-WSW), indicate that: (i) the Posse Formation is conditioned by the presence of a pseudomatrix that characterizes lithological heterogeneities in the aeolian sandstones, and anisotropy ratio with values that range from 4.62 to 11.34; (ii) the Serra das Araras Formation has heterogeneity associated with a wide lithological

variation of fluvial sequences and active diagenetic processes (ie levels of silicified sandstones) presenting, in the central portions of the hydrogeological basin, an anisotropy ratio around 1.02, while that in the extreme eastern and western portions the ratios are greater than 1.

**Keywords:** Vertical hydraulic conductivity; anisotropy ratio; Urucua Group

## 1 Introdução

A condutividade hidráulica (K) é um parâmetro hidrodinâmico que marca a capacidade de um aquífero conduzir água sob a influência do gradiente hidráulico de uma superfície potenciométrica. Este parâmetro depende da porosidade efetiva, permeabilidade intrínseca, tamanho e formato dos grãos e da viscosidade do fluido. Pode ser determinada por métodos: (i) diretos, no campo (*in situ*); e (ii) indiretos, no laboratório (i.e., perfis geofísicos (Santos & Barbosa, 2020) e; análise granulométrica (Santos *et al.*, 2021). Esse parâmetro permite a previsão da resposta hidráulica de um aquífero quanto a recarga, fluxo subterrâneo e relação de anisotropia e heterogeneidade geológica.

A área de estudo compreende à porção centro-ocidental do Sistema Aquífero Urucua (SAU), um conjunto de aquíferos (i.e., Posse e Serra das Araras) relacionados às unidades litoestratigráficas do Grupo Urucua (i.e., Formações Posse e Serra das Araras) (Gaspar & Campos, 2007; Santos & Barbosa, 2020), unidade neocretácea da Bacia Sanfranciscana (Sgarbi, 1989). O SAU é reconhecido como um manancial hídrico subterrâneo com grande expressividade em volume de água e produtividade de poços tubulares. No entanto, para determinação dos parâmetros hidrodinâmicos do SAU (i.e., condutividade hidráulica) através da interpretação dos testes de bombeamento e levantamentos geoeletricos, uma das premissas é considerar os aquíferos como homogêneos e isotrópicos (Gaspar & Campos, 2007; Barbosa, 2009; Nascimento & Lima, 2013).

Nesse contexto, uma vantagem da determinação da condutividade hidráulica através dos perfis geofísicos de poços (Santos & Barbosa, 2020) é que esse método considera a heterogeneidade das unidades litológicas. Portanto, o presente trabalho objetiva a determinação da condutividade hidráulica vertical e sua análise em relação à heterogeneidade e anisotropia das unidades litoestratigráficas no SAU Centro-Occidental pela interpretação e correlação de perfis

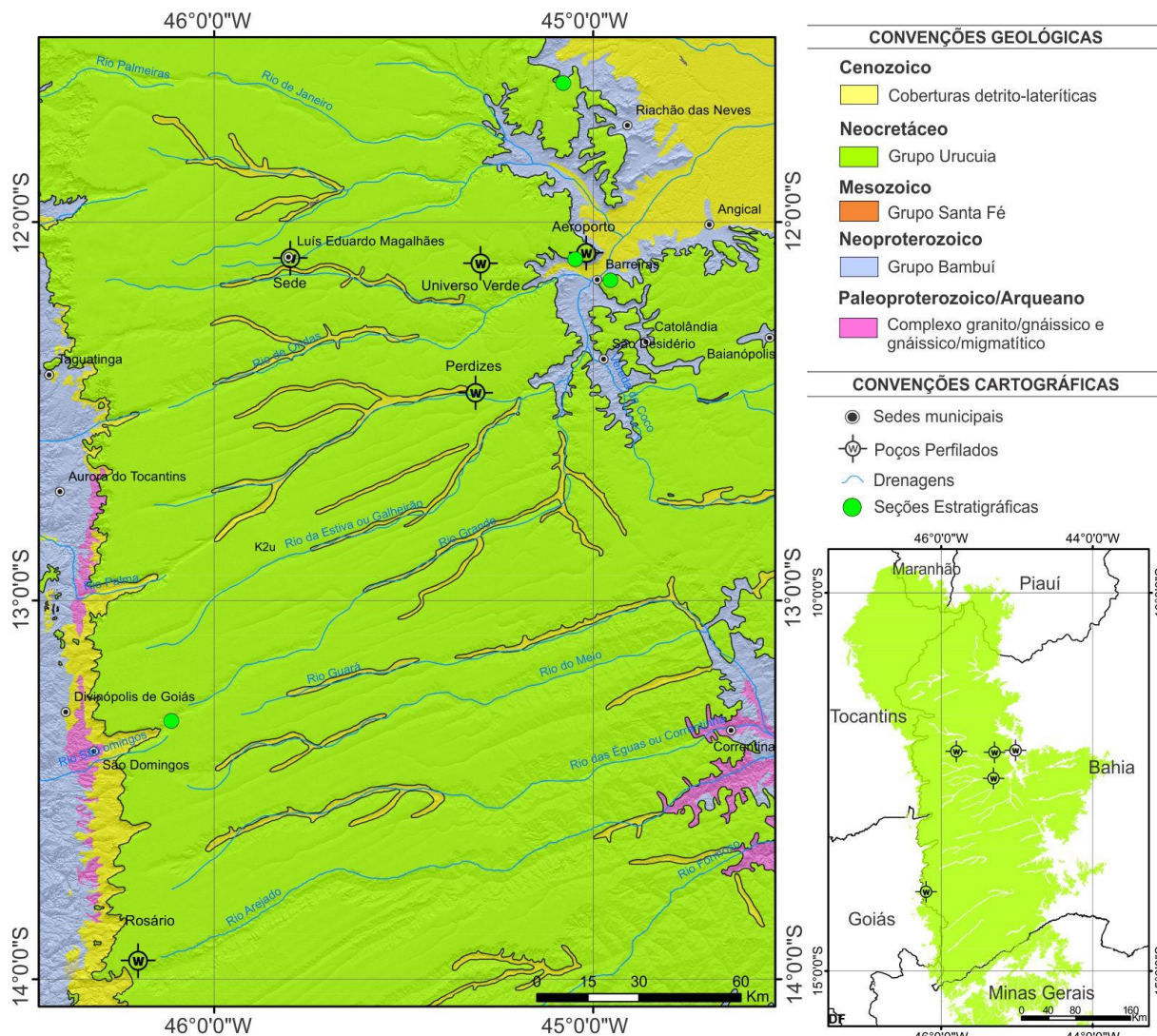


geofísicos de poços. Os resultados alcançados devem contribuir para o aprimoramento do modelo hidrogeológico conceitual do SAU em que a representação das relações de heterogeneidade litológica e da anisotropia dos parâmetros hidrodinâmicos podem ser considerados em suas variações espaciais e em profundidade, além de servir como importante referencial para estudos de vulnerabilidade, transporte de contaminantes, modelagem hidrogeológica e no desenvolvimento de políticas de gestão e uso de água para a conservação da qualidade e volume do manancial hídrico subterrâneo.

## **2 Contexto Geológico e Hidrogeológico**

O Grupo Urucuia é a unidade litoestratigráfica neocretácea que corresponde a arenitos eólicos e fluviais inserido no contexto da Bacia Sanfranciscana (Sgarbi, 1989). De forma contínua, sua maior distribuição em área, espessura e potencialidade hidrogeológica ocorre nas porções centro-setentrionais (Figura 1). Já nas porções meridionais dispõe-se em afloramentos descontínuos e segmentados, o que proporciona um baixo potencial hidrogeológico (Campos & Dardenne, 1999).

O substrato regional é, em grande parte, representado pela sequência metapelito-carbonática do Grupo Bambuí, localmente pelo embasamento granito-gnáissico, na porção setentrional pelos sedimentos paleozoicos da Bacia do Parnaíba, além de outras unidades fanerozoicas da Bacia Sanfranciscana (Sgarbi, 1989; Campos & Dardenne, 1997) (Figura 1).



**Figura 1** Mapa geológico do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Ocidental com a localização dos poços perfilados e das seções estratigráficas obtidas em campo (modificado de Santos & Barbosa, 2020; Santos *et al.*, 2021).

A área-fonte dos sedimentos do Grupo Urucuia, provavelmente, corresponde a porção nordeste da Serra do Espinhaço Setentrional, corroborado por dados estatísticos de paleocorrentes das estratificações cruzadas de grande porte, com orientação preferencial N240°-250° (Campos & Dardenne, 1999; Barbosa, 2016; Santos *et al.*, 2021). Nesse contexto, as principais modificações verificadas nas propriedades petrológicas, petrofísicas e hidrodinâmicas dos sedimentos ocorrem segundo o *trend* de ENE (área-fonte) para WSW (área-deposicional) (Barbosa *et al.*, 2017).

O Grupo Urucuia é subdividido em duas unidades: a inferior, Formação Posse, e a superior, Formação Serra das Araras (Campos & Dardenne, 1997, 1999). São limitadas por uma superfície erosiva que marca uma drástica mudança climática, flutuação do nível de base e

mudanças no padrão de sedimentação (Spigolon & Alvarenga, 2002). Essas variações resultam em diferenças espaciais nas propriedades dos sedimentos (i.e., granulometria, grau de seleção, maturidade), na história diagenética, nos parâmetros petrofísicos (i.e., porosidade e permeabilidade) e hidrodinâmicos (i.e., condutividade hidráulica).

A Formação Posse é constituída por arenitos muito finos a médios e bem selecionados, associados a estratificações cruzadas de grande porte, geralmente truncados por estratificações horizontais e de baixo ângulo, típicas de lençóis arenosos e campo de dunas em um ambiente desértico (Campos & Dardenne, 1994, 1997, 1999; Spigolon & Alvarenga, 2002; Barbosa, 2016).

A Formação Serra das Araras é caracterizada por ciclos de sedimentação superpostos de conglomerados, arenitos e siltitos/argilitos, depositados em sequências fluviais entrelaçadas. Durante a sedimentação dessa unidade, um processo de infiltração mecânica das argilas ocorre sobre os sedimentos eólicos subjacentes (i.e., Formação Posse), e resulta na redução das condições permoporosas e hidrodinâmicas (Campos & Dardenne, 1999). Nessa unidade, ocorrem horizontes tabulares (de até 8 metros de espessura) extensos e descontínuos de arenitos silificificados e fraturados que são verificados em várias posições estratigráficas (Campos & Dardenne, 1999; Barbosa *et al.*, 2017).

O Sistema Aquífero Urucuia (SAU) é um conjunto de aquíferos associados diretamente às unidades litoestratigráficas do Grupo Urucuia (Gaspar & Campos, 2007). Essas unidades correspondem aos Aquíferos Posse e Serra das Araras. São caracterizadas por apresentar porosidades intergranulares (i.e., Aquíferos Posse e Serra das Araras) e, localmente, porosidades por fraturas associados as ocorrências de níveis silificificados (Santos & Barbosa, 2020). Esse último, devido à baixa capacidade de armazenamento, atua provavelmente como aquitardes e segmentam as diferentes unidades aquíferas (Barbosa *et al.*, 2014; Barbosa *et al.*, 2017; Santos & Barbosa, 2020). A bacia hidrogeológica do SAU é assimétrica devido à presença, no extremo ocidental, de um eixo divisor do fluxo subterrâneo de direção aproximada norte-sul que subdivide o SAU em duas bacias hidrogeológicas: o SAU Oriental e o SAU Ocidental, onde o primeiro apresenta fluxo de águas subterrâneas para leste em direção à Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e o último para oeste direcionado a Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins-Araguaia. Essa feição proporciona uma rápida depleção da superfície potenciométrica e recarga das nascentes situadas nas quebras de relevo que as limitam (Gaspar, 2006; Gaspar & Campos, 2007; Barbosa *et al.*, 2014).

### 3 Métodos

Dados de cinco perfis geofísicos de poços, obtidos através do banco de dados da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB) (i.e., Barreiras–Aeroporto, Barreiras–Universo Verde Agronegócio, Luís Eduardo Magalhães–Sede, Correntina–Rosário) e da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado da Bahia (SRH–BA) (i.e., São Desidério–Perdizes) (Nascimento, 2002), foram utilizados.

A operação de perfilagem e o processamento dos dados foram executados pela HYDROLOG Serviços de Perfilagem e as curvas produzidas pelo *software* HYDROLOG™. Os dados de profundidade (em metros), raios gama (GR, em unidades API - *American Petroleum Institute*), sônico (DT,  $\mu\text{sec/ft}$ ), potencial espontâneo (SP, em mV), indução (DIR, em ohm.m) e normal curta (SN, em ohm.m) são apresentados através de arquivos digitais em formato LAS (*Log ASCII Standard*) e normalizados em padrão API (*American Petroleum Institute*).

A sequência metodológica para obtenção dos valores da condutividade hidráulica vertical foi estabelecida em intervalos de cinco metros de profundidade para cada poço perfilado como realizado por Santos & Barbosa (2020) para determinação dos parâmetros petrofísicos. Em cada intervalo, foram obtidos os valores: da (i) argilosidade (VSH); da (ii) porosidade total ( $\phi$ ); (iii) porosidade efetiva ( $\phi_e$ ); e da (iv) permeabilidade intrínseca ( $k$ ) (Santos & Barbosa, 2020). Posteriormente, foi determinada a condutividade hidráulica vertical ( $K_z$ ) com a aplicação da equação de Hubbert (1940) (Tabela 1). Esta equação varia conforme a viscosidade dinâmica ( $\mu$ ) da água, um parâmetro que depende da temperatura da formação analisada. A temperatura ( $T$ ) é modificada conforme a profundidade do aquífero analisado e do gradiente geotérmico (GG). Adicionalmente, ela foi obtida a partir da temperatura de superfície ( $T_{ss}$ ) e da análise do perfil SP com relação a profundidade (Tabela 1) (Schlumberger, 1989; Feitosa, 2008).

Parâmetro	Equação	Unidade	Autor (es)
Argilosidade (VSH)	<p>Índice de argilosidade:</p> $\text{IGR} = \frac{\text{GR}_{\log} - \text{GR}_{\min}}{\text{GR}_{\max} - \text{GR}_{\min}}$ $\text{VSH} = \frac{\text{IGR}}{A - (A - 1) \cdot \text{IGR}}$ <p><math>A=2</math>, para rochas neocretáceas</p>	Adimensional (%)	Stieber (1970)
Porosidade Total ( $\phi$ )	$\phi = C \cdot \left( \frac{\Delta t_{\log} - \Delta t_{\text{ma}}}{\Delta t_{\log}} \right); C \cong 0,625$	Adimensional (%)	Raymer <i>et al.</i> , (1980)

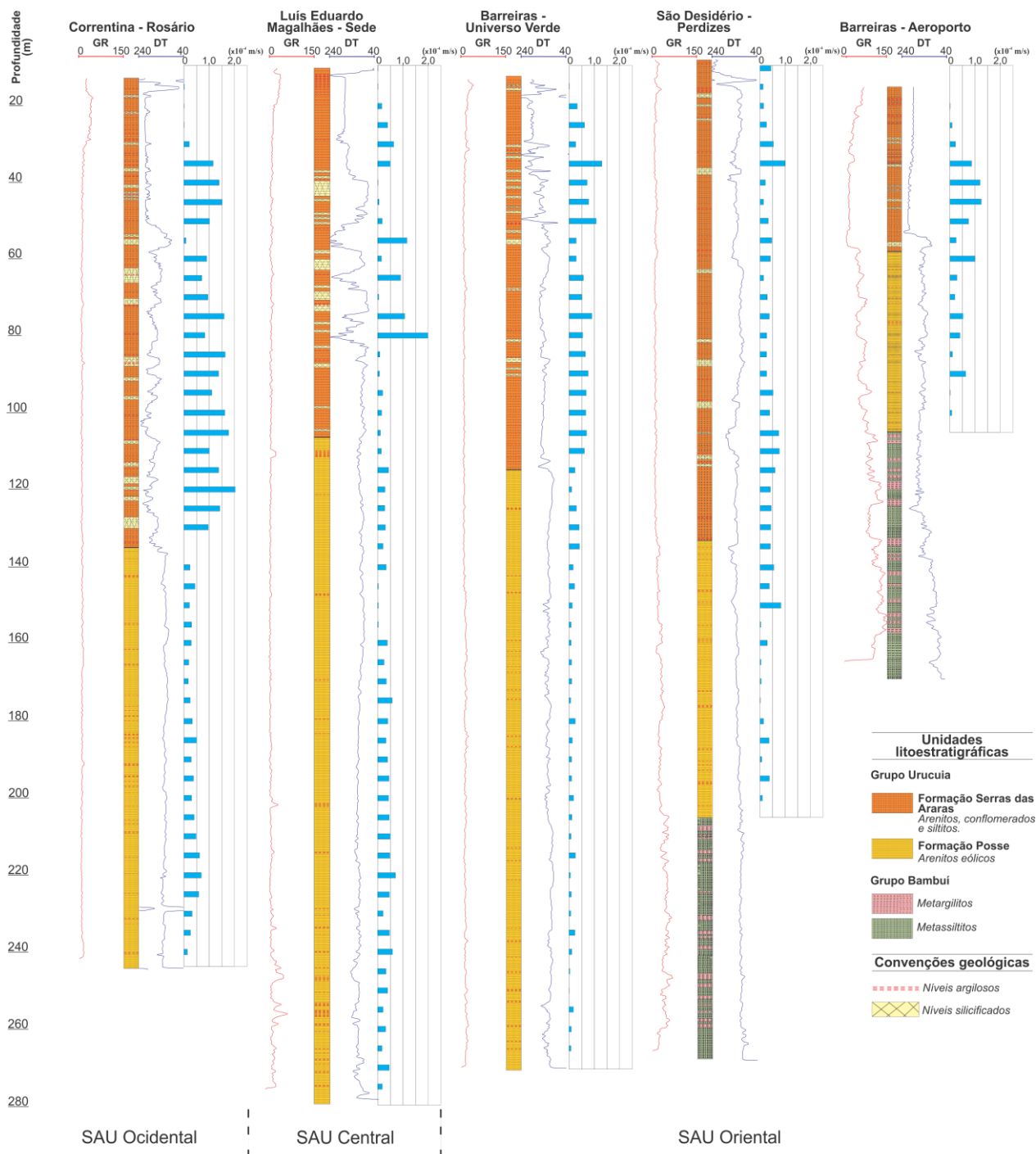
<b>Porosidade Efetiva (<math>\varphi_e</math>)</b>	$\varphi_e = \varphi \cdot (1 - \text{VSH})$	Adimensional (%)	Schlumberger (1989)
<b>Permeabilidade Intrínseca (<math>k</math>)</b>	$k = 1,828 \cdot 10^5 \cdot \left( \frac{\varphi_e^{m+2}}{(1 - \varphi_e)^2} \right)^{1.10}$  m = 1,8 e 2,0; para as Formações Posse e Serra das Araras, respectivamente.	mD	Winsauer <i>et al.</i> , (1952)
<b>Condutividade Hidráulica Vertical (<math>K_z</math>)</b>	$K = \frac{k\rho g}{\mu} = \frac{k\rho g}{\left[ 2,414 \times 10^{-5} \cdot 10^{\left( \frac{247,8}{T-140} \right)} \right]}$  Onde: $k$ em $\text{m}^2$ ; $\rho$ é a massa específica do fluido ( $998 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ); $\mu$ é a viscosidade dinâmica ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}$ ); $T$ é a temperatura na camada analisada em graus Kelvin ( $T = P_{ro} \cdot GG + T_{ss}$ ), onde $P_{ro}$ profundidade da camada analisada, $GG$ gradiente geotérmico ( $30^\circ\text{C}/1000\text{m}$ ), $T_{ss}$ temperatura na superfície em graus Kelvin – lida no cabeçalho do perfil geofísico; $g$ é aceleração da gravidade local ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ).	m/s	Hubbert (1940); Feitosa, (2008); Maliva (2016)

**Tabela 1** Equações características para determinação dos parâmetros argilosidade (VSH), porosidade total ( $\varphi$ ), porosidade efetiva ( $\varphi_e$ ), permeabilidade intrínseca ( $k$ ) e condutividade hidráulica vertical ( $K_z$ ) (modificado de Santos & Barbosa (2020)).

Em geral, os sistemas aquíferos se apresentam como meios heterogêneos e anisotrópicos (Soares *et al.*, 2008). Dessa forma, a heterogeneidade varia em uma formação geológica de acordo com a distribuição espacial das propriedades hidráulicas (i.e., condutividade hidráulica) e a anisotropia se refere as variações nas propriedades físicas dos materiais conforme diferentes direções (Maliva, 2016). Assim, a condutividade hidráulica ( $K$ ) é o parâmetro necessário para uma análise de anisotropia dos sistemas aquíferos. Ela pode, então, ser subdividida em: (i) vertical ( $K_z$ ), obtida por medidas diretas (i.e., *slug test*), e na aplicação de equações analíticas associadas a interpretação quantitativa de perfis geofísicos de poços (Tabela 1); e (ii) horizontal ( $K_x$ ), através da interpretação dos testes de bombeamento de poços. Foram utilizados, nesta pesquisa, dados de condutividade hidráulica horizontal ( $K_x$ ) oriundos dos resultados das interpretações de teste de bombeamento sintetizados nos trabalhos realizados por Barbosa (2016) e Barbosa *et al.* (2017). A razão de anisotropia (*anisotropy ratio*),  $\frac{K_x}{K_z}$ , é um fator que determina a condição de isotropia de um sistema aquífero, quando  $K_x/K_z = 1$ , ou anisotropia, quando  $K_x/K_z > 1$  (Freeze e Cherry, 1979; Todd e Mays, 1980; Maliva, 2016).

#### **4 Resultados e Discussões**

O Sistema Aquífero Urucuia apresenta uma variação significativa nos parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos (i.e., condutividade hidráulica) (Santos & Barbosa, 2020). Isso ocorre devido a heterogeneidade associada às unidades litoestratigráficas (i.e., Formações: Posse e Serra das Araras), como observado nas seções levantadas em campo (Barbosa *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2021), e nas interpretações qualitativas e quantitativas dos perfis geofísicos relacionados a condutividade hidráulica vertical em profundidade (Figura 2).



**Figura 2** Interpretação qualitativa dos poços perfilados para as unidades do Grupo Urucua que representa a heterogeneidade litológica associada e a variação quantitativa da condutividade hidráulica vertical ( $K_z$ , na escala com ordem de  $10^{-4}$  m/s).

A heterogeneidade dos arenitos eólicos da Formação Posse ocorre devido ao aumento da argilosidade (VSH) em profundidade, relacionado à presença de uma pseudomatiz, proveniente

da infiltração mecânica das argilas da formação sobrejacente (i.e., Formação Serra das Araras). A ocorrência da pseudomatriz possibilita a formação de zonas de condutividade hidráulica vertical ( $K_{(z)min}$ ) baixas (i.e. conforme verificado nos poços Barreiras-Aeroporto, entre 90 e 95 metros; São Desidério-Perdizes entre 165 e 180 metros; Luís Eduardo Magalhães – Sede entre 145 e 160 metros de profundidade) (Figura 2 e Tabela 2). Na Formação Posse é verificado espacialmente, uma fraca heterogeneidade litológica, relacionados a arenitos eólicos limpos nas porções ocidentais, a moderada associado aos arenitos com níveis argilosos (pseudomatriz) mais frequentes nas porções orientais (Figura 1 e 2).

Poços	Formação Serra das Araras		
	$K_{(z)max}$	$K_{(z)min}$	$K_{(z)media}$
<i>Barreiras – Aeroporto</i>	$1,24.10^{-4}$	$3,16.10^{-9}$	<b><math>5,73.10^{-5}</math></b>
<i>São Desidério – Perdizes</i>	$1,00.10^{-4}$	$1,24.10^{-5}$	<b><math>3,99.10^{-5}</math></b>
<i>Barreiras – Universo Verde</i>	$1,29.10^{-4}$	$9,30.10^{-7}$	<b><math>6,08.10^{-5}</math></b>
<i>Luís Eduardo Magalhães – Sede</i>	$1,58.10^{-4}$	$1,01.10^{-10}$	<b><math>3,14.10^{-5}</math></b>
<i>Correntina – Rosário</i>	$2,02.10^{-4}$	$1,37.10^{-7}$	<b><math>1,03.10^{-4}</math></b>
Poços	Formação Posse		
	$K_{(z)max}$	$K_{(z)min}$	$K_{(z)media}$
<i>Barreiras – Aeroporto</i>	$9,83.10^{-5}$	$1,64.10^{-7}$	<b><math>3,45.10^{-5}</math></b>
<i>São Desidério – Perdizes</i>	$8,15.10^{-5}$	$1,48.10^{-6}$	<b><math>2,53.10^{-5}</math></b>
<i>Barreiras – Universo Verde</i>	$4,10.10^{-5}$	$9,00.10^{-7}$	<b><math>1,43.10^{-5}</math></b>
<i>Luís Eduardo Magalhães – Sede</i>	$6,94.10^{-5}$	$2,47.10^{-6}$	<b><math>3,36.10^{-5}</math></b>
<i>Correntina – Rosário</i>	$6,81.10^{-5}$	$1,43.10^{-5}$	<b><math>3,51.10^{-5}</math></b>
Onde: Os parâmetros $K_{(z)max}$ , $K_{(z)min}$ , $K_{(z)media}$ em [m/s]			

**Tabela 2** Valores máximos, mínimos e médios da condutividade hidráulica vertical ( $K_{(z)}$ ) das unidades litoestratigráficas do Grupo Uruçua.

Na Formação Serra das Araras, a heterogeneidade das unidades litológicas é moderada devido a maior variação composicional das rochas (arenitos e conglomerados argilosos) a elevada em seções com presença de níveis de arenitos silicificados e fraturados (Figura 2). Em termos hidrogeológicos, a presença dos níveis de arenitos silicificados e fraturados se relaciona a aquitardes que limita o SAU em aquíferos individualizados, conforme verificado nos poços Luís Eduardo Magalhães-Sede entre 45 e 60 metros e entre 65 e 70 metros de profundidade. Nessa unidade, ocorre uma variação espacial da condutividade hidráulica vertical devido aos processos



de sedimentação e diagenéticos atuantes resultando em uma maior diversificação litológica em relação a unidade inferior (Figura 2).

O grau de anisotropia das unidades litoestratigráficas do Grupo Urucuia é quantificado conforme a razão de anisotropia. Os valores de condutividade hidráulica horizontal, obtidos através dos testes de bombeamento, são oriundos de publicações de pesquisadores do tema e sintetizados na Tabela 3 (Barbosa, 2016; Barbosa *et al.*, 2017).

<i>Formação Serra das Araras</i>								
<b>K<sub>x</sub> (m/s)</b>	2,50.10 <sup>-7</sup>	1,40.10 <sup>-6</sup>	4,00.10 <sup>-7</sup>	7,90.10 <sup>-7</sup>	9,40.10 <sup>-5</sup>	4,40.10 <sup>-4</sup>	9,00.10 <sup>-6</sup>	3,90.10 <sup>-6</sup>
	9,60.10 <sup>-6</sup>							
<b>K<sub>x(médio)</sub> (m/s)</b>	<b>6,21.10<sup>-5</sup></b>							
<i>Formação Posse</i>								
<b>K<sub>x</sub> (m/s)</b>	1,00.10 <sup>-4</sup>	1,10.10 <sup>-4</sup>	6,70.10 <sup>-5</sup>	6,90.10 <sup>-5</sup>	4,40.10 <sup>-4</sup>	2,50.10 <sup>-5</sup>	6,40.10 <sup>-5</sup>	3,80.10 <sup>-5</sup>
	3,50.10 <sup>-4</sup>	9,50.10 <sup>-4</sup>	2,10.10 <sup>-4</sup>	8,80.10 <sup>-5</sup>	9,40.10 <sup>-6</sup>	7,50.10 <sup>-6</sup>	1,20.10 <sup>-4</sup>	6,70.10 <sup>-5</sup>
	8,10.10 <sup>-6</sup>	3,50.10 <sup>-4</sup>	7,40.10 <sup>-6</sup>					
<b>K<sub>x(médio)</sub> (m/s)</b>	<b>1,62.10<sup>-4</sup></b>							

**Tabela 3** Síntese das condutividades hidráulicas horizontais (K<sub>x</sub>) regionais do Sistema Aquífero Urucuia (fonte: (Barbosa, 2016; Barbosa *et al.*, 2017)).

Os valores apresentados nas Tabela 2 e Tabela 3 são utilizados como base para a obtenção da razão de anisotropia (Tabela 4). A Formação Posse apresenta valores de razão de anisotropia entre 4,62 a 11,34. De um modo geral, as razões de anisotropia tendem a diminuir do centro para as bordas da bacia hidrogeológica relacionados a maiores espessuras sedimentares e saturadas e dificuldade de percolação (K<sub>z</sub>) através da unidade sobrejacente. Em termos hidrogeológicos, o padrão apresentado pelas razões de anisotropia pode ser interpretado com relação ao fluxo de água subterrânea que ocorre preferencialmente horizontal em sistemas condutores hídricos confinados e canalizados com direção regional de oeste para leste onde as razões diminuem nas bordas e caracterizam fluxos verticais (K<sub>z</sub>) relacionados à recarga na borda ocidental e descarga da água subterrânea nos limites orientais.

A Formação Serra das Araras é caracterizada pela razão de anisotropia que varia entre 0,61 a 1,98, além de apresentar uma maior variação litológica e condições mais próximas a isotropia. Os valores mais elevados são relacionados a maior frequência de níveis de arenitos silicificados nas porções centrais da bacia e decréscimo para a bordas orientais (Tabela 4 e Figura

2). Essas variações da razão de anisotropia, foram interpretadas, hidrogeologicamente, como ocorrência da recarga das águas subterrâneas, nesta unidade superior, pela infiltração direta das chuvas, proporcionando um equilíbrio entre  $K_x$  e  $K_z$ . Na bacia hidrogeológica central, ocorre os maiores graus de anisotropia (i.e., 1,98 – poço Luís Eduardo Magalhães - Sede), espessuras saturadas e frequência de níveis silicificados (substrato impermeável). Enquanto que nas bordas diminuem gradualmente onde atingem valores próximos a 1 no SAU Oriental e menores que 1 ( $K_x < K_z$ ) no caso do SAU Ocidental representado pelo poço Correntina-Rosário que é o único que apresenta valor de anisotropia menor que 1. Nele, a maior condutividade hidráulica vertical está relacionada as condições de deflexão da superfície potenciométrica nas regiões extremo ocidental da bacia hidrogeológica. De um modo geral, a diminuição nos valores da razão de anisotropia está relacionada a deflexões do fluxo subterrâneo e descarga da água subterrânea nas quebras de relevo que limitam a bacia hidrogeológica.

		<i>Correntina – Rosário</i>	<i>Luís Eduardo Magalhães – Sede</i>	<i>Barreiras – Univ. Verde Agronegócio</i>	<i>São Desidério – Perdizes</i>	<i>Barreiras – Aeroporto</i>
$\frac{K_{xmédio}}{K_{zmédio}}$	<b>Formação Serra das Araras</b>	0,61	1,98	1,02	1,56	1,20
$\frac{K_{xmédio}}{K_{zmédio}}$	<b>Formação Posse</b>	4,62	4,82	11,34	6,41	4,95
<b>Posicionamento no aquífero regional</b>		<i>SAU Ocidental</i>	<i>SAU Central</i>	<i>SAU Oriental</i>		

**Tabela 4** Razão de anisotropia entre as médias da condutividade hidráulica vertical e horizontal para cada unidade litoestratigráfica do Grupo Urucuia.

## 5 Conclusões

A condutividade hidráulica é um parâmetro hidrodinâmico que permite a caracterização de um sistema aquífero quanto a heterogeneidade e anisotropia das unidades litológicas. De um modo geral, para a unidade geológica inferior, representada pela Formação Posse, as elevadas razões de anisotropia encontrados na bacia hidrogeológica central refletem uma condução hidráulica da água subterrânea no eixo horizontal ( $K_x$ ) mais eficaz do que àquelas do eixo vertical ( $K_z$ ) com uma condição de fluxo preferencial e confinamento da água subterrânea sem recarga induzida. Em contrapartida, como o fluxo subterrâneo ocorre preferencialmente de oeste para leste, as razões diminuem nas bordas e caracterizam fluxos verticais ( $K_z$ ) relacionados à recarga

na borda ocidental e descarga da água subterrânea nos limites orientais. Já a Formação Serra das Araras, apesar da maior variação litológica, apresenta uma menor discrepância entre as condutividades hidráulicas horizontais ( $K_x$ ) e verticais ( $K_z$ ), mais próximos as condições de isotropia. Isso ocorre devido a recarga das águas subterrâneas na unidade superior ocorrer pela infiltração direta das chuvas, proporcionando um equilíbrio entre  $K_x$  e  $K_z$ . Na bacia hidrogeológica central, ocorre os maiores graus de anisotropia, espessuras saturadas e frequência de níveis silicificados (substrato impermeável). Enquanto que nas bordas os graus de anisotropia diminuem gradualmente onde atingem valores próximos a 1 no SAU Oriental e menores que 1 ( $K_x < K_z$ ), no caso do SAU Ocidental. De um modo geral, a diminuição nos valores da razão de anisotropia está relacionada a deflexões do fluxo subterrâneo e descarga da água subterrânea nas quebras de relevo que limitam a bacia hidrogeológica.

## 6 Agradecimentos

Os autores agradecem à CERB pela disponibilização e autorização de uso dos perfis geofísicos de poços; ao Núcleo de Estudos Hidrogeológicos e do Meio Ambiente – NEHMA pela utilização da estrutural laboratorial para a realização dessa investigação; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo auxílio financeiro; e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES através da manutenção do portal de periódicos – Código de Financiamento 001.

## 7 Referências

- Barbosa, N.S. 2016. *Hidrogeologia do Sistema Aquífero Urucuia, Bahia*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Tese de Doutorado, 170p.
- Barbosa, N.S. 2009. *Hidrogeologia do Sistema Aquífero Urucuia na Região das Bacias Hidrográficas dos rios Formoso e Arrojado, Oeste do Estado da Bahia*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Dissertação de Mestrado, 98p.
- Barbosa, N.S.; Leal, L.R.B.; Santos, R.L.S. & Mello, J.C. 2014. Caracterização Hidro-Litoestratigráfica do Sistema Aquífero Urucuia com base em Perfis Geofísicos de

Poços. In: SUPLEMENTO - XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2014, Resumos expandidos, Belo Horizonte. p.18.

Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A.A. 1994. Carta estratigráfica da Bacia Sanfranciscana. In: 38º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1994, Balneário Camboriú-SC, p.50-51.

Campos, J.E.G. & Dardenne, M. A. A. 1997. Estratigrafia e Sedimentação da Bacia Sanfranciscana: Uma Revisão. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(3): 269-282.

Campos, J.E.G. & Dardenne, M. A. A. 1999. Distribuição, estratigrafia e sistemas deposicionais do grupo Urucuia - Cretáceo Superior da bacia Sanfranciscana. *Geociências*, 18(2): 481-499.

Feitosa, F.A.C. 2008. *Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações*. Revisada e Ampliada. 3ª ed. Rio de Janeiro: Laboratório de Hidrogeologia-UFPE/CTG, 812 p.

Freeze, R.A. & Cherry, J.A. 1979. *Groundwater*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.

Gaspar, M.T.P. 2006. *Sistema Aquífero Urucuia: Caracterização Regional e Propostas de Gestão*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade de Brasília, Tese de Doutorado, 204p.

Gaspar, M.T.P. & Campos, J.E.G. 2007. O Sistema Aquífero Urucuia. *Revista Brasileira de Geociências*, 37(4): 216- 226.

Hubbert, M.K. 1940. The theory of groundwater motions. *Journal of Geology*, 48, 785-944.

Maliva, R.G. 2016. *Aquifer Characterization Techniques - Schlumberger Methods in Water Resources Evaluation Series N°4*. Fort Myers, FL, USA: Springer Hydrogeology, 617p.

Nascimento, K.R.F. 2002. *Aspectos Hidrogeoquímicos e Qualidade das Águas Subterrâneas e Superficiais da Sub-bacia do Rio das Fêmeas*. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Salvador-BA, 21p.

- Nascimento, K.R.F. & Lima, O.A.L. 2013. Cálculo de parâmetros hidráulicos do Aquífero Urucuia utilizando dados geoeletricos. In:13th INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 2013. Resumo expandido, Rio de Janeiro, p.6.
- Raymer, L.L.; Hunt, E.R. & Gardner, J.S. 1980. An improved sonic transit time-to-porosity transform: Transactions of the Society of Professional Well Log Analysts. *21<sup>st</sup> Annual Logging Symposium*. 12p.
- Santos, R. L. S. & Barbosa, N. S. 2020. Determinação da Porosidade e Permeabilidade do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Occidental através da Interpretação de Perfis Geofísicos. *Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ*, 323-333. DOI: [https://doi.org/10.11137/2020\\_3\\_323\\_333](https://doi.org/10.11137/2020_3_323_333).
- Santos, R. L. S.; Barbosa, N. S.; Araújo, T. W. A.; Santos, C. B. 2021. Determinação de Parâmetros Petrofísicos e Hidrodinâmicos do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Occidental através da Análises de Classes Granulométricas. *Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ*, p. 22.
- Schlumberger. 1989. *Log Interpretation Principles/Applications*. Houston: Schlumberger Educational Services, 203 p.
- Sgarbi, G.N.C. 1989. *Geologia da Formação Areado. Cretáceo Inferior a Médio da Bacia Sanfranciscana, Oeste do Estado de Minas Gerais*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Dissertação de Mestrado, 324p.
- Soares, A.P.; Soares, P.C.; Holz, M. 2008. Heterogeneidades hidroestratigráficas no Sistema Aquífero Guarani. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38(4), p. 598-617.
- Spigolon, A.L.D. & Alvarenga, C.J.S. 2002. Fácies e Elementos Arquiteturais resultantes de Mudanças Climáticas em um Ambiente Desértico: Grupo Urucuia (Neocretáceo), Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, 32(4): 579-586.
- Todd, D.K. & Mays, L.W. 1980. *Groundwater Hydrology*. 3<sup>a</sup>. ed. Hoboken, NJ: Wiley, 636p.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES

---

Dois métodos (i.e., análise quantitativa de perfis geofísicos de poços e análise granulométrica de sedimentos) foram aplicados, nesta pesquisa, para a determinação petrofísica e hidrodinâmica do Sistema Aquífero Urucuia (SAU). Cada método utilizado apresenta um nível de detalhamento específico e sua escala de investigação (Maliva, 2016). Dessa forma, as análises de perfis geofísicos de poços são métodos de escala de investigação pequena (i.e., variação aproximada entre 0,01 – 2 metros) que possui vantagens por não serem invasivos à formação, de rápida determinação, quantitativo elevado de dados obtidos das propriedades litológicas e podem fornecer resultados satisfatórios no que concerne à heterogeneidade das unidades geológicas. Já as análises granulométricas dos sedimentos são métodos em escala refinada (i.e., variação entre 0,05 – 0,1 metros), pois se utiliza do tamanho do grão para obtenção dos resultados em locais preestabelecidos (i.e., coleta pontual em afloramento e posterior análise laboratorial). Existe, então, relações entre os métodos aplicados e os respectivos resultados quando se trata em escala de investigação. Dessa forma, os resultados apresentados, nesta dissertação, são condizentes com o contexto geológico do Grupo Urucuia.

Desse modo, em conformidade com a orientação ENE para WSW, as seguintes modificações, identificadas no Capítulo 2, que ocorrem nos parâmetros petrofísicos, obtidos pela análise quantitativa dos perfis geofísicos de poços, há: (i) na Formação Posse um aumento nos valores de  $VSH_{\text{médio}}$  e, conseqüentemente, uma diminuição na porosidade total ( $\phi$ ) nas porções ocidentais devido a um processo de infiltração mecânica das argilas, que funcionam como uma pseudomatriz dos arenitos eólicos, fato observado com o aumento da VSH com a profundidade; (ii) para a Formação Serra das Araras ocorre diminuição na VSH, segundo essa orientação, devido a uma maior variação no regime e carga de fluxos sedimentares. Em profundidade apresentam uma diminuição no VSH devido à perda dos sedimentos finos por infiltração mecânica para a Formação Posse subjacente. Em relação a porosidade total ( $\phi$ ), na porção central da bacia hidrogeológica ocorre uma diminuição significativa nos valores médios desse parâmetro devido uma maior frequência de níveis silicificados e fraturados que representam aquitardes e segmentam o sistema aquífero.

A porosidade efetiva ( $\phi_e$ ) e a permeabilidade ( $k$ ) para a Formação Posse apresentam aumento nas porções ocidentais devido a um maior grau de seleção das partículas do arcabouço associado a uma redução do parâmetro argilidade. Já para a Formação Serra das Araras têm-se diminuição em direção à porção central e oriental da bacia hidrogeológica devido a uma maior ocorrência de níveis silicificados e da presença de uma maior variabilidade de litotipos, respectivamente. De modo geral, os parâmetros petrofísicos se relacionam a dois importantes reservatórios que compõem o Sistema Aquífero Urucuia – Aquífero Posse e Aquífero Serra das Araras – permoporosos, contíguos e segmentados por aquitardes silicificados que, provavelmente, conferem uma conexão hidráulica por drenança vertical, entre as unidades litoestratigráficas.

A determinação petrofísica e hidrodinâmica a partir das análises de classes granulométricas (Capítulo 3) é utilizada por diversos pesquisadores em diferentes contextos geológicos e hidrogeológicos. Apresentam vantagens principalmente relacionadas a custos, os quais são acessíveis, e a períodos curtos para processamento dos dados e obtenção dos resultados. Devido a sua fácil aplicação, essa técnica é requerida para estudos relacionados de determinação da porosidade, permeabilidade e condutividade hidráulica, especialmente, em sistemas aquíferos granulares.

A saber, as unidades litoestratigráficas do Grupo Urucuia são caracterizadas predominantemente por areias muito finas a médias moderadamente selecionadas e podem conter grânulos associados e os coeficientes de uniformidade ( $U$ ) são menores que 1. Estas características sedimentológicas se mostram favoráveis a aplicação e determinação petrofísica e hidrodinâmica a partir de equações empíricas investigadas no Capítulo 3 desta dissertação.

Quanto ao parâmetro porosidade, foram exploradas quatro equações características. Duas usualmente aceitas e utilizadas em outras publicações (i.e., Vukovic & Soro (1992) e Wang *et al.* (2017)) e as restantes obtidas, nesta pesquisa, por regressão exponencial  $\phi_{vs}$  e  $\phi_w$ . Nota-se que apesar dos valores elevados para o parâmetro porosidade, as equações de Wang *et al.*, (2017) e  $\phi_w$  apresentam-se consistentes e ratificam os valores obtidos por Santos & Barbosa (2020). Em contrapartida, os valores obtidos pela aplicação da equação de Vukovic & Soro (1992) e regressão exponencial  $\phi_{vs}$  apresentam valores elevados, o que inviabiliza a utilização delas para determinação petrofísica e hidrodinâmica para as Formações Posse e Serra das Araras.

A permeabilidade e condutividade hidráulica foram obtidas pela aplicação das equações: (i) Slitcher, (ii) USBR, (iii) Kozeny-Carman, (iv) Hazen, (v) Beyer, (vi) Terzaghi. São válidas, dentre as supracitadas em detrimento às características dos sedimentos do Grupo Urucuia (i.e., areias finas a médias, moderadamente selecionadas,  $U$  menor que 1), as equações de Slitcher, USBR, Kozeny-Carman e Hazen. Essas equações apresentam resultados semelhantes aos obtidos por Santos & Barbosa (2020) quanto a permeabilidade intrínseca. As equações restantes (i.e., Beyer e Terzaghi) devido as propriedades sedimentológicas que caracterizam o Grupo Urucuia, não podem ser consideradas para a obtenção da permeabilidade e da condutividade hidráulica pois superestimam os resultados em comparação a literatura mais recentemente (Santos & Barbosa, 2020).

Por fim, foram realizadas análises de heterogeneidade e anisotropia das formações do Grupo Urucuia contidas no Capítulo 4. Estas estão diretamente relacionadas ao comportamento da condutividade hidráulica. Para a unidade geológica inferior, Formação Posse, as elevadas razões de anisotropia encontrados na bacia hidrogeológica central refletem uma condução hidráulica da água subterrânea no eixo horizontal ( $K_x$ ) mais eficaz do que àquelas do eixo vertical ( $K_z$ ) com uma condição de fluxo preferencial e confinamento da água subterrânea sem recarga induzida. Em contrapartida, como o fluxo subterrâneo ocorre preferencialmente de oeste para leste, as razões diminuem nas bordas e caracterizam fluxos verticais ( $K_z$ ) relacionados à recarga na borda ocidental e descarga da água subterrânea nos limites orientais. Em relação a unidade superior, Formação Serra das Araras, mesmo com uma maior variação litológica, apresenta uma menor discrepância entre as condutividades hidráulicas horizontais ( $K_x$ ) e verticais ( $K_z$ ), que corresponde as condições aproximadamente isotrópicas. Isso ocorre devido que a recarga das águas subterrâneas ocorre pela infiltração direta das chuvas, assim, proporcionando um equilíbrio entre  $K_x$  e  $K_z$ . Na bacia hidrogeológica central, ocorre os maiores graus de anisotropia, espessuras saturadas e frequência de níveis silicificados (substrato impermeável). Enquanto que nas bordas os graus de anisotropia diminuem gradualmente onde atingem valores próximos a 1 no SAU Oriental e menores que 1 ( $K_x < K_z$ ), no caso do SAU Ocidental. De um modo geral, a diminuição nos valores da razão de anisotropia está relacionada a deflexões do fluxo subterrâneo e descarga da água subterrânea nas quebras de relevo que limitam a bacia hidrogeológica.



A eficácia dos dois métodos aplicados (i.e., análise de perfis geofísicos, e as análises granulométricas) versa necessariamente sobre o custo, tempo envolvido, nível de detalhamento dos métodos e quantidade de dados gerados. Portanto, eles apresentam resultados satisfatórios, custos acessíveis e grande quantidade de dados aplicados para estudos hidrogeológicos no SAU. A principal vantagem associada aos perfis geofísicos é a possibilidade de considerar a heterogeneidade associadas às formações analisadas *in situ* (Formações Posse e Serra da Araras) e, assim, apresentar grande quantidade de dados para interpretações mais consistentes dos parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos das unidades litoestratigráficas; e as análises granulométricas dos sedimentos, necessariamente, versa sobre análise pontual em determinada seção estratigráfica onde foram coletados às amostras de sedimentos com aplicação metodológica rápida e a custos financeiros baixos, que muitas vezes pode ser inviabilizado quando determinado nível apresentar uma unidade não aflorante. Dessa forma, é viável a aplicação conjunta e complementar dos diferentes métodos para determinação petrofísica e hidrodinâmica no Sistema Aquífero Urucuia.

## APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA DA PARTICIPAÇÃO DOS COAUTORES

---

### **Artigo 1 – Determinação da Porosidade e Permeabilidade do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Ocidental através da Interpretação de Perfis Geofísicos.**

*Artigo publicado no Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ ([https://doi.org/10.11137/2020\\_3\\_323\\_333](https://doi.org/10.11137/2020_3_323_333)) e pode, também, ser acessado no Researchgate ((1) (PDF) Determinação da Porosidade e Permeabilidade do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Ocidental através da Interpretação de Perfis Geofísicos (researchgate.net)).*

Autores: Rafael Lima dos Santos Santos; Natanael da Silva Barbosa

Rafael Lima dos Santos Santos – Geólogo e discente de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia. Trabalhou com os perfis geofísicos na determinação de parâmetros petrofísicos para elaboração da monografia de Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Federal do Oeste da Bahia sob orientação de Natanael da Silva Barbosa e também nesta dissertação.

Natanael da Silva Barbosa – Geólogo. Professor adjunto do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Contribuiu com a interpretação dos dados, redação do texto e na confecção de figuras.

---

### **Artigo 2 – Determinação dos Parâmetros Petrofísicos e Hidrodinâmicos do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Ocidental através das Análises de Classes Granulométricas**

*Artigo que ainda necessita de dados adicionais de análises granulométricas, se encontra em fase de elaboração com resultados preliminares e ainda não submetido.*

Autores: Rafael Lima dos Santos Santos; Natanael da Silva Barbosa; Thiago Winícios Alves Araújo; Cristovaldo Bispo dos Santos.

Rafael Lima dos Santos Santos – Geólogo e discente de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia. Trabalhou com os perfis geofísicos na determinação de parâmetros petrofísicos para elaboração da monografia de Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Federal do Oeste da Bahia sob orientação de Natanael da Silva Barbosa

e também nesta dissertação, além de realizar ensaios granulométricos para obtenção das propriedades petrofísicas e hidrodinâmicas das rochas do Grupo Urucuia.

Natanael da Silva Barbosa – Geólogo. Professor adjunto do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Contribuiu com a interpretação dos dados, redação do texto e na confecção de figuras.

Thiago Winícios Alves Araújo – Geólogo de exploração mineral na Equinox Gold Corp., especialista em Geologia de Minas e Técnicas de Lavra à Céu Aberto. Contribuiu com as etapas de campo na construção das seções estratigráficas e na coleta de sedimentos do Grupo Urucuia para análise granulométrica.

Cristovaldo Bispo dos Santos – Professor adjunto do Departamento de Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia e Geólogo no Serviço Geológico do Brasil (CPRM) onde integra a Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas (RIMAS). Possui experiência nas áreas de Geociências com ênfase em Hidrogeologia e Recursos Hídricos. Participou da interpretação dos dados e da revisão do texto.

---

### **Artigo 3 – Anisotropia e Heterogeneidade Tridimensional da Condutividade Hidráulica do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Ocidental**

*Artigo em fase final de preparação e ainda não submetido.*

Autores: Autores: Rafael Lima dos Santos Santos; Natanael da Silva Barbosa

Rafael Lima dos Santos Santos – Geólogo e discente de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia. Trabalhou com os perfis geofísicos na determinação de parâmetros petrofísicos para elaboração da monografia de Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade Federal do Oeste da Bahia sob orientação de Natanael da Silva Barbosa e na também nesta dissertação.

Natanael da Silva Barbosa – Geólogo. Professor adjunto do Departamento de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. Contribuiu com a interpretação dos dados, redação do texto e na confecção de figuras.

## APÊNDICE B – TABELA COM OS DADOS BRUTOS

Dados brutos das análises quantitativas dos parâmetros petrofísicos obtidos a partir de perfis geofísicos de poços utilizados na confecção do artigo 1 (Capítulo 2).

Grmax (LBF) – Linha de base folhelho ou raios gama máximo;

Grmin – Raios gama mínimo ou linha de base de arenitos;

Grperfil – Raios gama lido no perfil;

IGR – Índice de radioatividade ou radiatividade linear;

A – Constante que considera idade e o grau de consolidação das rochas;

VSH – Argilosidade;

Prof. – Profundidade;

Dt – Tempo de trânsito acústicas lido no perfil;

Dtm – Tempo de trânsito de ondas acústicas para a matriz de arenitos;

m – Fator de cimentação;

$\phi$  – Porosidade total;

$\phi_e$  – Porosidade efetiva;

k – Permeabilidade intrínseca;

### B1.1 Dados da argilosidade (VSH) da Formação Posse no poço Barreiras – Aeroporto.

<i>Formação Posse</i>							
<i>Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)</i>							
<i>perfil composto poço Barreiras – Aeroporto</i>							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)
94,74	36,84	39,47	0,05	2	2,32%	58-105	60
94,74	36,84	60	0,40	2	25,00%	58-105	65
94,74	36,84	63,15	0,45	2	29,40%	58-105	70
94,74	36,84	44,73	0,14	2	7,31%	58-105	75
94,74	36,84	47,36	0,18	2	9,99%	58-105	80
94,74	36,84	71,05	0,59	2	41,93%	58-105	85

94,74	36,84	47,36	0,18	2	9,99%	58-105	90
94,74	36,84	86,84	0,86	2	75,99%	58-105	95
94,74	36,84	73,68	0,64	2	46,66%	58-105	100
<i>Média da Argilosidade da Formação</i>					27,62%		

### B1.2 Dados de porosidade e permeabilidade da Formação Posse no poço Barreiras-Aeroporto.

<i>Formação Posse</i>								
<i>Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculadas pelo Perfil Sônico e Raio Gama</i>								
<i>Perfil Composto Poço Barreiras – Aeroporto</i>								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k ( $m^2$ )	prof. (metros)
141,75	56	1,80	0,02	37,81%	36,93%	7834,49	$7,73 \cdot 10^{-12}$	60
145,26	56	1,80	0,25	38,41%	28,80%	2123,65	$2,10 \cdot 10^{-12}$	65
141,75	56	1,80	0,29	37,81%	26,69%	1448,74	$1,43 \cdot 10^{-12}$	70
127,71	56	1,80	0,07	35,09%	32,53%	3973,32	$3,92 \cdot 10^{-12}$	75
124,21	56	1,80	0,10	34,32%	30,89%	3038,05	$3,00 \cdot 10^{-12}$	80
155,78	56	1,80	0,42	40,03%	23,25%	734,84	$7,25 \cdot 10^{-13}$	85
140	56	1,80	0,10	37,50%	33,75%	4827,76	$4,76 \cdot 10^{-12}$	90
155,78	56	1,80	0,76	40,03%	9,61%	12,79	$1,26 \cdot 10^{-14}$	95
160	56	1,80	0,47	40,63%	21,67%	523,96	$5,17 \cdot 10^{-13}$	100
<i>Média das Porosidades e Permeabilidades</i>				37,96%	27,13%	2724,18	$2,69 \cdot 10^{-12}$	

### B1.3 Dados da argilosidade (VSH) da Formação Serra das Araras no poço Barreiras – Aeroporto.

<i>Formação Serra das Araras</i>							
<i>Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)</i>							
<i>perfil composto poço Barreiras – Aeroporto</i>							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)
52,63	5,26	50	0,94	2	89,48%	16-58	20
52,63	5,26	34,21	0,61	2	44,00%	16-58	25
52,63	5,26	28,94	0,50	2	33,32%	16-58	30
52,63	5,26	18,42	0,28	2	16,13%	16-58	35
52,63	5,26	15,78	0,22	2	12,49%	16-58	40
52,63	5,26	15,78	0,22	2	12,49%	16-58	45
52,63	5,26	21,05	0,33	2	20,00%	16-58	50
52,63	5,26	7,89	0,06	2	2,86%	16-58	55

Média da Argilosidade da Formação	28,85%
-----------------------------------	--------

**B1.4** Dados de porosidade e permeabilidade da Formação Serra das Araras no poço Barreiras-Aeroporto.

Formação Serra das Araras								
Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculada pelo perfil Sônico e Raio Gama								
perfil composto poço Barreiras – Aeroporto								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiv.)	k (mildarcies)	k (m <sup>2</sup> )	prof. (metros)
183,85	56	2,00	0,89	43,46%	4,57%	0,26	$2,54 \cdot 10^{-16}$	20
187,36	56	2,00	0,44	43,82%	24,54%	701,78	$6,93 \cdot 10^{-13}$	25
190,87	56	2,00	0,33	44,16%	29,45%	1815,31	$1,79 \cdot 10^{-12}$	30
197,89	56	2,00	0,16	44,81%	37,58%	6956,06	$6,87 \cdot 10^{-12}$	35
204,91	56	2,00	0,12	45,42%	39,75%	9613,81	$9,49 \cdot 10^{-12}$	40
208,42	56	2,00	0,12	45,71%	40,00%	9976,08	$9,85 \cdot 10^{-12}$	45
208,42	56	2,00	0,20	45,71%	36,57%	5948,13	$5,87 \cdot 10^{-12}$	50
110,17	56	2,00	0,03	30,73%	29,85%	1953,17	$1,93 \cdot 10^{-12}$	55
Média das Porosidades e Permeabilidades				42,98%	30,29%	4620,57	$4,56 \cdot 10^{-12}$	

**B1.5** Dados da argilosidade (VSH) da Formação Posse no poço São Desidério – Perdizes.

Formação Posse							
Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)							
perfil composto poço São Desidério – Perdizes							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)
42,10	10,52	23,68	0,42	2	26,32%	133-205	135
42,10	10,52	17,10	0,21	2	11,63%	133-205	140
42,10	10,52	19,73	0,29	2	17,07%	133-205	145
42,10	10,52	15,78	0,17	2	9,08%	133-205	150
42,10	10,52	31,57	0,67	2	49,99%	133-205	155
42,10	10,52	21,05	0,33	2	20,01%	133-205	160
42,10	10,52	31,57	0,67	2	49,99%	133-205	165
42,10	10,52	30,26	0,63	2	45,46%	133-205	170
42,10	10,52	32,89	0,71	2	54,84%	133-205	175
42,10	10,52	25,00	0,46	2	29,75%	133-205	180
42,10	10,52	19,73	0,29	2	17,07%	133-205	185

42,10	10,52	27,63	0,54	2	37,16%	133-205	190
42,10	10,52	18,42	0,25	2	14,30%	133-205	195
42,10	10,52	25,00	0,46	2	29,75%	133-205	200
<i>Média da Argilosidade da Formação</i>					29,46%		

**B1.6** Dados de porosidade e permeabilidade da Formação Posse no poço São Desidério – Perdizes.

<i>Formação Posse</i>								
<i>Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculada pelo perfil Sônico e Raio Gama</i>								
<i>perfil composto poço São Desidério – Perdizes</i>								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiva)	k (milidarcies)	k ( $m^2$ )	prof. (metros)
166,31	56	1,80	0,26	41,45%	30,54%	2865,54	$2,83 \cdot 10^{-12}$	135
134,73	56	1,80	0,12	36,52%	32,27%	3813,93	$3,76 \cdot 10^{-12}$	140
132,98	56	1,80	0,17	36,18%	30,00%	2614,62	$2,58 \cdot 10^{-12}$	145
145,26	56	1,80	0,09	38,41%	34,92%	5783,56	$5,71 \cdot 10^{-12}$	150
134,73	56	1,80	0,50	36,52%	18,27%	233,50	$2,30 \cdot 10^{-13}$	155
129,47	56	1,80	0,20	35,47%	28,37%	1966,85	$1,94 \cdot 10^{-12}$	160
134,73	56	1,80	0,50	36,52%	18,27%	233,50	$2,30 \cdot 10^{-13}$	165
131,22	56	1,80	0,45	35,83%	19,54%	320,39	$3,16 \cdot 10^{-13}$	170
122,45	56	1,80	0,55	33,92%	15,32%	103,46	$1,02 \cdot 10^{-13}$	175
127,71	56	1,80	0,30	35,09%	24,66%	978,69	$9,66 \cdot 10^{-13}$	180
131,22	56	1,80	0,17	35,83%	29,71%	2486,69	$2,45 \cdot 10^{-12}$	185
120,7	56	1,80	0,37	33,50%	21,05%	456,50	$4,51 \cdot 10^{-13}$	190
125,96	56	1,80	0,14	34,71%	29,75%	2503,72	$2,47 \cdot 10^{-12}$	195
115,43	56	1,80	0,30	32,18%	22,61%	642,05	$6,34 \cdot 10^{-13}$	200
<i>Média das Porosidades e Permeabilidades</i>				35,87%	25,38%	1785,93	$1,76 \cdot 10^{-12}$	

**B1.7** Dados da argilosidade (VSH) da Formação Serra das Araras no poço São Desidério – Perdizes.

<i>Formação Serra das Araras</i>							
<i>Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)</i>							
<i>perfil composto poço São Desidério - Perdizes</i>							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)
31,57	6,57	18,42	0,47	2	31,06%	8-133	10
31,57	6,57	18,42	0,47	2	31,06%	8-133	15

31,57	6,57	10,52	0,16	2	8,58%	8-133	20
31,57	6,57	7,89	0,05	2	2,71%	8-133	25
31,57	6,57	7,89	0,05	2	2,71%	8-133	30
31,57	6,57	7,89	0,05	2	2,71%	8-133	35
31,57	6,57	14,47	0,32	2	18,76%	8-133	40
31,57	6,57	17,1	0,42	2	26,68%	8-133	45
31,57	6,57	11,84	0,21	2	11,78%	8-133	50
31,57	6,57	11,84	0,21	2	11,78%	8-133	55
31,57	6,57	10,52	0,16	2	8,58%	8-133	60
31,57	6,57	9,21	0,11	2	5,57%	8-133	65
31,57	6,57	9,21	0,11	2	5,57%	8-133	70
31,57	6,57	7,89	0,05	2	2,71%	8-133	75
31,57	6,57	7,89	0,05	2	2,71%	8-133	80
31,57	6,57	10,52	0,16	2	8,58%	8-133	85
31,57	6,57	10,52	0,16	2	8,58%	8-133	90
31,57	6,57	7,89	0,05	2	2,71%	8-133	95
31,57	6,57	11,84	0,21	2	11,78%	8-133	100
31,57	6,57	9,21	0,11	2	5,57%	8-133	105
31,57	6,57	7,89	0,05	2	2,71%	8-133	110
31,57	6,57	9,21	0,11	2	5,57%	8-133	115
31,57	6,57	11,84	0,21	2	11,78%	8-133	120
31,57	6,57	10,52	0,16	2	8,58%	8-133	125
31,57	6,57	10,52	0,16	2	8,58%	8-133	130
<i>Média da Argilosidade da Formação</i>					9,90%		

**B1.8** Dados de porosidade e permeabilidade da Formação Serra das Araras no poço São Desidério – Perdizes.

<i>Formação Serra das Araras</i>								
<i>Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculada pelo perfil Sônico e Raio gama</i>								
<i>perfil composto poço São Desidério – Perdizes</i>								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	prof. (metros)
240	56	2,0	0,31	47,92%	33,03%	3376,39	3,33.10 <sup>-12</sup>	10
141,75	56	2,0	0,31	37,81%	26,06%	957,48	9,45.10 <sup>-13</sup>	15
106,67	56	2,0	0,09	29,69%	27,14%	1181,81	1,17.10 <sup>-12</sup>	20
110,17	56	2,0	0,03	30,73%	29,90%	1968,64	1,94.10 <sup>-12</sup>	25
127,71	56	2,0	0,03	35,09%	34,14%	4050,86	4,00.10 <sup>-12</sup>	30



150,52	56	2,0	0,03	39,25%	38,18%	7616,76	$7,52 \cdot 10^{-12}$	35
129,47	56	2,0	0,19	35,47%	28,81%	1617,18	$1,60 \cdot 10^{-12}$	40
132,98	56	2,0	0,27	36,18%	26,53%	1049,06	$1,04 \cdot 10^{-12}$	45
129,47	56	2,0	0,12	35,47%	31,29%	2512,89	$2,48 \cdot 10^{-12}$	50
141,75	56	2,0	0,12	37,81%	33,35%	3560,67	$3,51 \cdot 10^{-12}$	55
129,47	56	2,0	0,09	35,47%	32,42%	3049,88	$3,01 \cdot 10^{-12}$	60
103,15	56	2,0	0,06	28,57%	26,98%	1144,67	$1,13 \cdot 10^{-12}$	65
115,43	56	2,0	0,06	32,18%	30,38%	2146,44	$2,12 \cdot 10^{-12}$	70
117,19	56	2,0	0,03	32,63%	31,75%	2719,91	$2,68 \cdot 10^{-12}$	75
110,17	56	2,0	0,03	30,73%	29,90%	1968,64	$1,94 \cdot 10^{-12}$	80
117,19	56	2,0	0,09	32,63%	29,83%	1946,64	$1,92 \cdot 10^{-12}$	85
117,19	56	2,0	0,09	32,63%	29,83%	1946,64	$1,92 \cdot 10^{-12}$	90
125,96	56	2,0	0,03	34,71%	33,77%	3813,67	$3,76 \cdot 10^{-12}$	95
132,98	56	2,0	0,12	36,18%	31,92%	2799,18	$2,76 \cdot 10^{-12}$	100
143,5	56	2,0	0,06	38,11%	35,99%	5433,98	$5,36 \cdot 10^{-12}$	105
138,24	56	2,0	0,03	37,18%	36,17%	5596,19	$5,52 \cdot 10^{-12}$	110
134,73	56	2,0	0,06	36,52%	34,49%	4282,40	$4,23 \cdot 10^{-12}$	115
134,73	56	2,0	0,12	36,52%	32,22%	2946,07	$2,91 \cdot 10^{-12}$	120
131,22	56	2,0	0,09	35,83%	32,75%	3223,15	$3,18 \cdot 10^{-12}$	125
129,47	56	2,0	0,09	35,47%	32,42%	3049,88	$3,01 \cdot 10^{-12}$	130
<i>Média das Porosidades e Permeabilidades</i>				35,23%	31,57%	2958,36	$2,92 \cdot 10^{-12}$	

**B1.9.** Dados da argilosidade (VSH) da Formação Posse no poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio.

<i>Formação Posse</i>							
<i>Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)</i>							
<i>perfil composto poço Barreiras - Universo Verde Agronegócio</i>							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)
23,68	5,26	7,89	0,14	2	7,69%	114,5-265	115
23,68	5,26	10,52	0,29	2	16,66%	114,5-265	120
23,68	5,26	6,57	0,07	2	3,69%	114,5-265	125
23,68	5,26	6,57	0,07	2	3,69%	114,5-265	130
23,68	5,26	7,89	0,14	2	7,69%	114,5-265	135
23,68	5,26	10,52	0,29	2	16,66%	114,5-265	140

23,68	5,26	9,21	0,21	2	12,01%	114,5-265	145
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	150
23,68	5,26	14,47	0,50	2	33,33%	114,5-265	155
23,68	5,26	14,47	0,50	2	33,33%	114,5-265	160
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	165
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	170
23,68	5,26	14,47	0,50	2	33,33%	114,5-265	175
23,68	5,26	10,52	0,29	2	16,66%	114,5-265	180
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	185
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	190
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	195
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	200
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	205
23,68	5,26	11,84	0,36	2	21,74%	114,5-265	210
23,68	5,26	7,89	0,14	2	7,69%	114,5-265	215
23,68	5,26	11,84	0,36	2	21,74%	114,5-265	220
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	225
23,68	5,26	13,15	0,43	2	27,25%	114,5-265	230
23,68	5,26	10,52	0,29	2	16,66%	114,5-265	235
23,68	5,26	10,52	0,29	2	16,66%	114,5-265	240
23,68	5,26	15,78	0,57	2	39,97%	114,5-265	245
23,68	5,26	18,42	0,71	2	55,57%	114,5-265	250
23,68	5,26	11,84	0,36	2	21,74%	114,5-265	255
23,68	5,26	14,47	0,50	2	33,33%	114,5-265	260
23,68	5,26	15,78	0,57	2	39,97%	114,5-265	265
<i>Média aa Argilosidade da Formação</i>					23,62%		

**B1.10** Dados de porosidade e permeabilidade da Formação Posse no poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio.

<i>Formação Posse</i>								
<i>Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculada pelo perfil Sônico e Raio gama</i>								
<i>perfil composto poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio</i>								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiv.)	k (mildarcies)	k (m <sup>2</sup> )	prof. (metros)
110,17	56	1,80	0,08	30,73%	28,37%	1966,05	1,94.10 <sup>-12</sup>	115
103,15	56	1,80	0,17	28,57%	23,81%	825,45	8,15.10 <sup>-13</sup>	120
110,17	56	1,80	0,04	30,73%	29,60%	2438,68	2,41.10 <sup>-12</sup>	125
117,19	56	1,80	0,04	32,63%	31,43%	3322,26	3,28.10 <sup>-12</sup>	130

124,21	56	1,80	0,08	34,32%	31,68%	3463,29	$3,42 \cdot 10^{-12}$	135
113,68	56	1,80	0,17	31,71%	26,43%	1379,08	$1,36 \cdot 10^{-12}$	140
113,68	56	1,80	0,12	31,71%	27,90%	1808,86	$1,79 \cdot 10^{-12}$	145
124,21	56	1,80	0,27	34,32%	24,97%	1041,08	$1,03 \cdot 10^{-12}$	150
124,21	56	1,80	0,33	34,32%	22,88%	680,54	$6,72 \cdot 10^{-13}$	155
124,21	56	1,80	0,33	34,32%	22,88%	680,54	$6,72 \cdot 10^{-13}$	160
117,19	56	1,80	0,27	32,63%	23,74%	813,63	$8,03 \cdot 10^{-13}$	165
117,19	56	1,80	0,27	32,63%	23,74%	813,63	$8,03 \cdot 10^{-13}$	170
113,68	56	1,80	0,33	31,71%	21,14%	465,53	$4,59 \cdot 10^{-13}$	175
124,21	56	1,80	0,17	34,32%	28,61%	2050,46	$2,02 \cdot 10^{-12}$	180
124,21	56	1,80	0,27	34,32%	24,97%	1041,08	$1,03 \cdot 10^{-12}$	185
117,19	56	1,80	0,27	32,63%	23,74%	813,63	$8,03 \cdot 10^{-13}$	190
117,19	56	1,80	0,27	32,63%	23,74%	813,63	$8,03 \cdot 10^{-13}$	195
134,74	56	1,80	0,27	36,52%	26,57%	1415,78	$1,40 \cdot 10^{-12}$	200
120,7	56	1,80	0,27	33,50%	24,37%	924,82	$9,13 \cdot 10^{-13}$	205
103,15	56	1,80	0,22	28,57%	22,36%	608,50	$6,01 \cdot 10^{-13}$	210
110,17	56	1,80	0,08	30,73%	28,37%	1966,05	$1,94 \cdot 10^{-12}$	215
96,14	56	1,80	0,22	26,09%	20,42%	394,72	$3,90 \cdot 10^{-13}$	220
113,68	56	1,80	0,27	31,71%	23,07%	707,99	$6,99 \cdot 10^{-13}$	225
106,66	56	1,80	0,27	29,69%	21,60%	515,25	$5,09 \cdot 10^{-13}$	230
120,7	56	1,80	0,17	33,50%	27,92%	1815,05	$1,79 \cdot 10^{-12}$	235
103,15	56	1,80	0,17	28,57%	23,81%	825,45	$8,15 \cdot 10^{-13}$	240
110,17	56	1,80	0,40	30,73%	18,45%	244,61	$2,41 \cdot 10^{-13}$	245
113,68	56	1,80	0,56	31,71%	14,09%	70,68	$6,98 \cdot 10^{-14}$	250
120,7	56	1,80	0,22	33,50%	26,22%	1324,90	$1,31 \cdot 10^{-12}$	255
124,21	56	1,80	0,33	34,32%	22,88%	680,54	$6,72 \cdot 10^{-13}$	260
138,24	56	1,80	0,40	37,18%	22,32%	603,77	$5,96 \cdot 10^{-13}$	265
<i>Média das Porosidades e Permeabilidades</i>				32,28%	24,58%	1177,91	$1,16 \cdot 10^{-12}$	

**B1.11** Dados de argilosidade (VSH) da Formação Serra das Araras no poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio.

*Formação Serra das Araras*

<i>Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)</i>							
<i>perfil composto poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio</i>							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)
39,47	5,26	31,57	0,77	2	62,48%	14-114,5	15
39,47	5,26	21,05	0,46	2	30,00%	14-114,5	20
39,47	5,26	15,78	0,31	2	18,17%	14-114,5	25
39,47	5,26	15,78	0,31	2	18,17%	14-114,5	30
39,47	5,26	10,52	0,15	2	8,33%	14-114,5	35
39,47	5,26	9,21	0,12	2	6,13%	14-114,5	40
39,47	5,26	9,21	0,12	2	6,13%	14-114,5	45
39,47	5,26	6,57	0,04	2	1,95%	14-114,5	50
39,47	5,26	6,57	0,04	2	1,95%	14-114,5	55
39,47	5,26	7,89	0,08	2	4,00%	14-114,5	60
39,47	5,26	9,21	0,12	2	6,13%	14-114,5	65
39,47	5,26	13,15	0,23	2	13,03%	14-114,5	70
39,47	5,26	7,89	0,08	2	4,00%	14-114,5	75
39,47	5,26	7,89	0,08	2	4,00%	14-114,5	80
39,47	5,26	10,52	0,15	2	8,33%	14-114,5	85
39,47	5,26	5,26	0,00	2	0,00%	14-114,5	90
39,47	5,26	6,57	0,04	2	1,95%	14-114,5	95
39,47	5,26	7,89	0,08	2	4,00%	14-114,5	100
39,47	5,26	9,21	0,12	2	6,13%	14-114,5	105
39,47	5,26	7,89	0,08	2	4,00%	14-114,5	110
<i>Média da Argilosidade da Formação</i>					10,44%		

**B1.12** Dados de porosidade e permeabilidade da Formação Serra das Araras no poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio.

<i>Formação Serra das Araras</i>								
<i>Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculada pelo perfil Sônico e Raio Gama</i>								
<i>perfil composto poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio</i>								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	prof. (metros)
176,84	56	2,00	0,62	42,71%	16,02%	85,09	8,40.10 <sup>-14</sup>	15
211,92	56	2,00	0,30	45,98%	32,19%	2930,67	2,89.10 <sup>-12</sup>	20
190,87	56	2,00	0,18	44,16%	36,14%	5565,98	5,49.10 <sup>-12</sup>	25
141,75	56	2,00	0,18	37,81%	30,94%	2365,37	2,33.10 <sup>-12</sup>	30
197,89	56	2,00	0,08	44,81%	41,08%	11680,33	1,15.10 <sup>-11</sup>	35

152,28	56	2,00	0,06	39,52%	37,09%	6454,33	6,37.10 <sup>-12</sup>	40
155,78	56	2,00	0,06	40,03%	37,58%	6951,08	6,86.10 <sup>-12</sup>	45
159,29	56	2,00	0,02	40,53%	39,74%	9600,28	9,47.10 <sup>-12</sup>	50
113,68	56	2,00	0,02	31,71%	31,09%	2429,39	2,40.10 <sup>-12</sup>	55
117,19	56	2,00	0,04	32,63%	31,33%	2530,87	2,50.10 <sup>-12</sup>	60
141,75	56	2,00	0,06	37,81%	35,49%	5028,18	4,96.10 <sup>-12</sup>	65
155,78	56	2,00	0,13	40,03%	34,81%	4514,10	4,46.10 <sup>-12</sup>	70
155,78	56	2,00	0,04	40,03%	38,43%	7907,70	7,80.10 <sup>-12</sup>	75
134,73	56	2,00	0,04	36,52%	35,06%	4696,44	4,64.10 <sup>-12</sup>	80
152,28	56	2,00	0,08	39,52%	36,23%	5641,43	5,57.10 <sup>-12</sup>	85
138,24	56	2,00	0,00	37,18%	37,18%	6540,88	6,46.10 <sup>-12</sup>	90
138,24	56	2,00	0,02	37,18%	36,46%	5847,77	5,77.10 <sup>-12</sup>	95
141,75	56	2,00	0,04	37,81%	36,30%	5705,19	5,63.10 <sup>-12</sup>	100
148,77	56	2,00	0,06	38,97%	36,59%	5966,87	5,89.10 <sup>-12</sup>	105
138,24	56	2,00	0,04	37,18%	35,70%	5191,99	5,12.10 <sup>-12</sup>	110
<i>Média das Porosidades e Permeabilidades</i>				39,11%	34,77%	5381,69	5,31.10 <sup>-12</sup>	

**B1.13** Dados da argilosidade (VSH) da Formação Posse no poço Luís Eduardo Magalhães – Sede.

<i>Formação Posse</i>							
<i>Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)</i>							
<i>perfil composto poço Luís Eduardo Magalhães – Sede</i>							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)
66,39	9,83	29,5	0,35	2	21,05%	106-275	110
66,39	9,83	12,29	0,04	2	2,22%	106-275	115
66,39	9,83	17,21	0,13	2	6,98%	106-275	120
66,39	9,83	12,29	0,04	2	2,22%	106-275	125
66,39	9,83	12,29	0,04	2	2,22%	106-275	130
66,39	9,83	14,75	0,09	2	4,55%	106-275	135
66,39	9,83	14,75	0,09	2	4,55%	106-275	140
66,39	9,83	12,29	0,04	2	2,22%	106-275	145
66,39	9,83	14,75	0,09	2	4,55%	106-275	150
66,39	9,83	14,75	0,09	2	4,55%	106-275	155
66,39	9,83	12,29	0,04	2	2,22%	106-275	160
66,39	9,83	12,29	0,04	2	2,22%	106-275	165
66,39	9,83	12,29	0,04	2	2,22%	106-275	170

66,39	9,83	12,29	0,04	2	2,22%	106-275	175
66,39	9,83	14,75	0,09	2	4,55%	106-275	180
66,39	9,83	17,21	0,13	2	6,98%	106-275	185
66,39	9,83	9,83	0,00	2	0,00%	106-275	190
66,39	9,83	14,75	0,09	2	4,55%	106-275	195
66,39	9,83	22,13	0,22	2	12,20%	106-275	200
66,39	9,83	17,21	0,13	2	6,98%	106-275	205
66,39	9,83	17,21	0,13	2	6,98%	106-275	210
66,39	9,83	19,67	0,17	2	9,53%	106-275	215
66,39	9,83	14,75	0,09	2	4,55%	106-275	220
66,39	9,83	17,21	0,13	2	6,98%	106-275	225
66,39	9,83	19,67	0,17	2	9,53%	106-275	230
66,39	9,83	14,75	0,09	2	4,55%	106-275	235
66,39	9,83	14,75	0,09	2	4,55%	106-275	240
66,39	9,83	31,96	0,39	2	24,32%	106-275	245
66,39	9,83	17,21	0,13	2	6,98%	106-275	250
66,39	9,83	29,5	0,35	2	21,05%	106-275	255
66,39	9,83	19,67	0,17	2	9,53%	106-275	260
66,39	9,83	31,96	0,39	2	24,32%	106-275	265
66,39	9,83	19,67	0,17	2	9,53%	106-275	270
66,39	9,83	24,59	0,26	2	15,01%	106-275	275
<i>Média da Argilosidade da Formação</i>					7,55%		

### B1.14 Dados de porosidade e permeabilidade da Formação Posse no poço Luís Eduardo Magalhães

– Sede.

<i>Formação Posse</i>								
<i>Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculada pelo perfil Sônico e Raio Gama</i>								
<i>perfil composto poço Luís Eduardo Magalhães – Sede</i>								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	prof. (metros)
118,68	56	1,80	0,21	33,01%	26,06%	1286,16	1,27.10 <sup>-12</sup>	110
118,68	56	1,80	0,02	33,01%	32,28%	3814,16	3,76.10 <sup>-12</sup>	115
115,4	56	1,80	0,07	32,17%	29,93%	2579,82	2,55.10 <sup>-12</sup>	120
108,85	56	1,80	0,02	30,35%	29,67%	2469,64	2,44.10 <sup>-12</sup>	125
110,49	56	1,80	0,02	30,82%	30,14%	2675,00	2,64.10 <sup>-12</sup>	130
105,57	56	1,80	0,05	29,35%	28,01%	1844,67	1,82.10 <sup>-12</sup>	135
115,4	56	1,80	0,05	32,17%	30,71%	2945,61	2,91.10 <sup>-12</sup>	140
79,34	56	1,80	0,02	18,39%	17,98%	216,81	2,14.10 <sup>-13</sup>	145

79,34	56	1,80	0,02	18,39%	17,98%	216,81	2,14.10 <sup>-13</sup>	150
79,34	56	1,80	0,02	18,39%	17,98%	216,81	2,14.10 <sup>-13</sup>	155
115,4	56	1,80	0,02	32,17%	31,46%	3335,89	3,29.10 <sup>-12</sup>	160
108,85	56	1,80	0,05	30,35%	28,97%	2184,89	2,16.10 <sup>-12</sup>	165
118,68	56	1,80	0,07	33,01%	30,71%	2944,25	2,91.10 <sup>-12</sup>	170
121,96	56	1,80	0,00	33,80%	33,80%	4865,21	4,80.10 <sup>-12</sup>	175
118,68	56	1,80	0,05	33,01%	31,51%	3364,85	3,32.10 <sup>-12</sup>	180
125,24	56	1,80	0,12	34,55%	30,34%	2767,58	2,73.10 <sup>-12</sup>	185
121,96	56	1,80	0,07	33,80%	31,44%	3328,93	3,29.10 <sup>-12</sup>	190
125,24	56	1,80	0,07	34,55%	32,14%	3732,68	3,68.10 <sup>-12</sup>	195
128,52	56	1,80	0,10	35,27%	31,91%	3592,38	3,55.10 <sup>-12</sup>	200
121,96	56	1,80	0,05	33,80%	32,27%	3807,93	3,76.10 <sup>-12</sup>	205
128,52	56	1,80	0,07	35,27%	32,81%	4154,29	4,10.10 <sup>-12</sup>	210
131,8	56	1,80	0,10	35,94%	32,52%	3968,07	3,92.10 <sup>-12</sup>	215
135,08	56	1,80	0,05	36,59%	34,93%	5791,87	5,72.10 <sup>-12</sup>	220
121,96	56	1,80	0,05	33,80%	32,27%	3807,93	3,76.10 <sup>-12</sup>	225
135,08	56	1,80	0,24	36,59%	27,69%	1740,52	1,72.10 <sup>-12</sup>	230
121,96	56	1,80	0,05	33,80%	32,27%	3807,93	3,76.10 <sup>-12</sup>	235
128,52	56	1,80	0,05	35,27%	33,66%	4760,25	4,70.10 <sup>-12</sup>	240
154,75	56	1,80	0,24	39,88%	30,18%	2695,60	2,66.10 <sup>-12</sup>	245
120,32	56	1,80	0,07	33,41%	31,08%	3134,13	3,09.10 <sup>-12</sup>	250
128,52	56	1,80	0,21	35,27%	27,84%	1789,49	1,77.10 <sup>-12</sup>	255
118,68	56	1,80	0,10	33,01%	29,86%	2552,85	2,52.10 <sup>-12</sup>	260
128,52	56	1,80	0,24	35,27%	26,69%	1447,82	1,43.10 <sup>-12</sup>	265
128,52	56	1,80	0,10	35,27%	31,91%	3592,38	3,55.10 <sup>-12</sup>	270
112,13	56	1,80	0,15	31,29%	26,59%	1421,51	1,40.10 <sup>-12</sup>	275
<i>Média das Porosidades e Permeabilidades</i>				32,38%	29,57%	2848,66	2,81.10 <sup>-12</sup>	

**B1.15** Dados de argilosidade (VSH) da Formação Serra das Araras no poço Luís Eduardo Magalhães – Sede.

<i>Formação Serra das Araras</i>							
<i>Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)</i>							
<i>perfil composto poço Luís Eduardo Magalhães – Sede</i>							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)

46,72	9,83	31,96	0,60	2	42,85%	10-106	10
46,72	9,83	43,03	0,90	2	81,81%	10-106	15
46,72	9,83	29,5	0,53	2	36,35%	10-106	20
46,72	9,83	24,59	0,40	2	25,01%	10-106	25
46,72	9,83	19,67	0,27	2	15,39%	10-106	30
46,72	9,83	22,13	0,33	2	20,01%	10-106	35
46,72	9,83	14,75	0,13	2	7,14%	10-106	40
46,72	9,83	19,67	0,27	2	15,39%	10-106	45
46,72	9,83	19,67	0,27	2	15,39%	10-106	50
46,72	9,83	19,67	0,27	2	15,39%	10-106	55
46,72	9,83	17,21	0,20	2	11,11%	10-106	60
46,72	9,83	19,67	0,27	2	15,39%	10-106	65
46,72	9,83	17,21	0,20	2	11,11%	10-106	70
46,72	9,83	17,21	0,20	2	11,11%	10-106	75
46,72	9,83	17,21	0,20	2	11,11%	10-106	80
46,72	9,83	14,75	0,13	2	7,14%	10-106	85
46,72	9,83	19,67	0,27	2	15,39%	10-106	90
46,72	9,83	14,75	0,13	2	7,14%	10-106	95
46,72	9,83	17,21	0,20	2	11,11%	10-106	100
46,72	9,83	14,75	0,13	2	7,14%	10-106	105
<i>Média da Argilosidade da Formação</i>					19,13%		

**B1.16** Dados de porosidade e permeabilidade da Formação Serra das Araras no poço Luís Eduardo Magalhães – Sede.

<i>Formação Serra das Araras</i>								
<i>Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculada pelo perfil Sônico e Raio Gama</i>								
<i>perfil composto poço Luís Eduardo Magalhães – Sede</i>								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	prof. (metros)
59,67	56	2,00	0,43	3,84%	2,20%	0,01	9,58.10 <sup>-18</sup>	10
177,7	56	2,00	0,82	42,80%	7,78%	2,89	2,85.10 <sup>-15</sup>	15
180,98	56	2,00	0,36	43,16%	27,47%	1258,65	1,24.10 <sup>-12</sup>	20
180,98	56	2,00	0,25	43,16%	32,37%	3020,48	2,98.10 <sup>-12</sup>	25
167,86	56	2,00	0,15	41,65%	35,24%	4831,02	4,77.10 <sup>-12</sup>	30
171,14	56	2,00	0,20	42,05%	33,64%	3729,85	3,68.10 <sup>-12</sup>	35
69,5	56	2,00	0,07	12,14%	11,27%	16,04	1,58.10 <sup>-14</sup>	40
95,73	56	2,00	0,15	25,94%	21,95%	398,81	3,94.10 <sup>-13</sup>	45
118,68	56	2,00	0,15	33,01%	27,93%	1372,62	1,35.10 <sup>-12</sup>	50



213,77	56	2,00	0,15	46,13%	39,03%	8645,30	$8,53 \cdot 10^{-12}$	55
108,85	56	2,00	0,11	30,35%	26,97%	1143,91	$1,13 \cdot 10^{-12}$	60
190,81	56	2,00	0,15	44,16%	37,36%	6723,57	$6,64 \cdot 10^{-12}$	65
89,18	56	2,00	0,11	23,25%	20,67%	295,54	$2,92 \cdot 10^{-13}$	70
180,98	56	2,00	0,11	43,16%	38,36%	7826,89	$7,72 \cdot 10^{-12}$	75
240	56	2,00	0,11	47,92%	42,59%	14494,99	$1,43 \cdot 10^{-11}$	80
95,73	56	2,00	0,07	25,94%	24,09%	638,25	$6,30 \cdot 10^{-13}$	85
99,01	56	2,00	0,15	27,15%	22,97%	501,89	$4,95 \cdot 10^{-13}$	90
108,85	56	2,00	0,07	30,35%	28,18%	1438,04	$1,42 \cdot 10^{-12}$	95
108,85	56	2,00	0,11	30,35%	26,97%	1143,91	$1,13 \cdot 10^{-12}$	100
99,01	56	2,00	0,07	27,15%	25,21%	806,23	$7,96 \cdot 10^{-13}$	105
<i>Média das Porosidades e Permeabilidades</i>				33,18%	26,61%	2914,44	$2,88 \cdot 10^{-12}$	

**B1.17** Dados da argilosidade (VSH) da Formação Posse no poço Correntina – Rosário.

<i>Formação Posse</i>							
<i>Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)</i>							
<i>perfil composto poço Correntina – Rosário</i>							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)
28,94	5,26	11,84	0,28	2	16,14%	135-240	140
28,94	5,26	7,89	0,11	2	5,88%	135-240	145
28,94	5,26	11,84	0,28	2	16,14%	135-240	150
28,94	5,26	10,52	0,22	2	12,49%	135-240	155
28,94	5,26	9,21	0,17	2	9,10%	135-240	160
28,94	5,26	13,15	0,33	2	19,99%	135-240	165
28,94	5,26	10,52	0,22	2	12,49%	135-240	170
28,94	5,26	7,89	0,11	2	5,88%	135-240	175
28,94	5,26	9,21	0,17	2	9,10%	135-240	180
28,94	5,26	7,89	0,11	2	5,88%	135-240	185
28,94	5,26	9,21	0,17	2	9,10%	135-240	190
28,94	5,26	9,21	0,17	2	9,10%	135-240	195
28,94	5,26	7,89	0,11	2	5,88%	135-240	200
28,94	5,26	7,89	0,11	2	5,88%	135-240	205
28,94	5,26	6,57	0,06	2	2,84%	135-240	210
28,94	5,26	6,57	0,06	2	2,84%	135-240	215
28,94	5,26	6,57	0,06	2	2,84%	135-240	220
28,94	5,26	9,21	0,17	2	9,10%	135-240	225
28,94	5,26	10,52	0,22	2	12,49%	135-240	230

28,94	5,26	11,84	0,28	2	16,14%	135-240	235
28,94	5,26	15,78	0,44	2	28,56%	135-240	240
<i>Média da Argilosidade da Formação</i>					10,37%		

**B1.18** Dados brutos de porosidade e permeabilidade da Formação Posse no poço Correntina – Rosário.

<i>Formação Posse</i>								
<i>Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculada pelo perfil Sônico e Raio Gama</i>								
<i>perfil composto poço Correntina – Rosário</i>								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiv.)	k (mildarcies)	k (m <sup>2</sup> )	prof. (metros)
124,21	56	1,80	0,16	34,32%	28,78%	2116,18	2,09.10 <sup>-12</sup>	140
124,21	56	1,80	0,06	34,32%	32,30%	3831,96	3,78.10 <sup>-12</sup>	145
120,7	56	1,80	0,16	33,50%	28,10%	1872,88	1,85.10 <sup>-12</sup>	150
124,21	56	1,80	0,12	34,32%	30,03%	2628,01	2,59.10 <sup>-12</sup>	155
117,19	56	1,80	0,09	32,63%	29,66%	2466,86	2,43.10 <sup>-12</sup>	160
124,21	56	1,80	0,20	34,32%	27,46%	1669,37	1,65.10 <sup>-12</sup>	165
110,17	56	1,80	0,12	30,73%	26,89%	1503,24	1,48.10 <sup>-12</sup>	170
110,17	56	1,80	0,06	30,73%	28,92%	2168,94	2,14.10 <sup>-12</sup>	175
120,7	56	1,80	0,09	33,50%	30,45%	2822,35	2,79.10 <sup>-12</sup>	180
127,71	56	1,80	0,06	35,09%	33,03%	4306,53	4,25.10 <sup>-12</sup>	185
117,19	56	1,80	0,09	32,63%	29,66%	2466,86	2,43.10 <sup>-12</sup>	190
124,21	56	1,80	0,09	34,32%	31,20%	3197,17	3,16.10 <sup>-12</sup>	195
113,68	56	1,80	0,06	31,71%	29,85%	2545,53	2,51.10 <sup>-12</sup>	200
120,7	56	1,80	0,06	33,50%	31,53%	3378,55	3,33.10 <sup>-12</sup>	205
120,7	56	1,80	0,03	33,50%	32,55%	3986,93	3,93.10 <sup>-12</sup>	210
127,71	56	1,80	0,03	35,09%	34,10%	5094,00	5,03.10 <sup>-12</sup>	215
131,22	56	1,80	0,03	35,83%	34,81%	5688,14	5,61.10 <sup>-12</sup>	220
138,24	56	1,80	0,09	37,18%	33,80%	4862,44	4,80.10 <sup>-12</sup>	225
124,21	56	1,80	0,12	34,32%	30,03%	2628,01	2,59.10 <sup>-12</sup>	230
124,21	56	1,80	0,16	34,32%	28,78%	2116,18	2,09.10 <sup>-12</sup>	235
131,22	56	1,80	0,29	35,83%	25,60%	1176,69	1,16.10 <sup>-12</sup>	240
<i>Média das Porosidades e Permeabilidades</i>				33,89%	30,36%	2977,46	2,94.10 <sup>-12</sup>	

**B1.19** Dados de argilosidade (VSH) da Formação Serra das Araras no poço Correntina – Rosário.

<i>Formação Serra das Araras</i>							
<i>Cálculo do Índice de Raios Gama ou Radioatividade Linear (IGR) e Cálculo do Volume de Argila ou Argilosidade (VSH%)</i>							
<i>perfil composto poço Correntina – Rosário</i>							
Grmax(LBF)	Grmin	Grperfil	IGR	A (cretac)	VSH%	Intervalo da formação (metros)	prof. (metros)
44,73	5,26	23,68	0,47	2	30,44%	14-135	15
44,73	5,26	36,84	0,80	2	66,68%	14-135	20
44,73	5,26	39,47	0,87	2	76,48%	14-135	25
44,73	5,26	23,68	0,47	2	30,44%	14-135	30
44,73	5,26	13,15	0,20	2	11,10%	14-135	35
44,73	5,26	10,52	0,13	2	7,14%	14-135	40
44,73	5,26	10,52	0,13	2	7,14%	14-135	45
44,73	5,26	14,47	0,23	2	13,21%	14-135	50
44,73	5,26	10,52	0,13	2	7,14%	14-135	55
44,73	5,26	9,21	0,10	2	5,27%	14-135	60
44,73	5,26	6,57	0,03	2	1,69%	14-135	65
44,73	5,26	7,89	0,07	2	3,45%	14-135	70
44,73	5,26	7,89	0,07	2	3,45%	14-135	75
44,73	5,26	9,21	0,10	2	5,27%	14-135	80
44,73	5,26	9,21	0,10	2	5,27%	14-135	85
44,73	5,26	9,21	0,10	2	5,27%	14-135	90
44,73	5,26	10,52	0,13	2	7,14%	14-135	95
44,73	5,26	7,89	0,07	2	3,45%	14-135	100
44,73	5,26	6,57	0,03	2	1,69%	14-135	105
44,73	5,26	9,21	0,10	2	5,27%	14-135	110
44,73	5,26	7,89	0,07	2	3,45%	14-135	115
44,73	5,26	7,89	0,07	2	3,45%	14-135	120
44,73	5,26	10,52	0,13	2	7,14%	14-135	125
44,73	5,26	7,89	0,07	2	3,45%	14-135	130
<i>Média da Argilosidade da Formação</i>					13,10%		

**B1.20** Dados de porosidade e permeabilidade da Formação Serra das Araras no poço Correntina – Rosário.

<i>Formação Serra das Araras</i>
<i>Porosidade e Permeabilidade Intrínseca calculada pelo perfil Sônico e Raio Gama</i>

<i>perfil composto poço Correntina – Rosário</i>								
Dt ( $\mu$ .sec/ft)	Dtm ( $\mu$ .sec/ft)	m	VSH	$\phi$ (Raymer-Hunt. 1980)	$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	prof. (metros)
103,15	56	2,00	0,30	28,57%	19,87%	243,27	2,40.10 <sup>-13</sup>	15
210,17	56	2,00	0,67	45,85%	15,28%	67,61	6,67.10 <sup>-14</sup>	20
210,17	56	2,00	0,76	45,85%	10,78%	13,03	1,29.10 <sup>-14</sup>	25
183,85	56	2,00	0,30	43,46%	30,23%	2090,09	2,06.10 <sup>-12</sup>	30
208,42	56	2,00	0,11	45,71%	40,63%	10942,99	1,08.10 <sup>-11</sup>	35
201,4	56	2,00	0,07	45,12%	41,90%	13138,83	1,30.10 <sup>-11</sup>	40
208,42	56	2,00	0,07	45,71%	42,44%	14196,03	1,40.10 <sup>-11</sup>	45
208,42	56	2,00	0,13	45,71%	39,67%	9506,80	9,38.10 <sup>-12</sup>	50
99,64	56	2,00	0,07	27,37%	25,42%	841,24	8,30.10 <sup>-13</sup>	55
162,8	56	2,00	0,05	41,00%	38,84%	8407,68	8,30.10 <sup>-12</sup>	60
141,75	56	2,00	0,02	37,81%	37,17%	6529,76	6,44.10 <sup>-12</sup>	65
159,29	56	2,00	0,03	40,53%	39,13%	8777,67	8,66.10 <sup>-12</sup>	70
190,87	56	2,00	0,03	44,16%	42,64%	14597,69	1,44.10 <sup>-11</sup>	75
157,54	56	2,00	0,05	40,28%	38,16%	7592,09	7,49.10 <sup>-12</sup>	80
201,4	56	2,00	0,05	45,12%	42,74%	14814,17	1,46.10 <sup>-11</sup>	85
187,36	56	2,00	0,05	43,82%	41,51%	12426,45	1,23.10 <sup>-11</sup>	90
180,35	56	2,00	0,07	43,09%	40,02%	10004,19	9,87.10 <sup>-12</sup>	95
190,87	56	2,00	0,03	44,16%	42,64%	14597,69	1,44.10 <sup>-11</sup>	100
189,12	56	2,00	0,02	43,99%	43,25%	15908,97	1,57.10 <sup>-11</sup>	105
166,31	56	2,00	0,05	41,45%	39,27%	8962,84	8,85.10 <sup>-12</sup>	110
178,59	56	2,00	0,03	42,90%	41,42%	12270,62	1,21.10 <sup>-11</sup>	115
208,42	56	2,00	0,03	45,71%	44,13%	17993,50	1,78.10 <sup>-11</sup>	120
197,89	56	2,00	0,07	44,81%	41,61%	12611,37	1,24.10 <sup>-11</sup>	125
157,54	56	2,00	0,03	40,28%	38,90%	8475,09	8,36.10 <sup>-11</sup>	130
<i>Média das Porosidades e permeabilidades</i>				42,19%	36,57%	9375,40	9,25.10 <sup>-12</sup>	

Abaixo estão relacionados os dados brutos das análises quantitativas para os parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos obtidos a partir de análises granulométricas utilizadas na confecção do artigo 2 do Capítulo 3.

$\phi$  (10,20,60) – percentis obtidos pela análise gráfica da curva de frequência acumulada;

d (10,20,60) – diâmetros de tamanho dos grãos;

$\phi_{vs}$  – porosidade intrínseca obtida por regressão exponencial entre dados de porosidade de Vukovic & Soro (1992) e Coeficiente de Uniformidade (U);

$\phi_w$  – porosidade intrínseca obtida por regressão exponencial entre dados de porosidade de Wang *et al.*, (2017) e Coeficiente de Uniformidade (U);

k – Permeabilidade;

K – Condutividade Hidráulica;

**B2.1.** Dados das análises granulométricas obtidos diretamente das curvas de distribuição acumulada e parâmetros da literatura.

Nº	Amostras	phi10	phi20	phi60	d10 (mm)	d20 (mm)	d60 (mm)	massa específica da água (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidade Dinâmica (kg/m.s)	Gravidade (m/s <sup>2</sup> )
								$\rho$	$\mu$	g
1	P3D2	1,31	1,63	2,54	0,40	0,32	0,17	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
2	SDA2	1,07	1,24	1,98	0,48	0,42	0,25	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
3	SDFD3	0,71	1,16	2,31	0,61	0,45	0,20	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
4	SDA4	1,13	1,44	2,48	0,46	0,37	0,18	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
5	SDA6	0,10	0,48	2,38	0,94	0,72	0,19	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
6	SDFD2	1,31	1,63	2,67	0,40	0,32	0,16	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
7	SMP3A2	1,07	1,27	2,09	0,48	0,42	0,24	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
8	Posse I	1,13	1,26	1,81	0,46	0,42	0,29	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
9	Posse I D	0,74	1,17	2,07	0,60	0,45	0,24	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
10	Posse II	1,04	1,20	1,82	0,49	0,44	0,28	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
11	Paleossolo	1,54	2,04	3,03	0,34	0,24	0,12	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78
12	S.Araras	1,58	2,06	2,94	0,33	0,24	0,13	998	$7,97 \cdot 10^{-4}$	9,78

**B2.2.** Dados das análises granulométricas calculados para o coeficiente de uniformidade (U), porosidade total para equações de Vukovic e Soro (1992), Wang *et al.* (2017) e as regressões exponenciais associadas.

Nº	Amostras	Coeficiente de uniformidade	Porosidade (Vukovic e Soro, 1992)	Porosidade (Wang <i>et al.</i> , 2017)	Porosidade Regr. Expon. Gráfica Vukovic & Soro (1992)	Porosidade Regr. Expon. Gráfica (Wang <i>et al.</i> , 2017)
		U	$n=0,255.(1+0,83^U)$	$n=0,2.(1+0,93^U)$	$\phi_{vs}=0,5096*e^{(-0,089*U)}$	$\phi_w=0,4*e^{(-0,038*U)}$
1	P3D2	0,43	0,49	0,39	0,49	0,39
2	SDA2	0,53	0,49	0,39	0,49	0,39
3	SDFD3	0,33	0,49	0,40	0,50	0,40
4	SDA4	0,39	0,49	0,39	0,49	0,39
5	SDA6	0,20	0,50	0,40	0,50	0,40
6	SDFD2	0,39	0,49	0,39	0,49	0,39
7	SMP3A2	0,49	0,49	0,39	0,49	0,39
8	Posse I	0,62	0,48	0,39	0,48	0,39
9	Posse I D	0,40	0,49	0,39	0,49	0,39
10	Posse II	0,58	0,48	0,39	0,48	0,39
11	Paleossolo	0,36	0,49	0,39	0,49	0,40
12	S.Araras	0,39	0,49	0,39	0,49	0,39

**B2.3.** Dados de permeabilidade e condutividade hidráulica obtidos a partir de análises granulométricas e aplicação de equações de Kozeny-Carman e Hazen para as diferentes porosidades analisadas.

Nº	Amostras	Kozeny-Carman								(HAZEN, 1892)							
		Vukovic & Soro (1992)		Wang <i>et al.</i> , (2017)		Regressão exponencial $\phi_{vs}$		Regressão exponencial $\phi_w$		Vukovic & Soro (1992)		Wang <i>et al.</i> , (2017)		Regressão exponencial $\phi_{vs}$		Regressão exponencial $\phi_w$	
		k	K	k	K	k	K	k	K	k	K	k	K	k	K	k	K
1	P3D2	$4,12.10^{-10}$	$5,04.10^{-3}$	$1,51.10^{-10}$	$1,85.10^{-3}$	$4,16.10^{-10}$	$5,09.10^{-3}$	$1,51.10^{-10}$	$1,85.10^{-3}$	$3,23.10^{-10}$	$3,96.10^{-3}$	$2,29.10^{-10}$	$2,80.10^{-3}$	$3,24.10^{-10}$	$3,97.10^{-3}$	$2,29.10^{-10}$	$2,81.10^{-3}$
2	SDA2	$5,52.10^{-10}$	$6,75.10^{-3}$	$2,08.10^{-10}$	$2,54.10^{-3}$	$5,57.10^{-10}$	$6,82.10^{-3}$	$2,09.10^{-10}$	$2,55.10^{-3}$	$4,47.10^{-10}$	$5,47.10^{-3}$	$3,19.10^{-10}$	$3,90.10^{-3}$	$4,48.10^{-10}$	$5,49.10^{-3}$	$3,19.10^{-10}$	$3,91.10^{-3}$

12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
S.Araras	Paleossolo	Posse II	Posse ID	Posse I	SMP3A2	SDFD2	SDA6	SDA4	SDFD3
$2,86.10^{-10}$	$3,08.10^{-10}$	$5,59.10^{-10}$	$9,14.10^{-10}$	$4,88.10^{-10}$	$5,60.10^{-10}$	$4,17.10^{-10}$	$2,45.10^{-9}$	$5,35.10^{-10}$	$9,84.10^{-10}$
$3,50.10^{-3}$	$3,77.10^{-3}$	$6,84.10^{-3}$	$1,12.10^{-2}$	$5,97.10^{-3}$	$6,86.10^{-3}$	$5,10.10^{-3}$	$2,99.10^{-2}$	$6,56.10^{-3}$	$1,20.10^{-2}$
$1,03.10^{-10}$	$1,10.10^{-10}$	$2,14.10^{-10}$	$3,32.10^{-10}$	$1,89.10^{-10}$	$2,09.10^{-10}$	$1,51.10^{-10}$	$8,38.10^{-10}$	$1,94.10^{-10}$	$3,50.10^{-10}$
$1,27.10^{-3}$	$1,35.10^{-3}$	$2,61.10^{-3}$	$4,06.10^{-3}$	$2,31.10^{-3}$	$2,56.10^{-3}$	$1,85.10^{-3}$	$1,03.10^{-2}$	$2,38.10^{-3}$	$4,29.10^{-3}$
$2,88.10^{-10}$	$3,10.10^{-10}$	$5,65.10^{-10}$	$9,21.10^{-10}$	$4,93.10^{-10}$	$5,65.10^{-10}$	$4,20.10^{-10}$	$2,45.10^{-9}$	$5,40.10^{-10}$	$9,90.10^{-10}$
$3,52.10^{-3}$	$3,79.10^{-3}$	$6,91.10^{-3}$	$1,13.10^{-2}$	$6,04.10^{-3}$	$6,92.10^{-3}$	$5,14.10^{-3}$	$3,00.10^{-2}$	$6,61.10^{-3}$	$1,21.10^{-2}$
$1,04.10^{-10}$	$1,11.10^{-10}$	$2,14.10^{-10}$	$3,33.10^{-10}$	$1,89.10^{-10}$	$2,09.10^{-10}$	$1,51.10^{-10}$	$8,39.10^{-10}$	$1,94.10^{-10}$	$3,51.10^{-10}$
$1,27.10^{-3}$	$1,35.10^{-3}$	$2,62.10^{-3}$	$4,07.10^{-3}$	$2,32.10^{-3}$	$2,56.10^{-3}$	$1,85.10^{-3}$	$1,03.10^{-2}$	$2,38.10^{-3}$	$4,29.10^{-3}$
$2,22.10^{-10}$	$2,36.10^{-10}$	$4,60.10^{-10}$	$7,11.10^{-10}$	$4,06.10^{-10}$	$4,49.10^{-10}$	$3,24.10^{-10}$	$1,79.10^{-9}$	$4,16.10^{-10}$	$7,50.10^{-10}$
$2,71.10^{-3}$	$2,89.10^{-3}$	$5,63.10^{-3}$	$8,71.10^{-3}$	$4,97.10^{-3}$	$5,49.10^{-3}$	$3,96.10^{-3}$	$2,19.10^{-2}$	$5,09.10^{-3}$	$9,18.10^{-3}$
$1,56.10^{-10}$	$1,66.10^{-10}$	$3,29.10^{-10}$	$5,02.10^{-10}$	$2,92.10^{-10}$	$3,19.10^{-10}$	$2,28.10^{-10}$	$1,25.10^{-9}$	$2,94.10^{-10}$	$5,27.10^{-10}$
$1,92.10^{-3}$	$2,04.10^{-3}$	$4,03.10^{-3}$	$6,15.10^{-3}$	$3,57.10^{-3}$	$3,90.10^{-3}$	$2,80.10^{-3}$	$1,53.10^{-2}$	$3,59.10^{-3}$	$6,45.10^{-3}$
$2,22.10^{-10}$	$2,37.10^{-10}$	$4,61.10^{-10}$	$7,13.10^{-10}$	$4,08.10^{-10}$	$4,50.10^{-10}$	$3,24.10^{-10}$	$1,79.10^{-9}$	$4,17.10^{-10}$	$7,51.10^{-10}$
$2,72.10^{-3}$	$2,90.10^{-3}$	$5,65.10^{-3}$	$8,73.10^{-3}$	$4,99.10^{-3}$	$5,51.10^{-3}$	$3,97.10^{-3}$	$2,19.10^{-2}$	$5,10.10^{-3}$	$9,19.10^{-3}$
$1,57.10^{-10}$	$1,67.10^{-10}$	$3,29.10^{-10}$	$5,03.10^{-10}$	$2,92.10^{-10}$	$3,19.10^{-10}$	$2,29.10^{-10}$	$1,25.10^{-9}$	$2,94.10^{-10}$	$5,27.10^{-10}$
$1,92.10^{-3}$	$2,04.10^{-3}$	$4,03.10^{-3}$	$6,16.10^{-3}$	$3,57.10^{-3}$	$3,91.10^{-3}$	$2,80.10^{-3}$	$1,53.10^{-2}$	$3,60.10^{-3}$	$6,45.10^{-3}$

**B2.4.** Dados de permeabilidade e condutividade hidráulica obtidos a partir de análises granulométricas e aplicação de equações de Beyer e Terzaghi para as diferentes porosidades analisadas.

9	Posse I D	8	Posse I	7	SMP3A2	6	SDFD2	5	SDA6	4	SDA4	3	SDFD3	2	SDA2	1	P3D2	N°															
																		(BEYER, 1964)								(TERZAGHI, 1925)							
																		Amostras		Vukovic & Soro (1992)		Wang <i>et al.</i> , (2017)		Regressão exponencial $\varphi_{vs}$		Regressão exponencial $\varphi_w$		Vukovic & Soro (1992)		Wang <i>et al.</i> , (2017)		Regressão exponencial $\varphi_{vs}$	
k	K	k	K	k	K	k	K	k	K	k	K	k	K	k	K	k	K																
6,64.10 <sup>-10</sup>	3,66.10 <sup>-10</sup>	4,49.10 <sup>-3</sup>	3,66.10 <sup>-10</sup>	4,12.10 <sup>-10</sup>	4,12.10 <sup>-10</sup>	3,03.10 <sup>-10</sup>	3,03.10 <sup>-10</sup>	1,78.10 <sup>-9</sup>	1,78.10 <sup>-9</sup>	3,89.10 <sup>-10</sup>	3,89.10 <sup>-10</sup>	7,12.10 <sup>-10</sup>	7,12.10 <sup>-10</sup>	4,08.10 <sup>-10</sup>	4,08.10 <sup>-10</sup>	3,00.10 <sup>-10</sup>	3,00.10 <sup>-10</sup>																
8,13.10 <sup>-3</sup>	4,49.10 <sup>-3</sup>	4,49.10 <sup>-3</sup>	3,66.10 <sup>-10</sup>	5,04.10 <sup>-3</sup>	4,12.10 <sup>-10</sup>	3,71.10 <sup>-3</sup>	3,03.10 <sup>-10</sup>	2,18.10 <sup>-2</sup>	1,78.10 <sup>-9</sup>	4,76.10 <sup>-3</sup>	3,89.10 <sup>-10</sup>	8,72.10 <sup>-3</sup>	7,12.10 <sup>-10</sup>	4,99.10 <sup>-3</sup>	4,08.10 <sup>-10</sup>	3,68.10 <sup>-3</sup>	3,00.10 <sup>-10</sup>																
6,64.10 <sup>-10</sup>	3,66.10 <sup>-10</sup>	4,49.10 <sup>-3</sup>	3,66.10 <sup>-10</sup>	4,12.10 <sup>-10</sup>	4,12.10 <sup>-10</sup>	3,03.10 <sup>-10</sup>	3,03.10 <sup>-10</sup>	1,78.10 <sup>-10</sup>	1,78.10 <sup>-10</sup>	3,89.10 <sup>-10</sup>	3,89.10 <sup>-10</sup>	7,12.10 <sup>-10</sup>	7,12.10 <sup>-10</sup>	4,08.10 <sup>-10</sup>	4,08.10 <sup>-10</sup>	3,00.10 <sup>-10</sup>	3,00.10 <sup>-10</sup>																
8,13.10 <sup>-3</sup>	4,49.10 <sup>-3</sup>	4,49.10 <sup>-3</sup>	3,66.10 <sup>-10</sup>	5,04.10 <sup>-3</sup>	4,12.10 <sup>-10</sup>	3,71.10 <sup>-3</sup>	3,03.10 <sup>-10</sup>	2,18.10 <sup>-2</sup>	2,18.10 <sup>-2</sup>	4,76.10 <sup>-3</sup>	3,89.10 <sup>-10</sup>	8,72.10 <sup>-3</sup>	7,12.10 <sup>-10</sup>	4,99.10 <sup>-3</sup>	4,08.10 <sup>-10</sup>	3,68.10 <sup>-3</sup>	3,00.10 <sup>-10</sup>																
6,64.10 <sup>-10</sup>	3,66.10 <sup>-10</sup>	4,49.10 <sup>-3</sup>	3,66.10 <sup>-10</sup>	4,12.10 <sup>-10</sup>	4,12.10 <sup>-10</sup>	3,03.10 <sup>-10</sup>	3,03.10 <sup>-10</sup>	1,78.10 <sup>-9</sup>	1,78.10 <sup>-9</sup>	3,89.10 <sup>-10</sup>	3,89.10 <sup>-10</sup>	7,12.10 <sup>-10</sup>	7,12.10 <sup>-10</sup>	4,08.10 <sup>-10</sup>	4,08.10 <sup>-10</sup>	3,00.10 <sup>-10</sup>	3,00.10 <sup>-10</sup>																
8,13.10 <sup>-3</sup>	4,49.10 <sup>-3</sup>	4,49.10 <sup>-3</sup>	3,66.10 <sup>-10</sup>	5,04.10 <sup>-3</sup>	4,12.10 <sup>-10</sup>	3,71.10 <sup>-3</sup>	3,03.10 <sup>-10</sup>	2,18.10 <sup>-2</sup>	2,18.10 <sup>-2</sup>	4,76.10 <sup>-3</sup>	3,89.10 <sup>-10</sup>	8,72.10 <sup>-3</sup>	7,12.10 <sup>-10</sup>	4,99.10 <sup>-3</sup>	4,08.10 <sup>-10</sup>	3,68.10 <sup>-3</sup>	3,00.10 <sup>-10</sup>																
1,73.10 <sup>-9</sup>	9,86.10 <sup>-10</sup>	1,21.10 <sup>-2</sup>	9,86.10 <sup>-10</sup>	1,09.10 <sup>-9</sup>	1,09.10 <sup>-9</sup>	7,89.10 <sup>-10</sup>	7,89.10 <sup>-10</sup>	4,38.10 <sup>-9</sup>	4,38.10 <sup>-9</sup>	1,01.10 <sup>-9</sup>	1,01.10 <sup>-9</sup>	1,83.10 <sup>-9</sup>	1,83.10 <sup>-9</sup>	1,09.10 <sup>-9</sup>	1,09.10 <sup>-9</sup>	7,88.10 <sup>-10</sup>	7,88.10 <sup>-10</sup>																
2,12.10 <sup>-2</sup>	1,21.10 <sup>-2</sup>	1,21.10 <sup>-2</sup>	9,90.10 <sup>-10</sup>	1,34.10 <sup>-2</sup>	1,34.10 <sup>-2</sup>	9,66.10 <sup>-3</sup>	9,66.10 <sup>-3</sup>	5,36.10 <sup>-2</sup>	5,36.10 <sup>-2</sup>	1,24.10 <sup>-2</sup>	1,24.10 <sup>-2</sup>	2,24.10 <sup>-2</sup>	2,24.10 <sup>-2</sup>	1,33.10 <sup>-2</sup>	1,33.10 <sup>-2</sup>	9,65.10 <sup>-3</sup>	9,65.10 <sup>-3</sup>																
1,1910 <sup>-9</sup>	6,9310 <sup>-10</sup>	6,9310 <sup>-10</sup>	9,90.10 <sup>-10</sup>	7,5810 <sup>-10</sup>	7,5810 <sup>-10</sup>	5,4310 <sup>-10</sup>	5,4310 <sup>-10</sup>	2,9610 <sup>-9</sup>	2,9610 <sup>-9</sup>	6,9810 <sup>-10</sup>	6,9810 <sup>-10</sup>	1,2510 <sup>-9</sup>	1,2510 <sup>-9</sup>	7,5810 <sup>-10</sup>	7,5810 <sup>-10</sup>	5,44.10 <sup>-10</sup>	5,44.10 <sup>-10</sup>																
1,46.10 <sup>-2</sup>	8,49.10 <sup>-3</sup>	8,49.10 <sup>-3</sup>	9,90.10 <sup>-10</sup>	9,28.10 <sup>-3</sup>	9,28.10 <sup>-3</sup>	6,65.10 <sup>-3</sup>	6,65.10 <sup>-3</sup>	3,63.10 <sup>-2</sup>	3,63.10 <sup>-2</sup>	8,55.10 <sup>-3</sup>	8,55.10 <sup>-3</sup>	1,53.10 <sup>-2</sup>	1,53.10 <sup>-2</sup>	9,27.10 <sup>-3</sup>	9,27.10 <sup>-3</sup>	6,66.10 <sup>-3</sup>	6,66.10 <sup>-3</sup>																
1,74.10 <sup>-9</sup>	9,90.10 <sup>-10</sup>	1,21.10 <sup>-3</sup>	9,90.10 <sup>-10</sup>	1,09.10 <sup>-9</sup>	1,09.10 <sup>-9</sup>	7,91.10 <sup>-10</sup>	7,91.10 <sup>-10</sup>	4,38.10 <sup>-9</sup>	4,38.10 <sup>-9</sup>	1,02.10 <sup>-9</sup>	1,02.10 <sup>-9</sup>	1,83.10 <sup>-9</sup>	1,83.10 <sup>-9</sup>	1,09.10 <sup>-9</sup>	1,09.10 <sup>-9</sup>	7,90.10 <sup>-10</sup>	7,90.10 <sup>-10</sup>																
2,13.10 <sup>-2</sup>	1,21.10 <sup>-3</sup>	1,21.10 <sup>-3</sup>	1,21.10 <sup>-3</sup>	1,34.10 <sup>-2</sup>	1,34.10 <sup>-2</sup>	9,68.10 <sup>-3</sup>	9,68.10 <sup>-3</sup>	5,37.10 <sup>-2</sup>	5,37.10 <sup>-2</sup>	1,24.10 <sup>-2</sup>	1,24.10 <sup>-2</sup>	2,24.10 <sup>-2</sup>	2,24.10 <sup>-2</sup>	1,33.10 <sup>-2</sup>	1,33.10 <sup>-2</sup>	9,67.10 <sup>-3</sup>	9,67.10 <sup>-3</sup>																
1,20.10 <sup>-9</sup>	6,94.10 <sup>-10</sup>	6,94.10 <sup>-10</sup>	6,94.10 <sup>-10</sup>	7,59.10 <sup>-10</sup>	7,59.10 <sup>-10</sup>	5,44.10 <sup>-10</sup>	5,44.10 <sup>-10</sup>	2,97.10 <sup>-9</sup>	2,97.10 <sup>-9</sup>	6,99.10 <sup>-10</sup>	6,99.10 <sup>-10</sup>	1,25.10 <sup>-9</sup>	1,25.10 <sup>-9</sup>	7,58.10 <sup>-10</sup>	7,58.10 <sup>-10</sup>	5,45.10 <sup>-10</sup>	5,45.10 <sup>-10</sup>																
1,46.10 <sup>-2</sup>	8,50.10 <sup>-3</sup>	8,50.10 <sup>-3</sup>	8,50.10 <sup>-3</sup>	9,29.10 <sup>-3</sup>	9,29.10 <sup>-3</sup>	6,66.10 <sup>-3</sup>	6,66.10 <sup>-3</sup>	3,63.10 <sup>-2</sup>	3,63.10 <sup>-2</sup>	8,56.10 <sup>-3</sup>	8,56.10 <sup>-3</sup>	1,53.10 <sup>-2</sup>	1,53.10 <sup>-2</sup>	9,29.10 <sup>-3</sup>	9,29.10 <sup>-3</sup>	6,67.10 <sup>-3</sup>	6,67.10 <sup>-3</sup>																





12	11	10	9	8	7	6
S.Araras	Paleossolo	Posse II	Posse I D	Posse I	SMP3A2	SDFD2
$1,79.10^{-11}$	$1,85.10^{-11}$	$7,12.10^{-11}$	$7,47.10^{-11}$	$6,42.10^{-11}$	$6,36.10^{-11}$	$3,57.10^{-11}$
$2,19.10^{-4}$	$2,26.10^{-4}$	$8,72.10^{-4}$	$9,14.10^{-4}$	$7,86.10^{-4}$	$7,78.10^{-4}$	$4,37.10^{-4}$
$1,79.10^{-11}$	$1,85.10^{-11}$	$7,12.10^{-11}$	$7,47.10^{-11}$	$6,42.10^{-11}$	$6,36.10^{-11}$	$3,57.10^{-11}$
$2,19.10^{-4}$	$2,26.10^{-4}$	$8,72.10^{-4}$	$9,14.10^{-4}$	$7,86.10^{-4}$	$7,78.10^{-4}$	$4,37.10^{-4}$
$1,79.10^{-11}$	$1,85.10^{-11}$	$7,12.10^{-11}$	$7,47.10^{-11}$	$6,42.10^{-11}$	$6,36.10^{-11}$	$3,57.10^{-11}$
$2,19.10^{-4}$	$2,26.10^{-4}$	$8,72.10^{-4}$	$9,14.10^{-4}$	$7,86.10^{-4}$	$7,78.10^{-4}$	$4,37.10^{-4}$
$1,79.10^{-11}$	$1,85.10^{-11}$	$7,12.10^{-11}$	$7,47.10^{-11}$	$6,42.10^{-11}$	$6,36.10^{-11}$	$3,57.10^{-11}$
$2,19.10^{-4}$	$2,26.10^{-4}$	$8,72.10^{-4}$	$9,14.10^{-4}$	$7,86.10^{-4}$	$7,78.10^{-4}$	$4,37.10^{-4}$
$2,44.10^{-9}$	$2,33.10^{-9}$	$9,95.10^{-10}$	$5,34.10^{-10}$	$1,15.10^{-9}$	$1,07.10^{-9}$	$1,67.10^{-9}$
$2,99.10^{-2}$	$2,85.10^{-2}$	$1,22.10^{-2}$	$6,54.10^{-3}$	$1,41.10^{-2}$	$1,31.10^{-2}$	$2,05.10^{-2}$
$1,18.10^{-9}$	$1,12.10^{-9}$	$4,97.10^{-10}$	$2,59.10^{-10}$	$5,79.10^{-10}$	$5,28.10^{-10}$	$8,07.10^{-10}$
$1,44.10^{-2}$	$1,37.10^{-2}$	$6,08.10^{-3}$	$3,17.10^{-3}$	$7,08.10^{-3}$	$6,46.10^{-3}$	$9,88.10^{-3}$
$2,45.10^{-9}$	$2,34.10^{-9}$	$1,00.10^{-9}$	$5,37.10^{-10}$	$1,16.10^{-9}$	$1,08.10^{-9}$	$1,68.10^{-9}$
$3,00.10^{-2}$	$2,87.10^{-2}$	$1,23.10^{-2}$	$6,58.10^{-3}$	$1,42.10^{-2}$	$1,32.10^{-2}$	$2,06.10^{-2}$
$1,18.10^{-9}$	$1,12.10^{-9}$	$4,98.10^{-10}$	$2,59.10^{-10}$	$5,80.10^{-10}$	$5,29.10^{-10}$	$8,09.10^{-10}$
$1,45.10^{-2}$	$1,37.10^{-2}$	$6,10.10^{-3}$	$3,17.10^{-3}$	$7,10.10^{-3}$	$6,47.10^{-3}$	$9,90.10^{-3}$

A seguir estão relacionados os dados das análises quantitativas dos parâmetros petrofísicos e hidrodinâmicos obtidos a partir dos perfis geofísicos de poços utilizados na confecção do artigo 3 do Capítulo 4.

LBF (SP) – Linha de base de folhelho para perfil de potencial espontâneo;

Rmf – Resistividade do filtrado da lama obtido no cabeçalho do perfil;

SP (lido) – Potencial espontâneo lido no perfil;

FT (°C) – Temperatura absoluta da camada em graus Celsius;

FT (K) – Temperatura absoluta da camada em graus Kelvin;

$K_{FT}$  – Constante proporcional a FT;

SSP – Deflexão total do potencial espontâneo;

Rwe – Resistividade equivalente da água;

Temp. (°C) – Temperatura da superfície obtida no cabeçalho do perfil analisado

Prof. – Profundidade

$\phi_e$  – Porosidade efetiva

k – Permeabilidade intrínseca

$\mu$  – Viscosidade dinâmica da água

g – Aceleração da gravidade

$\rho$  – Densidade da água

$K_v$  – Condutividade hidráulica vertical

**B3.1.** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço Barreiras – Aeroporto.

<i>perfil composto poço Barreiras – Aeroporto (Formação Posse)</i>								
LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	$K_{FT}$	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
42,10	26,00	14,03	31,80	72,63	-28,07	10,68	30	60
42,10	26,00	14,03	31,95	72,67	-28,07	10,68	30	65
42,10	26,00	21,05	32,10	72,70	-21,05	13,35	30	70
42,10	26,00	21,05	32,25	72,74	-21,05	13,35	30	75
42,10	26,00	28,07	32,40	72,78	-14,03	16,68	30	80
42,10	26,00	31,57	32,55	72,81	-10,53	18,64	30	85
42,10	26,00	35,08	32,70	72,85	-7,02	20,83	30	90
42,10	26,00	31,57	32,85	72,88	-10,53	18,64	30	95
42,10	26,00	31,57	33,00	72,92	-10,53	18,65	30	100

**B3.2.** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço Barreiras-Aeroporto obtidos pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

<i>Cálculo da Condutividade Hidráulica Vertical</i>								<i>Formação Posse</i>	
<i>perfil composto poço Barreiras – Aeroporto</i>									
$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	Prof. (metros)
36,93%	7834,49	$7,73 \cdot 10^{-12}$	31,80	304,95	$7,67 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$9,83 \cdot 10^{-5}$	60
28,80%	2123,65	$2,09 \cdot 10^{-12}$	31,95	305,10	$7,65 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$2,67 \cdot 10^{-5}$	65
26,69%	1448,74	$1,42 \cdot 10^{-12}$	32,10	305,25	$7,63 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,83 \cdot 10^{-5}$	70
32,53%	3973,32	$3,92 \cdot 10^{-12}$	32,25	305,40	$7,60 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$5,03 \cdot 10^{-5}$	75
30,89%	3038,05	$2,99 \cdot 10^{-12}$	32,40	305,55	$7,58 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$3,86 \cdot 10^{-5}$	80
23,25%	734,84	$7,25 \cdot 10^{-13}$	32,55	305,70	$7,55 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$9,37 \cdot 10^{-6}$	85
33,75%	4827,76	$4,76 \cdot 10^{-12}$	32,70	305,85	$7,53 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$6,18 \cdot 10^{-5}$	90
9,61%	12,79	$1,26 \cdot 10^{-14}$	32,85	306,00	$7,51 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,64 \cdot 10^{-7}$	95
21,67%	523,96	$5,17 \cdot 10^{-13}$	33,00	306,15	$7,48 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$6,74 \cdot 10^{-6}$	100

**B3.3** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra das Araras no poço Barreiras – Aeroporto.

<i>Perfil Composto Poço Barreiras – Aeroporto (Formação Serra das Araras)</i>								
LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	$K_{FT}$	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
35,08	26,00	-35,08	30,60	72,34	-70,16	2,79	30	20
35,08	26,00	0,00	30,75	72,38	-35,08	8,52	30	25
35,08	26,00	-91,22	30,90	72,42	-126,30	0,47	30	30
35,08	26,00	-17,54	31,05	72,45	-52,62	4,88	30	35
35,08	26,00	-42,10	31,20	72,49	-77,18	2,24	30	40
35,08	26,00	0,00	31,35	72,52	-35,08	8,54	30	45
35,08	26,00	24,56	31,50	72,56	-10,52	18,62	30	50
35,08	26,00	3,50	31,65	72,60	-31,58	9,55	30	55

**B3.4** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra das Araras no poço Barreiras-Aeroporto obtidos pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

<i>Cálculo da Condutividade Hidráulica Vertical</i>								<i>Formação Serra das Araras</i>	
<i>Perfil composto poço Barreiras – Aeroporto</i>									
$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	Prof. (metros)
4,57%	0,26	$2,54 \cdot 10^{-16}$	30,60	303,75	$7,87 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$3,16 \cdot 10^{-9}$	20
24,54%	701,78	$6,93 \cdot 10^{-13}$	30,75	303,90	$7,85 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$8,62 \cdot 10^{-6}$	25
29,45%	1815,31	$1,79 \cdot 10^{-12}$	30,90	304,05	$7,82 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$2,24 \cdot 10^{-5}$	30
37,58%	6956,06	$6,87 \cdot 10^{-12}$	31,05	304,20	$7,80 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$8,60 \cdot 10^{-5}$	35
39,75%	9613,81	$9,49 \cdot 10^{-12}$	31,20	304,35	$7,77 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,19 \cdot 10^{-4}$	40
40,00%	9976,08	$9,85 \cdot 10^{-12}$	31,35	304,50	$7,75 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,24 \cdot 10^{-4}$	45
36,57%	5948,13	$5,87 \cdot 10^{-12}$	31,50	304,65	$7,72 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$7,42 \cdot 10^{-5}$	50
29,85%	1953,17	$1,93 \cdot 10^{-12}$	31,65	304,80	$7,70 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$2,44 \cdot 10^{-5}$	55

**B3.5** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço São Desidério – Perdizes.

<i>Perfil Composto Poço São Desidério – Perdizes (Formação Posse)</i>								
LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	K <sub>FT</sub>	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
38,59	12,00	-7,01	37,05	73,89	-45,60	2,90	33	135
38,59	12,00	-21,05	37,20	73,93	-59,64	1,87	33	140
38,59	12,00	-14,03	37,35	73,96	-52,62	2,33	33	145
38,59	12,00	-10,52	37,50	74,00	-49,11	2,60	33	150
38,59	12,00	-7,01	37,65	74,04	-45,60	2,91	33	155
38,59	12,00	-7,01	37,80	74,07	-45,60	2,91	33	160
38,59	12,00	-10,52	37,95	74,11	-49,11	2,61	33	165
38,59	12,00	10,52	38,10	74,14	-28,07	5,02	33	170
38,59	12,00	14,03	38,25	74,18	-24,56	5,60	33	175
38,59	12,00	14,03	38,40	74,22	-24,56	5,60	33	180
38,59	12,00	21,05	38,55	74,25	-17,54	6,97	33	185
38,59	12,00	21,05	38,70	74,29	-17,54	6,97	33	190
38,59	12,00	28,07	38,85	74,32	-10,52	8,66	33	195
38,59	12,00	31,57	39,00	74,36	-7,02	9,66	33	200

**B3.6** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço São Desidério – Perdizes obtido pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

<i>Cálculo da Condutividade Hidráulica Vertical</i>								<i>Formação Posse</i>	
<i>Perfil Composto Poço São Desidério - Perdizes</i>									
$\phi_e$ (efetiva)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	prof. (metros)
30,54%	2865,54	2,83.10 <sup>-12</sup>	37,05	310,20	6,90.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,00.10 <sup>-5</sup>	135
32,27%	3813,93	3,76.10 <sup>-12</sup>	37,20	310,35	6,88.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,34.10 <sup>-5</sup>	140
30,00%	2614,62	2,58.10 <sup>-12</sup>	37,35	310,50	6,86.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,67.10 <sup>-5</sup>	145
34,92%	5783,56	5,71.10 <sup>-12</sup>	37,50	310,65	6,84.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	8,15.10 <sup>-5</sup>	150
18,27%	233,50	2,30.10 <sup>-13</sup>	37,65	310,80	6,82.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,30.10 <sup>-6</sup>	155
28,37%	1966,85	1,94.10 <sup>-12</sup>	37,80	310,95	6,80.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,79.10 <sup>-5</sup>	160
18,27%	233,50	2,30.10 <sup>-13</sup>	37,95	311,10	6,78.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,32.10 <sup>-6</sup>	165
19,54%	320,39	3,16.10 <sup>-13</sup>	38,10	311,25	6,76.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,57.10 <sup>-6</sup>	170
15,32%	103,46	1,02.10 <sup>-13</sup>	38,25	311,40	6,74.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,48.10 <sup>-6</sup>	175
24,66%	978,69	9,66.10 <sup>-13</sup>	38,40	311,55	6,72.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,40.10 <sup>-5</sup>	180
29,71%	2486,69	2,45.10 <sup>-12</sup>	38,55	311,70	6,70.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,58.10 <sup>-5</sup>	185
21,05%	456,50	4,51.10 <sup>-12</sup>	38,70	311,85	6,68.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	6,58.10 <sup>-6</sup>	190
29,75%	2503,72	2,47.10 <sup>-12</sup>	38,85	312,00	6,66.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,62.10 <sup>-5</sup>	195
22,61%	642,05	6,34.10 <sup>-12</sup>	39,00	312,15	6,64.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,31.10 <sup>-6</sup>	200

**B3.7** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra das Araras no poço São Desidério – Perdizes.

<i>Perfil Composto Poço São Desidério – Perdizes (Formação Serra Das Araras)</i>								
LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	K <sub>FT</sub>	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
7,01	9,00	0,00	33,30	72,99	-7,01	7,21	33	10
7,01	9,00	-56,14	33,45	73,03	-63,15	1,23	33	15
7,01	9,00	-70,17	33,60	73,06	-77,18	0,79	33	20
7,01	9,00	-70,17	33,75	73,10	-77,18	0,79	33	25
7,01	9,00	-63,15	33,90	73,14	-70,16	0,99	33	30
7,01	9,00	-56,14	34,05	73,17	-63,15	1,23	33	35
7,01	9,00	-56,14	34,20	73,21	-63,15	1,23	33	40
7,01	9,00	-70,17	34,35	73,24	-77,18	0,80	33	45

7,01	9,00	-70,17	34,50	73,28	-77,18	0,80	33	50
7,01	9,00	-56,14	34,65	73,32	-63,15	1,24	33	55
7,01	9,00	-70,17	34,80	73,35	-77,18	0,80	33	60
7,01	9,00	-77,19	34,95	73,39	-84,20	0,64	33	65
7,01	9,00	-84,21	35,10	73,42	-91,22	0,52	33	70
7,01	9,00	-84,21	35,25	73,46	-91,22	0,52	33	75
7,01	9,00	-63,15	35,40	73,50	-70,16	1,00	33	80
7,01	9,00	-38,59	35,55	73,53	-45,60	2,16	33	85
7,01	9,00	-35,08	35,70	73,57	-42,09	2,41	33	90
7,01	9,00	-24,56	35,85	73,60	-31,57	3,35	33	95
7,01	9,00	-28,07	36,00	73,64	-35,08	3,01	33	100
7,01	9,00	-28,07	36,15	73,68	-35,08	3,01	33	105
7,01	9,00	-28,07	36,30	73,71	-35,08	3,01	33	110
7,01	9,00	-17,54	36,45	73,75	-24,55	4,18	33	115
7,01	9,00	-10,52	36,60	73,78	-17,53	5,21	33	120
7,01	9,00	-14,03	36,75	73,82	-21,04	4,67	33	125
7,01	9,00	-7,01	36,90	73,86	-14,02	5,81	33	130

**B3.8** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra das Araras no poço São Desidério – Perdizes obtido pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

<i>Cálculo da Condutividade Hidráulica Vertical</i>								<i>Formação Serra das Araras</i>	
<i>Perfil Composto Poço São Desidério – Perdizes</i>									
$\phi_c$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	Prof. (metros)
33,03%	3376,39	3,33.10 <sup>-12</sup>	33,30	306,45	7,44.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,37.10 <sup>-5</sup>	10
26,06%	957,48	9,45.10 <sup>-13</sup>	33,45	306,60	7,42.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,24.10 <sup>-5</sup>	15
27,14%	1181,81	1,17.10 <sup>-12</sup>	33,60	306,75	7,39.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,54.10 <sup>-5</sup>	20
29,90%	1968,64	1,94.10 <sup>-12</sup>	33,75	306,90	7,37.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,57.10 <sup>-5</sup>	25
34,14%	4050,86	4,00.10 <sup>-12</sup>	33,90	307,05	7,35.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,31.10 <sup>-5</sup>	30
38,18%	7616,76	7,52.10 <sup>-12</sup>	34,05	307,20	7,32.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,00.10 <sup>-4</sup>	35
28,81%	1617,18	1,60.10 <sup>-12</sup>	34,20	307,35	7,30.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,13.10 <sup>-5</sup>	40
26,53%	1049,06	1,04.10 <sup>-12</sup>	34,35	307,50	7,28.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,39.10 <sup>-5</sup>	45
31,29%	2512,89	2,48.10 <sup>-12</sup>	34,50	307,65	7,26.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,34.10 <sup>-5</sup>	50
33,35%	3560,67	3,51.10 <sup>-12</sup>	34,65	307,80	7,24.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,74.10 <sup>-5</sup>	55
32,42%	3049,88	3,01.10 <sup>-12</sup>	34,80	307,95	7,21.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,07.10 <sup>-5</sup>	60
26,98%	1144,67	1,13.10 <sup>-12</sup>	34,95	308,10	7,19.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,53.10 <sup>-5</sup>	65

30,38%	2146,44	2,12.10 <sup>-12</sup>	35,10	308,25	7,17.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,88.10 <sup>-5</sup>	70
31,75%	2719,91	2,68.10 <sup>-12</sup>	35,25	308,40	7,15.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,67.10 <sup>-5</sup>	75
29,90%	1968,64	1,94.10 <sup>-12</sup>	35,40	308,55	7,13.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,66.10 <sup>-5</sup>	80
29,83%	1946,64	1,92.10 <sup>-12</sup>	35,55	308,70	7,11.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,64.10 <sup>-5</sup>	85
29,83%	1946,64	1,92.10 <sup>-12</sup>	35,70	308,85	7,08.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,65.10 <sup>-5</sup>	90
33,77%	3813,67	3,76.10 <sup>-12</sup>	35,85	309,00	7,06.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,20.10 <sup>-5</sup>	95
31,92%	2799,18	2,76.10 <sup>-12</sup>	36,00	309,15	7,04.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,83.10 <sup>-5</sup>	100
35,99%	5433,98	5,36.10 <sup>-12</sup>	36,15	309,30	7,02.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	7,46.10 <sup>-5</sup>	105
36,17%	5596,19	5,52.10 <sup>-12</sup>	36,30	309,45	7,00.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	7,70.10 <sup>-5</sup>	110
34,49%	4282,40	4,23.10 <sup>-12</sup>	36,45	309,60	6,98.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,91.10 <sup>-5</sup>	115
32,22%	2946,07	2,91.10 <sup>-12</sup>	36,60	309,75	6,96.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,08.10 <sup>-5</sup>	120
32,75%	3223,15	3,18.10 <sup>-12</sup>	36,75	309,90	6,94.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,48.10 <sup>-5</sup>	125
32,42%	3049,88	3,01.10 <sup>-12</sup>	36,90	310,05	6,92.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,25.10 <sup>-5</sup>	130

**B3.9** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio.

<i>Perfil Composto Poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio (Formação Posse)</i>								
LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	K <sub>FT</sub>	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
-35,08	20,00	-77,19	28,45	71,83	-42,11	5,19	25	115
-35,08	20,00	-87,71	28,60	71,86	-52,63	3,70	25	120
-35,08	20,00	-70,17	28,75	71,90	-35,09	6,50	25	125
-35,08	20,00	-80,70	28,90	71,94	-45,62	4,64	25	130
-35,08	20,00	-80,70	29,05	71,97	-45,62	4,65	25	135
-35,08	20,00	-80,70	29,20	72,01	-45,62	4,65	25	140
-35,08	20,00	-77,19	29,35	72,04	-42,11	5,21	25	145
-35,08	20,00	-73,68	29,50	72,08	-38,60	5,83	25	150
-35,08	20,00	-63,15	29,65	72,12	-28,07	8,16	25	155
-35,08	20,00	-59,64	29,80	72,15	-24,56	9,13	25	160
-35,08	20,00	-59,64	29,95	72,19	-24,56	9,14	25	165
-35,08	20,00	-63,15	30,10	72,22	-28,07	8,17	25	170
-35,08	20,00	-63,15	30,25	72,26	-28,07	8,18	25	175
-35,08	20,00	-63,15	30,40	72,30	-28,07	8,18	25	180
-35,08	20,00	-63,15	30,55	72,33	-28,07	8,18	25	185
-35,08	20,00	-56,14	30,70	72,37	-21,06	10,23	25	190
-35,08	20,00	-52,63	30,85	72,40	-17,55	11,45	25	195



-35,08	20,00	-49,12	31,00	72,44	-14,04	12,80	25	200
-35,08	20,00	-49,12	31,15	72,48	-14,04	12,80	25	205
-35,08	20,00	-49,12	31,30	72,51	-14,04	12,81	25	210
-35,08	20,00	-49,12	31,45	72,55	-14,04	12,81	25	215
-35,08	20,00	-56,14	31,60	72,58	-21,06	10,25	25	220
-35,08	20,00	-63,15	31,75	72,62	-28,07	8,21	25	225
-35,08	20,00	-70,17	31,90	72,66	-35,09	6,58	25	230
-35,08	20,00	-66,66	32,05	72,69	-31,58	7,36	25	235
-35,08	20,00	-56,14	32,20	72,73	-21,06	10,27	25	240
-35,08	20,00	-63,15	32,35	72,76	-28,07	8,23	25	245
-35,08	20,00	-56,14	32,50	72,80	-21,06	10,27	25	250
-35,08	20,00	-56,14	32,65	72,84	-21,06	10,28	25	255
-35,08	20,00	-66,66	32,80	72,87	-31,58	7,37	25	260
-35,08	20,00	-56,14	32,95	72,91	-21,06	10,28	25	265

**B3.10** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio obtido pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

<i>Cálculo da Condutividade Hidráulica Vertical</i>								<i>Formação Posse</i>	
<i>Perfil Composto Poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio</i>									
$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	Prof. (metros)
28,37%	1966,05	1,94.10 <sup>-12</sup>	28,45	301,60	8,24.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,30.10 <sup>-5</sup>	115
23,81%	825,45	8,14.10 <sup>-13</sup>	28,60	301,75	8,22.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,68.10 <sup>-6</sup>	120
29,60%	2438,68	2,40.10 <sup>-12</sup>	28,75	301,90	8,19.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,87.10 <sup>-5</sup>	125
31,43%	3322,26	3,27.10 <sup>-12</sup>	28,90	302,05	8,16.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,92.10 <sup>-5</sup>	130
31,68%	3463,29	3,41.10 <sup>-12</sup>	29,05	302,20	8,14.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,10.10 <sup>-5</sup>	135
26,43%	1379,08	1,36.10 <sup>-12</sup>	29,20	302,35	8,11.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,64.10 <sup>-5</sup>	140
27,90%	1808,86	1,78.10 <sup>-12</sup>	29,35	302,50	8,08.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,16.10 <sup>-5</sup>	145
24,97%	1041,08	1,02.10 <sup>-12</sup>	29,50	302,65	8,06.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,24.10 <sup>-5</sup>	150
22,88%	680,54	6,71.10 <sup>-13</sup>	29,65	302,80	8,03.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	8,16.10 <sup>-6</sup>	155
22,88%	680,54	6,71.10 <sup>-13</sup>	29,80	302,95	8,01.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	8,19.10 <sup>-6</sup>	160
23,74%	813,63	8,02.10 <sup>-13</sup>	29,95	303,10	7,98.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,82.10 <sup>-6</sup>	165
23,74%	813,63	8,02.10 <sup>-13</sup>	30,10	303,25	7,96.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,85.10 <sup>-6</sup>	170
21,14%	465,53	4,59.10 <sup>-13</sup>	30,25	303,40	7,93.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,66.10 <sup>-6</sup>	175
28,61%	2050,46	2,02.10 <sup>-12</sup>	30,40	303,55	7,90.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,50.10 <sup>-5</sup>	180
24,97%	1041,08	1,02.10 <sup>-12</sup>	30,55	303,70	7,88.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,27.10 <sup>-5</sup>	185

23,74%	813,63	$8,02 \cdot 10^{-13}$	30,70	303,85	$7,85 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$9,98 \cdot 10^{-6}$	190
23,74%	813,63	$8,02 \cdot 10^{-13}$	30,85	304,00	$7,83 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,00 \cdot 10^{-5}$	195
26,57%	1415,78	$1,39 \cdot 10^{-12}$	31,00	304,15	$7,80 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,75 \cdot 10^{-5}$	200
24,37%	924,82	$9,12 \cdot 10^{-13}$	31,15	304,30	$7,78 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,15 \cdot 10^{-5}$	205
22,36%	608,50	$6,00 \cdot 10^{-13}$	31,30	304,45	$7,75 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$7,56 \cdot 10^{-6}$	210
28,37%	1966,05	$1,94 \cdot 10^{-12}$	31,45	304,60	$7,73 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$2,45 \cdot 10^{-5}$	215
20,42%	394,72	$3,89 \cdot 10^{-13}$	31,60	304,75	$7,71 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$4,93 \cdot 10^{-6}$	220
23,07%	707,99	$6,98 \cdot 10^{-13}$	31,75	304,90	$7,68 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$8,88 \cdot 10^{-6}$	225
21,60%	515,25	$5,08 \cdot 10^{-13}$	31,90	305,05	$7,66 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$6,48 \cdot 10^{-6}$	230
27,92%	1815,05	$1,79 \cdot 10^{-12}$	32,05	305,20	$7,63 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$2,29 \cdot 10^{-5}$	235
23,81%	825,45	$8,14 \cdot 10^{-13}$	32,20	305,35	$7,61 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,04 \cdot 10^{-5}$	240
18,45%	244,61	$2,41 \cdot 10^{-13}$	32,35	305,50	$7,59 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$3,11 \cdot 10^{-6}$	245
14,09%	70,68	$6,97 \cdot 10^{-14}$	32,50	305,65	$7,56 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$9,00 \cdot 10^{-7}$	250
26,22%	1324,90	$1,30 \cdot 10^{-12}$	32,65	305,80	$7,54 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,69 \cdot 10^{-5}$	255
22,88%	680,54	$6,71 \cdot 10^{-13}$	32,80	305,95	$7,52 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$8,72 \cdot 10^{-6}$	260
22,32%	603,77	$5,95 \cdot 10^{-13}$	32,95	306,10	$7,49 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$7,76 \cdot 10^{-6}$	265

**B3.11** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra das Araras no poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio.

<i>Perfil Composto Poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio (Formação Serra Das Araras)</i>								
LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	K <sub>FT</sub>	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
-35,08	20,00	-235,08	25,45	71,11	-200,00	0,03	25	15
-35,08	20,00	-214,03	25,60	71,14	-178,95	0,06	25	20
-35,08	20,00	-228,07	25,75	71,18	-192,99	0,04	25	25
-35,08	20,00	-214,03	25,90	71,22	-178,95	0,06	25	30
-35,08	20,00	-200,00	26,05	71,25	-164,92	0,10	25	35
-35,08	20,00	-140,35	26,20	71,29	-105,27	0,67	25	40
-35,08	20,00	-126,31	26,35	71,32	-91,23	1,05	25	45
-35,08	20,00	-35,08	26,50	71,36	0,00	20,00	25	50
-35,08	20,00	-63,15	26,65	71,40	-28,07	8,09	25	55
-35,08	20,00	-84,21	26,80	71,43	-49,13	4,10	25	60
-35,08	20,00	-105,26	26,95	71,47	-70,18	2,08	25	65
-35,08	20,00	-112,28	27,10	71,50	-77,20	1,66	25	70
-35,08	20,00	-105,26	27,25	71,54	-70,18	2,09	25	75

-35,08	20,00	-119,29	27,40	71,58	-84,21	1,33	25	80
-35,08	20,00	-119,29	27,55	71,61	-84,21	1,33	25	85
-35,08	20,00	-105,26	27,70	71,65	-70,18	2,10	25	90
-35,08	20,00	-98,24	27,85	71,68	-63,16	2,63	25	95
-35,08	20,00	-98,24	28,00	71,72	-63,16	2,63	25	100
-35,08	20,00	-91,22	28,15	71,76	-56,14	3,30	25	105
-35,08	20,00	-77,19	28,30	71,79	-42,11	5,18	25	110

**B3.12** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra da Araras no poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio obtido pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

<i>Cálculo da Condutividade Hidráulica Vertical</i>								<i>Formação Serra das Araras</i>	
<i>Perfil Composto Poço Barreiras – Universo Verde Agronegócio</i>									
$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	Prof. (metros)
16,02%	85,09	8,40.10 <sup>-14</sup>	25,45	298,60	8,81.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,30.10 <sup>-7</sup>	15
32,19%	2930,67	2,89.10 <sup>-12</sup>	25,60	298,75	8,78.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,21.10 <sup>-5</sup>	20
36,14%	5565,98	5,49.10 <sup>-12</sup>	25,75	298,90	8,75.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	6,12.10 <sup>-5</sup>	25
30,94%	2365,37	2,33.10 <sup>-12</sup>	25,90	299,05	8,72.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,61.10 <sup>-5</sup>	30
41,08%	11680,33	1,15.10 <sup>-11</sup>	26,05	299,20	8,70.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,29.10 <sup>-4</sup>	35
37,09%	6454,33	6,37.10 <sup>-12</sup>	26,20	299,35	8,67.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	7,17.10 <sup>-5</sup>	40
37,58%	6951,08	6,86.10 <sup>-12</sup>	26,35	299,50	8,64.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	7,75.10 <sup>-5</sup>	45
39,74%	9600,28	9,47.10 <sup>-12</sup>	26,50	299,65	8,61.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,07.10 <sup>-4</sup>	50
31,09%	2429,39	2,40.10 <sup>-12</sup>	26,65	299,80	8,58.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,73.10 <sup>-5</sup>	55
31,33%	2530,87	2,50.10 <sup>-12</sup>	26,80	299,95	8,55.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,85.10 <sup>-5</sup>	60
35,49%	5028,18	4,96.10 <sup>-12</sup>	26,95	300,10	8,52.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,68.10 <sup>-5</sup>	65
34,81%	4514,10	4,46.10 <sup>-12</sup>	27,10	300,25	8,49.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,12.10 <sup>-5</sup>	70
38,43%	7907,70	7,80.10 <sup>-12</sup>	27,25	300,40	8,46.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,00.10 <sup>-5</sup>	75
35,06%	4696,44	4,64.10 <sup>-12</sup>	27,40	300,55	8,44.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,36.10 <sup>-5</sup>	80
36,23%	5641,43	5,57.10 <sup>-12</sup>	27,55	300,70	8,41.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	6,46.10 <sup>-5</sup>	85
37,18%	6540,88	6,46.10 <sup>-12</sup>	27,70	300,85	8,38.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	7,52.10 <sup>-5</sup>	90
36,46%	5847,77	5,77.10 <sup>-12</sup>	27,85	301,00	8,35.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	6,74.10 <sup>-5</sup>	95
36,30%	5705,19	5,63.10 <sup>-12</sup>	28,00	301,15	8,33.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	6,60.10 <sup>-5</sup>	100
36,59%	5966,87	5,89.10 <sup>-12</sup>	28,15	301,30	8,30.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	6,93.10 <sup>-5</sup>	105
35,70%	5191,99	5,12.10 <sup>-12</sup>	28,30	301,45	8,27.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	6,05.10 <sup>-5</sup>	110

**B3.13** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço Luís Eduardo Magalhães – Sede.

<i>Perfil Composto Poço Luís Eduardo Magalhães – Sede (Formação Posse)</i>								
LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	K <sub>FT</sub>	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
114,75	8,00	104,91	26,30	71,31	-9,84	5,82	23	110
114,75	8,00	106,55	26,45	71,35	-8,20	6,14	23	115
114,75	8,00	103,27	26,60	71,38	-11,48	5,52	23	120
114,75	8,00	108,19	26,75	71,42	-6,56	6,47	23	125
114,75	8,00	108,19	26,90	71,46	-6,56	6,48	23	130
114,75	8,00	111,47	27,05	71,49	-3,28	7,20	23	135
114,75	8,00	108,19	27,20	71,53	-6,56	6,48	23	140
114,75	8,00	108,19	27,35	71,56	-6,56	6,48	23	145
114,75	8,00	108,19	27,50	71,60	-6,56	6,48	23	150
114,75	8,00	106,55	27,65	71,64	-8,20	6,15	23	155
114,75	8,00	108,19	27,80	71,67	-6,56	6,48	23	160
114,75	8,00	108,19	27,95	71,71	-6,56	6,48	23	165
114,75	8,00	108,19	28,10	71,74	-6,56	6,48	23	170
114,75	8,00	108,19	28,25	71,78	-6,56	6,48	23	175
114,75	8,00	109,83	28,40	71,82	-4,92	6,83	23	180
114,75	8,00	109,83	28,55	71,85	-4,92	6,83	23	185
114,75	8,00	108,19	28,70	71,89	-6,56	6,48	23	190
114,75	8,00	108,19	28,85	71,92	-6,56	6,48	23	195
114,75	8,00	104,91	29,00	71,96	-9,84	5,84	23	200
114,75	8,00	104,91	29,15	72,00	-9,84	5,84	23	205
114,75	8,00	104,91	29,30	72,03	-9,84	5,84	23	210
114,75	8,00	104,91	29,45	72,07	-9,84	5,84	23	215
114,75	8,00	106,55	29,60	72,10	-8,20	6,16	23	220
114,75	8,00	108,19	29,75	72,14	-6,56	6,49	23	225
114,75	8,00	104,91	29,90	72,18	-9,84	5,84	23	230
114,75	8,00	98,36	30,05	72,21	-16,39	4,74	23	235
114,75	8,00	85,24	30,20	72,25	-29,51	3,12	23	240
114,75	8,00	55,73	30,35	72,28	-59,02	1,22	23	245
114,75	8,00	75,40	30,50	72,32	-39,35	2,29	23	250
114,75	8,00	49,18	30,65	72,36	-65,57	0,99	23	255

114,75	8,00	55,73	30,80	72,39	-59,02	1,22	23	260
114,75	8,00	52,45	30,95	72,43	-62,30	1,10	23	265
114,75	8,00	36,06	31,10	72,46	-78,69	0,66	23	270
114,75	8,00	39,34	31,25	72,50	-75,41	0,73	23	275

**B3.14** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço Luís Eduardo Magalhães – Sede obtido pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

<i>Cálculo da condutividade hidráulica vertical</i>							<i>Formação Posse</i>		
<i>Perfil Composto Poço Luís Eduardo Magalhães – Sede</i>									
$\phi_e$ (efetiv.)	k (mildarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	Prof. (metros)
26,06%	1286,16	1,27.10 <sup>-12</sup>	26,30	299,45	8,65.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,43.10 <sup>-5</sup>	110
32,28%	3814,16	3,76.10 <sup>-12</sup>	26,45	299,60	8,62.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,26.10 <sup>-5</sup>	115
29,93%	2579,82	2,55.10 <sup>-12</sup>	26,60	299,75	8,59.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,89.10 <sup>-5</sup>	120
29,67%	2469,64	2,44.10 <sup>-12</sup>	26,75	299,90	8,56.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,78.10 <sup>-5</sup>	125
30,14%	2675,00	2,64.10 <sup>-12</sup>	26,90	300,05	8,53.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,02.10 <sup>-5</sup>	130
28,01%	1844,67	1,82.10 <sup>-12</sup>	27,05	300,20	8,50.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,09.10 <sup>-5</sup>	135
30,71%	2945,61	2,91.10 <sup>-12</sup>	27,20	300,35	8,47.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,35.10 <sup>-5</sup>	140
17,98%	216,81	2,14.10 <sup>-13</sup>	27,35	300,50	8,45.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,47.10 <sup>-6</sup>	145
17,98%	216,81	2,14.10 <sup>-13</sup>	27,50	300,65	8,42.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,48.10 <sup>-6</sup>	150
17,98%	216,81	2,14.10 <sup>-13</sup>	27,65	300,80	8,39.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,49.10 <sup>-6</sup>	155
31,46%	3335,89	3,29.10 <sup>-12</sup>	27,80	300,95	8,36.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,84.10 <sup>-5</sup>	160
28,97%	2184,89	2,16.10 <sup>-12</sup>	27,95	301,10	8,34.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,53.10 <sup>-5</sup>	165
30,71%	2944,25	2,91.10 <sup>-12</sup>	28,10	301,25	8,31.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,41.10 <sup>-5</sup>	170
33,80%	4865,21	4,80.10 <sup>-12</sup>	28,25	301,40	8,28.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,66.10 <sup>-5</sup>	175
31,51%	3364,85	3,32.10 <sup>-12</sup>	28,40	301,55	8,25.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,93.10 <sup>-5</sup>	180
30,34%	2767,58	2,73.10 <sup>-12</sup>	28,55	301,70	8,23.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,24.10 <sup>-5</sup>	185
31,44%	3328,93	3,29.10 <sup>-12</sup>	28,70	301,85	8,20.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,91.10 <sup>-5</sup>	190
32,14%	3732,68	3,68.10 <sup>-12</sup>	28,85	302,00	8,17.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,40.10 <sup>-5</sup>	195
31,91%	3592,38	3,55.10 <sup>-12</sup>	29,00	302,15	8,15.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,25.10 <sup>-5</sup>	200
32,27%	3807,93	3,76.10 <sup>-12</sup>	29,15	302,30	8,12.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,52.10 <sup>-5</sup>	205
32,81%	4154,29	4,10.10 <sup>-12</sup>	29,30	302,45	8,09.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,94.10 <sup>-5</sup>	210
32,52%	3968,07	3,92.10 <sup>-12</sup>	29,45	302,60	8,07.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,74.10 <sup>-5</sup>	215
34,93%	5791,87	5,72.10 <sup>-12</sup>	29,60	302,75	8,04.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	6,94.10 <sup>-5</sup>	220

32,27%	3807,93	$3,76.10^{-12}$	29,75	302,90	$8,02.10^{-4}$	9,7803	998	$4,58.10^{-5}$	225
27,69%	1740,52	$1,72.10^{-12}$	29,90	303,05	$7,99.10^{-4}$	9,7803	998	$2,10.10^{-5}$	230
32,27%	3807,93	$3,76.10^{-12}$	30,05	303,20	$7,96.10^{-4}$	9,7803	998	$4,61.10^{-5}$	235
33,66%	4760,25	$4,70.10^{-12}$	30,20	303,35	$7,94.10^{-4}$	9,7803	998	$5,78.10^{-5}$	240
30,18%	2695,60	$2,66.10^{-12}$	30,35	303,50	$7,91.10^{-4}$	9,7803	998	$3,28.10^{-5}$	245
31,08%	3134,13	$3,09.10^{-12}$	30,50	303,65	$7,89.10^{-4}$	9,7803	998	$3,83.10^{-5}$	250
27,84%	1789,49	$1,77.10^{-12}$	30,65	303,80	$7,86.10^{-4}$	9,7803	998	$2,19.10^{-5}$	255
29,86%	2552,85	$2,52.10^{-12}$	30,80	303,95	$7,84.10^{-4}$	9,7803	998	$3,14.10^{-5}$	260
26,69%	1447,82	$1,43.10^{-12}$	30,95	304,10	$7,81.10^{-4}$	9,7803	998	$1,79.10^{-5}$	265
31,91%	3592,38	$3,55.10^{-12}$	31,10	304,25	$7,79.10^{-4}$	9,7803	998	$4,44.10^{-5}$	270
26,59%	1421,51	$1,40.10^{-12}$	31,25	304,40	$7,76.10^{-4}$	9,7803	998	$1,76.10^{-5}$	275

**B3.15** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra das Araras no poço Luís Eduardo Magalhães – Sede.

<i>Perfil Composto Poço Luís Eduardo Magalhães – Sede (Formação Serra das Araras)</i>								
LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	K <sub>FT</sub>	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
140,98	8,00	127,86	23,30	70,59	-13,12	5,21	23	10
140,98	8,00	108,19	23,45	70,63	-32,79	2,75	23	15
140,98	8,00	114,75	23,60	70,66	-26,23	3,40	23	20
140,98	8,00	121,31	23,75	70,70	-19,67	4,22	23	25
140,98	8,00	127,86	23,90	70,74	-13,12	5,22	23	30
140,98	8,00	118,03	24,05	70,77	-22,95	3,79	23	35
140,98	8,00	121,31	24,20	70,81	-19,67	4,22	23	40
140,98	8,00	114,75	24,35	70,84	-26,23	3,41	23	45
140,98	8,00	98,36	24,50	70,88	-42,62	2,00	23	50
140,98	8,00	111,47	24,65	70,92	-29,51	3,07	23	55
140,98	8,00	104,91	24,80	70,95	-36,07	2,48	23	60
140,98	8,00	108,19	24,95	70,99	-32,79	2,76	23	65
140,98	8,00	101,63	25,10	71,02	-39,35	2,23	23	70
140,98	8,00	100,00	25,25	71,06	-40,98	2,12	23	75
140,98	8,00	108,19	25,40	71,10	-32,79	2,77	23	80
140,98	8,00	106,55	25,55	71,13	-34,43	2,62	23	85
140,98	8,00	111,47	25,70	71,17	-29,51	3,08	23	90
140,98	8,00	108,19	25,85	71,20	-32,79	2,77	23	95

140,98	8,00	104,91	26,00	71,24	-36,07	2,49	23	100
140,98	8,00	101,63	26,15	71,28	-39,35	2,24	23	105

**B3.16** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra das Araras no poço Luís Eduardo Magalhães – Sede obtido pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

<i>Cálculo da Condutividade Hidráulica Vertical</i>								<i>Formação Serra das Araras</i>	
<i>Perfil Composto Poço Luís Eduardo Magalhães – Sede</i>									
$\phi_e$ (efetiv.)	k (milidarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	Prof. (metros)
2,20%	0,01	9,58.10 <sup>-18</sup>	23,30	296,45	9,26.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,01.10 <sup>-10</sup>	10
7,78%	2,89	2,85.10 <sup>-15</sup>	23,45	296,60	9,23.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,02.10 <sup>-8</sup>	15
27,47%	1258,65	1,24.10 <sup>-12</sup>	23,60	296,75	9,20.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,32.10 <sup>-5</sup>	20
32,37%	3020,48	2,98.10 <sup>-12</sup>	23,75	296,90	9,16.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,18.10 <sup>-5</sup>	25
35,24%	4831,02	4,76.10 <sup>-12</sup>	23,90	297,05	9,13.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,10.10 <sup>-5</sup>	30
33,64%	3729,85	3,68.10 <sup>-12</sup>	24,05	297,20	9,10.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,95.10 <sup>-5</sup>	35
11,27%	16,04	1,58.10 <sup>-14</sup>	24,20	297,35	9,07.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,70.10 <sup>-7</sup>	40
21,95%	398,81	3,93.10 <sup>-13</sup>	24,35	297,50	9,04.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,25.10 <sup>-6</sup>	45
27,93%	1372,62	1,35.10 <sup>-12</sup>	24,50	297,65	9,01.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,47.10 <sup>-5</sup>	50
39,03%	8645,30	8,53.10 <sup>-12</sup>	24,65	297,80	8,98.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,28.10 <sup>-5</sup>	55
26,97%	1143,91	1,12.10 <sup>-12</sup>	24,80	297,95	8,95.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,23.10 <sup>-5</sup>	60
37,36%	6723,57	6,63.10 <sup>-12</sup>	24,95	298,10	8,91.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	7,27.10 <sup>-5</sup>	65
20,67%	295,54	2,91.10 <sup>-13</sup>	25,10	298,25	8,88.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,20.10 <sup>-6</sup>	70
38,36%	7826,89	7,72.10 <sup>-12</sup>	25,25	298,40	8,85.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	8,52.10 <sup>-5</sup>	75
42,59%	14494,99	1,43.10 <sup>-11</sup>	25,40	298,55	8,82.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,58.10 <sup>-4</sup>	80
24,09%	638,25	6,29.10 <sup>-13</sup>	25,55	298,70	8,79.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	6,99.10 <sup>-6</sup>	85
22,97%	501,89	4,95.10 <sup>-13</sup>	25,70	298,85	8,76.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	5,52.10 <sup>-6</sup>	90
28,18%	1438,04	1,41.10 <sup>-12</sup>	25,85	299,00	8,73.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,59.10 <sup>-5</sup>	95
26,97%	1143,91	1,12.10 <sup>-12</sup>	26,00	299,15	8,70.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,27.10 <sup>-5</sup>	100
25,21%	806,23	7,95.10 <sup>-13</sup>	26,15	299,30	8,68.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	8,95.10 <sup>-6</sup>	105

**B3.17** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço Correntina – Rosário.

*Perfil Composto Poço Correntina – Rosário (Formação Posse)*

LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	K <sub>FT</sub>	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
-28,07	10,00	-105,26	27,20	71,53	-77,19	0,83	23	140
-28,07	10,00	-119,29	27,35	71,56	-91,22	0,53	23	145
-28,07	10,00	-91,22	27,50	71,60	-63,15	1,31	23	150
-28,07	10,00	-91,22	27,65	71,64	-63,15	1,31	23	155
-28,07	10,00	-84,21	27,80	71,67	-56,14	1,65	23	160
-28,07	10,00	-49,12	27,95	71,71	-21,05	5,09	23	165
-28,07	10,00	-77,19	28,10	71,74	-49,12	2,07	23	170
-28,07	10,00	-91,22	28,25	71,78	-63,15	1,32	23	175
-28,07	10,00	-56,14	28,40	71,82	-28,07	4,07	23	180
-28,07	10,00	-49,12	28,55	71,85	-21,05	5,09	23	185
-28,07	10,00	-63,15	28,70	71,89	-35,08	3,25	23	190
-28,07	10,00	-105,26	28,85	71,92	-77,19	0,84	23	195
-28,07	10,00	-91,22	29,00	71,96	-63,15	1,33	23	200
-28,07	10,00	-70,17	29,15	72,00	-42,10	2,60	23	205
-28,07	10,00	-49,12	29,30	72,03	-21,05	5,10	23	210
-28,07	10,00	-70,17	29,45	72,07	-42,10	2,61	23	215
-28,07	10,00	-70,12	29,60	72,10	-42,05	2,61	23	220
-28,07	10,00	-77,19	29,75	72,14	-49,12	2,08	23	225
-28,07	10,00	-49,12	29,90	72,18	-21,05	5,11	23	230
-28,07	10,00	-70,12	30,05	72,21	-42,05	2,62	23	235
-28,07	10,00	-63,15	30,20	72,25	-35,08	3,27	23	240

**B3.18** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Posse no poço Correntina – Rosário obtido pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

Cálculo da Condutividade Hidráulica Vertical								Formação Posse	
Perfil Composto Poço Correntina – Rosário									
$\phi_e$ (efetiv.)	k (mildarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	Prof. (metros)
28,78%	2116,18	2,09.10 <sup>-12</sup>	27,20	300,35	8,47.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,41.10 <sup>-5</sup>	140
32,30%	3831,96	3,78.10 <sup>-12</sup>	27,35	300,50	8,45.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	4,37.10 <sup>-5</sup>	145
28,10%	1872,88	1,85.10 <sup>-12</sup>	27,50	300,65	8,42.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,14.10 <sup>-5</sup>	150
30,03%	2628,01	2,59.10 <sup>-12</sup>	27,65	300,80	8,39.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	3,02.10 <sup>-5</sup>	155
29,66%	2466,86	2,43.10 <sup>-12</sup>	27,80	300,95	8,36.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,84.10 <sup>-5</sup>	160
27,46%	1669,37	1,65.10 <sup>-12</sup>	27,95	301,10	8,34.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,93.10 <sup>-5</sup>	165
26,89%	1503,24	1,48.10 <sup>-12</sup>	28,10	301,25	8,31.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,74.10 <sup>-5</sup>	170
28,92%	2168,94	2,14.10 <sup>-12</sup>	28,25	301,40	8,28.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,52.10 <sup>-5</sup>	175



30,45%	2822,35	$2,79.10^{-12}$	28,40	301,55	$8,25.10^{-4}$	9,7803	998	$3,29.10^{-5}$	180
33,03%	4306,53	$4,25.10^{-12}$	28,55	301,70	$8,23.10^{-4}$	9,7803	998	$5,04.10^{-5}$	185
29,66%	2466,86	$2,43.10^{-12}$	28,70	301,85	$8,20.10^{-4}$	9,7803	998	$2,90.10^{-5}$	190
31,20%	3197,17	$3,16.10^{-12}$	28,85	302,00	$8,17.10^{-4}$	9,7803	998	$3,77.10^{-5}$	195
29,85%	2545,53	$2,51.10^{-12}$	29,00	302,15	$8,15.10^{-4}$	9,7803	998	$3,01.10^{-5}$	200
31,53%	3378,55	$3,33.10^{-12}$	29,15	302,30	$8,12.10^{-4}$	9,7803	998	$4,01.10^{-5}$	205
32,55%	3986,93	$3,93.10^{-12}$	29,30	302,45	$8,09.10^{-4}$	9,7803	998	$4,75.10^{-5}$	210
34,10%	5094,00	$5,03.10^{-12}$	29,45	302,60	$8,07.10^{-4}$	9,7803	998	$6,08.10^{-5}$	215
34,81%	5688,14	$5,61.10^{-12}$	29,60	302,75	$8,04.10^{-4}$	9,7803	998	$6,81.10^{-5}$	220
33,80%	4862,44	$4,80.10^{-12}$	29,75	302,90	$8,02.10^{-4}$	9,7803	998	$5,84.10^{-5}$	225
30,03%	2628,01	$2,59.10^{-12}$	29,90	303,05	$7,99.10^{-4}$	9,7803	998	$3,17.10^{-5}$	230
28,78%	2116,18	$2,09.10^{-12}$	30,05	303,20	$7,96.10^{-4}$	9,7803	998	$2,56.10^{-5}$	235
25,60%	1176,69	$1,16.10^{-12}$	30,20	303,35	$7,94.10^{-4}$	9,7803	998	$1,43.10^{-5}$	240

**B3.19** Dados da interpretação quantitativa do perfil de potencial espontâneo (SP) para obtenção da temperatura utilizada no cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra das Araras no poço Correntina – Rosário.

<i>Perfil Composto Poço Correntina – Rosário (Formação Serra das Araras)</i>								
LBF(SP) mV	Rmf (ohm.m)	SP mV (lido)	FT (°C)	K <sub>FT</sub>	SSP(mV)	Rwe ohm.m (SP)	temp. °C	prof. (metros)
308,77	10,00	182,45	23,45	70,63	-126,32	0,16	23	15
308,77	10,00	168,42	23,60	70,66	-140,35	0,10	23	20
308,77	10,00	56,14	23,75	70,70	-252,63	0,00	23	25
308,77	10,00	21,05	23,90	70,74	-287,72	0,00	23	30
308,77	10,00	31,57	24,05	70,77	-277,20	0,00	23	35
308,77	10,00	38,59	24,20	70,81	-270,18	0,00	23	40
308,77	10,00	42,10	24,35	70,84	-266,67	0,00	23	45
308,77	10,00	45,61	24,50	70,88	-263,16	0,00	23	50
308,77	10,00	56,14	24,65	70,92	-252,63	0,00	23	55
308,77	10,00	63,15	24,80	70,95	-245,62	0,00	23	60
308,77	10,00	77,19	24,95	70,99	-231,58	0,01	23	65
308,77	10,00	91,22	25,10	71,02	-217,55	0,01	23	70
308,77	10,00	105,26	25,25	71,06	-203,51	0,01	23	75
308,77	10,00	115,78	25,40	71,10	-192,99	0,02	23	80
308,77	10,00	119,29	25,55	71,13	-189,48	0,02	23	85
308,77	10,00	119,29	25,70	71,17	-189,48	0,02	23	90

308,77	10,00	140,35	25,85	71,20	-168,42	0,04	23	95
308,77	10,00	147,36	26,00	71,24	-161,41	0,05	23	100
308,77	10,00	168,42	26,15	71,28	-140,35	0,11	23	105
308,77	10,00	210,52	26,30	71,31	-98,25	0,42	23	110
308,77	10,00	185,96	26,45	71,35	-122,81	0,19	23	115
308,77	10,00	245,61	26,60	71,38	-63,16	1,30	23	120
308,77	10,00	235,08	26,75	71,42	-73,69	0,93	23	125
308,77	10,00	273,68	26,90	71,46	-35,09	3,23	23	130

**B3.20** Cálculo da condutividade hidráulica vertical da Formação Serra das Araras no poço Correntina – Rosário obtido pela análise de perfis geofísicos de poços (GR, SP e DT).

<i>Cálculo da Condutividade Hidráulica Vertical</i>								<i>Formação Serra das Araras</i>	
<i>Perfil Composto Poço Correntina – Rosário</i>									
$\phi_c$ (efetiv.)	k (mildarcies)	k (m <sup>2</sup> )	FT (°C)	FT (K)	$\mu$ (Kg/m.s)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Kv (m/s)	Prof. (metros)
19,87%	243,27	2,40.10 <sup>-13</sup>	23,45	296,60	9,23.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,54.10 <sup>-6</sup>	15
15,28%	67,61	6,67.10 <sup>-14</sup>	23,60	296,75	9,20.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	7,08.10 <sup>-7</sup>	20
10,78%	13,03	1,28.10 <sup>-14</sup>	23,75	296,90	9,16.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,37.10 <sup>-7</sup>	25
30,23%	2090,09	2,06.10 <sup>-12</sup>	23,90	297,05	9,13.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	2,20.10 <sup>-5</sup>	30
40,63%	10942,99	1,07.10 <sup>-11</sup>	24,05	297,20	9,10.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,16.10 <sup>-4</sup>	35
41,90%	13138,83	1,29.10 <sup>-11</sup>	24,20	297,35	9,07.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,40.10 <sup>-4</sup>	40
42,44%	14196,03	1,40.10 <sup>-11</sup>	24,35	297,50	9,04.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,51.10 <sup>-4</sup>	45
39,67%	9506,80	9,38.10 <sup>-12</sup>	24,50	297,65	9,01.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,02.10 <sup>-4</sup>	50
25,42%	841,24	8,30.10 <sup>-13</sup>	24,65	297,80	8,98.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,03.10 <sup>-6</sup>	55
38,84%	8407,68	8,29.10 <sup>-12</sup>	24,80	297,95	8,95.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,05.10 <sup>-5</sup>	60
37,17%	6529,76	6,44.10 <sup>-12</sup>	24,95	298,10	8,91.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	7,06.10 <sup>-5</sup>	65
39,13%	8777,67	8,66.10 <sup>-12</sup>	25,10	298,25	8,88.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	9,52.10 <sup>-5</sup>	70
42,64%	14597,69	1,44.10 <sup>-11</sup>	25,25	298,40	8,85.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,59.10 <sup>-4</sup>	75
38,16%	7592,09	7,49.10 <sup>-12</sup>	25,40	298,55	8,82.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	8,29.10 <sup>-5</sup>	80
42,74%	14814,17	1,46.10 <sup>-11</sup>	25,55	298,70	8,79.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,62.10 <sup>-4</sup>	85
41,51%	12426,45	1,22.10 <sup>-11</sup>	25,70	298,85	8,76.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,37.10 <sup>-4</sup>	90
40,02%	10004,19	9,87.10 <sup>-12</sup>	25,85	299,00	8,73.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,10.10 <sup>-4</sup>	95
42,64%	14597,69	1,44.10 <sup>-11</sup>	26,00	299,15	8,70.10 <sup>-4</sup>	9,7803	998	1,62.10 <sup>-4</sup>	100

43,25%	15908,97	$1,57 \cdot 10^{-11}$	26,15	299,30	$8,68 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,77 \cdot 10^{-4}$	105
39,27%	8962,84	$8,84 \cdot 10^{-12}$	26,30	299,45	$8,65 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$9,99 \cdot 10^{-5}$	110
41,42%	12270,62	$1,21 \cdot 10^{-11}$	26,45	299,60	$8,62 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,37 \cdot 10^{-4}$	115
44,13%	17993,50	$1,77 \cdot 10^{-11}$	26,60	299,75	$8,59 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$2,02 \cdot 10^{-4}$	120
41,61%	12611,37	$1,24 \cdot 10^{-11}$	26,75	299,90	$8,56 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$1,42 \cdot 10^{-4}$	125
38,90%	8475,09	$8,36 \cdot 10^{-12}$	26,90	300,05	$8,53 \cdot 10^{-4}$	9,7803	998	$9,57 \cdot 10^{-5}$	130

## **ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UFRJ**

---

### DIRETRIZES PARA AUTORES

#### Normas para Publicação

1. O Anuário do Instituto de Geociências é uma publicação oficial da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Instituto de Geociências, destinando-se à divulgação da produção científica de interesse amplo, caráter original e inédito, relacionada com as Geociências. Ao submeter um artigo, o(s) autor(es) do mesmo está realizando de maneira automática a transferência de direitos autorais ao Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ.

2. Não há pagamento de taxas para a submissão. No entanto, caso o artigo seja aceito será necessário o pagamento de uma taxa de R\$330 para cobrir despesas de editoração e publicação do artigo no Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ.

3. Os textos podem ser redigidos em línguas portuguesa, inglesa, espanhola ou francesa. O resumo (em português), e em inglês (abstract) sempre devem ser apresentados, independente do idioma utilizado, contendo até 25 linhas e em apenas um parágrafo.

4. Os artigos podem conter até 20 páginas (tamanho A4) digitadas em espaço um e meio, incluindo ilustrações e referências bibliográficas. Ademais, cada arquivo submetido não poderá ultrapassar 2 Mb.

#### Preparação para Encaminhamento

a) Textos

5. Artigos

Em sequência:

i) Título em português e em negrito;

ii) Título em inglês;

iii) Resumo;

iv) Palavras-chave (três), separadas por ponto-e-vírgula;

v) Abstract;

vi) Keywords (três), separadas por ponto-e-vírgula;

vii) Legendas das figuras no corpo do texto, na posição aproximada onde deverão aparecer;

viii). Os títulos das seções (Exemplo: Introdução, Metodologia e Dados, Resultados, Conclusões, Referências), devem estar em negrito e alinhados à esquerda. Hierarquizar os títulos e subtítulos em 1, 1.1, 2, 2.1, 2.2 etc. (todos em negrito). Não colocar ponto, traço ou dois pontos após o número de item, subitem, figura ou tabela.

- Editar o texto e tabelas em Word for Windows, página tamanho A4, fonte Times New Roman, tamanho 12. As linhas de texto alinhadas à esquerda e em espaço 1,5. Todas as margens devem ter 2,5 cm. Digitar as tabelas no modo “Tabela” do Word. Digitar legenda abaixo da Tabela.

- Equações devem ser digitadas no texto e numeradas sequencialmente.

- Enviar o arquivo digital “.doc“ ou “.docx” via plataforma OJS, sem que esse ultrapasse 2 Mb.

6. No passo 1 da submissão, no campo Comentários para o Editor, indicar até três pesquisadores (nome completo e endereço de e-mail para contato) com expertise no tema de pesquisa que possam

atuar como revisores ad hoc. Caberá ao Conselho Editorial do Anuário do Instituto de Geociências a escolha dos revisores, podendo incluir ou não algum(ns) dos nomes indicados.

#### b) Ilustrações

7. As ilustrações gráficas, fotográficas e fotomicrográficas serão numeradas sequencialmente, na ordem de sua citação no texto (Figura 1, Figura 2, Figura 3 ...), e consideradas, mesmo pranchas ou quadros, indiscriminadamente como Figuras. Não serão aceitos encartes. Figuras compostas por várias ilustrações devem ser agrupadas em apenas 1 arquivo, rotuladas com letras: Figura 1A.---; B.----;C---. Todas as ilustrações deverão ser preparadas de forma digitalizada em formato .jpg com resolução de 255 dpi. As figuras devem ser preparadas de modo a otimizar o espaço disponível.

8. Legendas e símbolos das ilustrações devem ter dimensões adequadas para permitir legibilidade em eventuais reduções. Explicar todos os símbolos. Colocar escalas gráficas dentro da área das ilustrações.

#### c) Referências

9. Citações no corpo do texto, seguir os formatos do seguinte exemplo: Lima (1999), Lima & Silva (1992a, 1992b) e para três autores ou mais, Lima et al. (2002). No caso de várias referências, organizar por ordem de ano de publicação, separadas por ponto-e-vírgula. Exemplo: ... (Karl et al., 1997; Easterling et al., 2000; Meehl et al., 2000; Frich et al., 2002).

10. Ao final do texto, ordenar as referências na ordem alfabética do sobrenome do primeiro autor, empregando os seguintes formatos:

Artigos de Periódicos:

Pereira, R.; Guimarães Jr., J.A. & Silva Jr., G.C. 2002. Avaliação do Impacto da Captação de Água na Lagoa do Bomfim, RN - Brasil. Revista Águas Subterrâneas, 16(1): 61-68.

Souza, M.L. 1997. Algumas Notas Sobre a Importância do Espaço para o Desenvolvimento Social. *Território*, 3: 13-35.

Artigos de Publicações Seriadas:

Vicalvi, M.A.; Kotzian, S.C.B. & Forti-Esteves, I.R. 1977. A Ocorrência de Microfauna Estuarina no Quaternário da Plataforma Continental de São Paulo. In: *Evolução Sedimentar Holocênica da Plataforma Continental e do Talude do Sul do Brasil*, Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP, p. 77-97. (Série Projeto REMAC 2).

Dissertações e Teses:

Caíta, M.B.F. 2000. Angola: Estado-Nação, Movimentos Sociais e Disputas Territoriais. O Caso da Província de Ngagela. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 67p.

Artigos Publicados em Eventos:

Dias-Brito, D. 1992. Ocorrências de Calcisferas em Depósitos carbonáticos do Atlântico Sul: Impacto na Configuração Paleoceanográfica do Tétis Cretácico. In: *SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁICAS BRASILEIRAS*, 2, Rio Claro, 1992. Resumos expandidos, Rio Claro, UNESP, p. 30-34.

Livros:

Becker, B. & Egler, C. 1993. *Brasil: Uma Nova Potência Regional na Economia-mundo*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 267p.

Capítulos de livros:

Wanderley, M.D. 2004. Nanofósseis Calcários. In: CARVALHO, I.S. (ed.). Paleontologia. Editora Interciência, p. 285-296.

Citação de Página de Internet:

ANDA. 2018. Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. Disponível em: <<http://www.anda.org.br/>>. Acesso em: 23 fev. 2017 e 02 abr. 2018.

Citação de mapa:

Almeida, J.C.H.; Heilbron, M.; Guedes, E. & Ramos, R.R.C. 2018. Mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro. 1 mapa: 80 cm x 120 cm. Escala 1:400.000.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa geopolítico do Brasil. 1 mapa: 50 cm x 80 cm. Escala: 1:200.000.

Análise pelo Corpo Consultivo

11. Os artigos serão submetidos à análise crítica inicial do Conselho Editorial e, caso possuam mérito científico e sejam relevantes para sua área de pesquisa, serão submetidos à avaliação por pelo menos dois consultores ad hoc. Textos não aceitos para publicação serão devolvidos ao autor correspondente.

12. Manuscritos não formatados segundo as normas aqui estabelecidas serão automaticamente recusados, assim como aqueles que não se enquadrarem no escopo do Anuário do Instituto de Geociências ou que apresentarem pouca relevância em seu campo de pesquisa.

Procedimentos após Análise



13. Os artigos serão encaminhados para revisão pelo(s) editor(es), acompanhados de uma lista de recomendações editoriais. Após a realização de todas as correções indicadas deverão ser encaminhados os novos arquivos com o texto e figuras para o editor.

#### Provas e Separatas

14. Provas dos Artigos serão remetidas aos autores (arquivo no formato PDF) para correção antes de sua publicação.

Alterações necessárias deverão ser encaminhadas na prova do arquivo PDF.

#### Copyright e Autorizações

15. Não há restrição para o(s) autor(es) em manterem o direito de copyright de seus artigos, bem como podem manter os direitos de publicação sem restrições, desde que solicitado quando da submissão do manuscrito.

© Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ

<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/about/submissions#onlineSubmissions>

# ANEXO B – COMPROVANTE DE PUBLICAÇÃO DO ARTIGO 1



Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ  
www.anuario.igeo.ufrj.br

## Determinação da Porosidade e Permeabilidade do Sistema Aquífero Urucuia Centro-Ocidental através da Interpretação de Perfis Geofísicos Determination of Porosity and Permeability of the Central-Western Urucuia Aquifer System through the Interpretation of Geophysical Logs

Rafael Lima dos Santos Santos & Natanael da Silva Barbosa

Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia, Núcleo de Estudos  
Hidrogeológicos e do Meio Ambiente, Rua Barão de Jeremoabo s/n, 40170-290, Ondina, Salvador, BA, Brasil

E-mails: rafael\_lss@hotmail.com; ndbarbosa@ufba.br

Recebido em: 31/07/2018 Aprovado em: 13/05/2020

DOI: [http://doi.org/10.11137/2020\\_3\\_323\\_333](http://doi.org/10.11137/2020_3_323_333)

### Resumo

Nos estudos hidrogeológicos, a porosidade e permeabilidade caracterizam as rochas em relação ao armazenamento e a transmissão de fluidos nos aquíferos. Neste trabalho, os parâmetros petrofísicos foram obtidos através das informações contidas em cinco perfis geofísicos de poços com a integração dos dados do tempo de trânsito das ondas acústicas e da contagem em unidades API (*American Petroleum Institute*) dos raios gama. Nesse contexto, a área de estudo compreende uma associação de duas unidades hidroestratigráficas inter-relacionadas (Formações Posse e Serra das Araras) com características hidráulicas específicas, individualizadas por propriedades petrofísicas e sedimentológicas contrastantes ao longo de sua área de abrangência, segundo uma orientação de ENE (área fonte) para WSW (área deposicional). Nesse trend, a variação das propriedades petrofísicas sugere que os principais resultados obtidos indicam: (i) um aumento nos valores médios de argilosidade (VSH) para a Formação Posse e, conseqüentemente, uma diminuição na porosidade total ( $\phi$ ) devido ao processo de infiltração mecânica das argilas que funcionam como uma pseudomatriz dos arenitos eólicos, caracterizado por um aumento da VSH com a profundidade. Já os parâmetros porosidade efetiva ( $\phi_e$ ) e permeabilidade ( $k$ ) apresentam uma tendência de aumento em razão de um maior grau de seleção das partículas do arcabouço; (ii) para a Formação Serra das Araras é verificado uma diminuição no VSH ao longo de sua extensão, devido a uma maior variação litológica, e em profundidade, como uma consequência de uma infiltração mecânica das argilas intersticiais para a unidade subjacente. Na porção centro-oriental da bacia hidrogeológica ocorre uma diminuição significativa nos valores médios de  $\phi$ ,  $\phi_e$  e  $k$  devido a uma maior frequência e espessura de níveis silicificados e fraturados que compõe o Sistema Aquífero Urucuia (SAU). De modo geral, os parâmetros petrofísicos se relacionam a dois importantes reservatórios do SAU – Aquífero Posse e Aquífero Serra das Araras – perunporosos, contíguos e segmentados por níveis/horizontes silicificados e fraturados que representam aquíferos e, provavelmente, conferem uma conexão hidráulica (*i.e.*, drenança) entre as unidades litostratigráficas.

**Palavras-chave:** *Parâmetros petrofísicos; Perfis geofísicos de poços; Grupo Urucuia*

### Abstract

Porosity and permeability are properties which characterize rocks with respect to the storage and transmission of fluids in aquifers. In the present work, petrophysical parameters were obtained through the information contained in five geophysical well logs with integration of the acoustic wave transit time and the score data in gamma-ray API units. In this context, the study area comprises an association of two interrelated hydrostratigraphic units (Posse and Serra das Araras Formations) with specific hydraulic characteristics, individualized by contrasting petrophysical and sedimentological properties along their area of occurrence and according to ENE (source area) to WSW (depositional area) orientation. In this trend, the variation of petrophysical properties suggests the main results indicate: (i) an increase in the medium values of shaliness (VSH) for the Posse Formation and, consequently, a decrease in the total porosity ( $\phi$ ) due to the mechanical infiltration process of clays that function as a pseudomatrix of the aeolian sandstones, characterized



13/04/2021

Email – Rafael Santos – Outlook

**[AIGEO] Anuário do Instituto de Geociências publica nova edição**

revistas@revistas.ufrj.br &lt;revistas@revistas.ufrj.br&gt;

Qui, 01/10/2020 23:32

Para: Rafael Lima dos Santos Santos &lt;rafael\_iss@hotmail.com&gt;

Caros leitores,

A revista Anuário do Instituto de Geociências acaba de publicar seu último número, disponível em <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo>. Convidamos a navegar no sumário da revista para acessar os artigos e outros itens de seu interesse.

Agradecemos seu interesse e apoio contínuo em nosso trabalho,

Dra. Claudine Dereczynski

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

claudine.dereczynski@igeo.ufrj.br

anuario@igeo.ufrj.br

Anuário do Instituto de Geociências

v. 43, n. 3 (2020)

Sumário

<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/issue/view/1558>**Artigos**

-----

Geoquímica de Feldspato, Mica, Berilo e Turmalina e Geocronologia U-Pb em Monazita dos Pegmatitos Fazenda Concórdia e São Domingos - Espírito Santo, Brasil (01\_22)

Flávia Compassi da Costa, Ricardo Scholz, Rodson de Abreu Marques, Gláucia Nascimento Queiroga, Marco Paulo de Castro

Análise Multicritérios na Identificação de Classificação de Importância Hídrica no Quadrilátero Ferrífero – MG (23\_34)

Lourdes Manresa Camargos, Ana Clara Mourão Moura, Christian Rezende Folhelhos Negros da Formação Estiva (Cenomaniano Superior-Turoniano) da Bacia Pernambuco: Condições Depositionais e Implicações para o Potencial Petrolífero (35\_46)

Willian A.L. Moura, Iraclézia Araújo, Thales Lúcio, Ana Cláudia Paiva, Gilberto Arruda Nascimento, Mário Ferreira de Lima Lima Filho, João Adauto de Souza Neto

Atividade Neotectônica na Região de Porto Trombetas, Pará, Brasil:

Evidências, Cinemática e Influências na Hidrogeologia (47\_62)

Júlio Henrichs de Azevedo, Flávio Henrique Freitas Silva, José Eloi Guimarães Campos

Mapeamento com Integração de Imagens Aéreas Obtidas com ARP e Imagens Terrestres Capturadas com Câmara Esférica (63\_71)

Ricardo Luís Barbosa, Alan Kazuo Hiraga, Rodrigo Bezerra de Araújo

Gallis, Isadora Gonçalves Ramos, Ana Carolina Ferreira Bernardes

Estimación de la Turbidez Atmosférica Usando el Modelo IQC en el Área

Metropolitana de Huancayo – Perú (72\_83)

Julio Miguel Angeles Suazo, Alicia G. Rocha Condor, Georgynio Y. Rosales

Aylas, José Luis Flores Rojas, Roberto Angeles Vasquez, Nataly A.

13/04/2021

Email – Rafael Santos – Outlook

Suazo, Hugo Abi Karam

Study of Radarfacies in Auriferous Placers at Baixada Cuiabana, Mato Grosso (Brazil) (84\_97)

Maria Clara Lopes Paula, Welitom Rodrigues Borges, Isabela Resende Almeida

Balanço Sedimentar da Baía de Suape (PE) entre os Anos de 1994 e 2007: Consequências Ambientais (98\_109)

Carlos Eduardo G. S. de O. Fabin, Sharliane Dornelle d' Almeida Arruda, Valdir do Amaral Vaz Manso, Rochana Campos de Andrade Lima Proposta de Ajuste de Altura Interferométrica para Modelo de Estimativa de Biomassa (110\_123)

Carlos Alberto Pires de Castro-Filho, Edilson de Souza Bias Resistência ao Ataque Químico de Granitos Ornamentais do Stock Serra do Barriga – Sobral/CE (124\_136)

Irani Clezar Mattos, José de Araújo Nogueira Neto, Antonio Carlos Artur, Juvenal Carolino da Silva Filho Caracterização Gemológica das Ametistas com Alta Birrefringência de Santa Quitéria (137\_144)

Isaac Gomes de Oliveira, Eryckson de Lima Maciel, Thainara Freires Rodrigues, Irani Clezar Mattos, Tereza Falcão de Oliveira Neri Caracterização Geofísica de Estruturas Associadas às Mineralizações de Cobre e Ouro no Arco Magmático de Arenópolis – Goiás – Brasil (145\_157)

Éderson Ribeiro da Silva, Adalene Moreira Silva, Marcelo Henrique Leão-Santos

Detecção de Mudanças no Manguezal ao Longo do Estuário do Rio Coreaú, Nordeste do Brasil a partir da Classificação Orientada a Objeto em Imagens Orbitais (158\_169)

Suzan Waleska Pequeno Rodrigues, Pedro Walfir Martins e Souza Filho Sensoriamento Remoto na Elaboração de Diagnóstico Ambiental no Contexto de Microbacias Hidrográficas: Córrego Ribeirão do Veado (Coxim, MS) (170\_179)

Wesley Alexandre Vaneli Nogueira, Cleiton Oliveira dos Santos, Adriana Maria Güntzel

Variability of Settling Particles Fluxes and Isotopic Composition ( $\delta^{13}C$  and  $\delta^{15}N$ ) from Material Trapped in Coastal Reefs of Abrolhos Bank, Eastern Brazilian Shelf (180\_189)

Saulo Spanó, André Luiz Belem, Maria do Rosário Zucchi, Paulo de Oliveira Mafalda Junior, Alessandro Lopes Aguiar, José Roberto Bispo de Sousa, Iracema Reimão Silva, Antônio Expedito Gomes de Azevedo Carta de Áreas Prioritárias para Recuperação na Bacia do Córrego Laranja Doce, em Dourados/MS, com base no Fator A e Temperatura de Superfície Terrestre (190\_202)

Thayne Danieli Schmidt Zolin, Shaline Séfara Lopes Fernandes, Vinícius de Oliveira Ribeiro, Laércio Alves de Carvalho, Antonio Conceição Paranhos Filho

Relação entre as Estruturas Rúpteis e a Produtividade de Poços Tubulares na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, RS (203\_214)

Matheus Beretta Duarte, Ari Roisenberg, Matheus Rossi Santos Atualização da Estrutura Gravimétrica do Estado de São Paulo: Vínculo ao Sistema Gravimétrico de Referência (215\_226)

Valéria Cristina Silva, Denizar Blitzkow, Flávio Guilherme Vaz de Almeida Filho, Ana Cristina Oliveira Cancoro de Matos, Iuri Moraes Bjorkstrom

13/04/2021

Email – Rafael Santos – Outlook

Alterações na Circulação de Hadley Regional e na Alta Subtropical do Atlântico Sul em um Cenário de Aquecimento Global (227\_239)

Lorena de Moura Joia Gomes, Ana Carolina Vasques Freitas  
Monitoramento Estrutural por GNSS: Análise do PPP e Posicionamento Relativo na UHE Mauá (240\_249)

Gabriel Zehnpfennig Zanetti, Luis Augusto Koenig Veiga, Paulo Sergio Oliveira Júnior

O Uso de Geoindicadores para Avaliação da Vulnerabilidade à Erosão Costeira na Praia do Forte Orange (Ilha de Itamaracá-PE, Brasil) (250\_259)

Athos Farias Menezes, Pedro de Souza Pereira, Rodrigo Mikosz Gonçalves, Heithor Alexandre de Araújo Queiroz

Estimativas das Alterações na Biomassa Florestal Utilizando LiDAR em Área de Manejo Florestal Sustentável na Amazônia Sul-Occidental (260\_268)

Leilson Ferreira Gomes, Ricardo Seixas Brites, Charton Jahn Locks, Rosiane Rezende dos Anjos

Influência da Paisagem sobre as Populações de *Ocotea Odorifera* (Vell.) Rohwer em Curitiba, Paraná, Brasil (269\_279)

Allan Rodrigo Nunho dos Reis, Daniela Biondi, Juliane Nesi, Gisley Paula Vidolin, Mayssa Mascarenhas Grise Monteiro, Jefferson Dias de Oliveira, Bruna Kovalsyki

Exposição da Zona Urbana de Boquira, estado da Bahia, aos Metais Tóxicos Associados à Bacia de Rejeito de Mineração Abandonada (280\_291)

Nelize Lima dos Santos, José Ângelo Sebastião Araújo dos Anjos, Harald Klammler

Zoneamento do Potencial de Uso Conservacionista na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos - RS (292\_302)

José Nunes de Aquino, Hugo Henrique Cardoso Salis, Samuel Gameiro, Marco Antonio de Oliveira, Grazieli Rodigheri, Alan Pereira da Silva Falcão Mendes, Giuliana Andréia Sfredo

Análise do Índice de Refração Vertical no Monitoramento de Barragens: Estudo de Caso UHE Governador Jayme Canet Junior (303\_312)

Dayane Wiggers, Pedro Luis Faggion, Wander da Cruz  
Caracterização Estrutural de Rochas Utilizando a Técnica de Microtomografia de Raios-X (313\_322)

Lithiely Melo de Lima, José Agnelo Soares

Determinação da Porosidade e Permeabilidade do Sistema Aquífero Uruçuia Centro-Occidental através da Interpretação de Perfis Geofísicos (323\_333)

Rafael Lima dos Santos Santos, Natanael da Silva Barbosa

Hydrogeochemical and Isotopic ( $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ ) Investigations of Hydrologic Dynamics of the Southern Uruçuia Aquifer System, Brazil (334\_344)

Natanael da Silva Barbosa, Luiz Rogério Bastos Leal, Natali da Silva Barbosa, Harald Klammler, Rafael Lima dos Santos Santos, Maria do Rosário Zucchi

La Cartografía como Instrumento de Geoconservación en Áreas Protegidas (345\_353)

Valeria Soledad Duval, Verónica Gil, Alicia María Campo

O Pré-Sal Brasileiro e a Evolução do Modelo Regulatório de Exploração e Produção de Hidrocarbonetos no Brasil (354\_373)

Leonardo Silveira de Souza, Geraldo Norberto Chaves Sgarbi

Avaliação do Potencial de Geração de Energia Fotovoltaica pela Medição da Radiação Solar Incidente em Superfície na Estação Meteorológica da Ilha do Fundão – RJ (374\_385)

13/04/2021

Email – Rafael Santos – Outlook

Paula Silva Ferreira, Célia Maria Paiva  
 Metodologia para Estimativa do Índice de Qualidade das Águas. Estudo de Caso dos Rios Tributários ao Reservatório de Juturnaíba, Estado do Rio de Janeiro (386\_401)

Monalisa da Costa Santos Oliveira, Monica de Aquino Galeano Massera da Hora, Antonio Ferreira da Hora  
 Além do Turismo de Sol e Praia: Uma Proposta de Roteiro Geoturístico para o Município de São João da Barra, RJ (402\_414)

Rafael Altoe Albani, Kátia Leite Mansur, Wellington Francisco Sá dos Santos, André Luiz Rodrigues Pinto  
 Ecocentrismo e sua Aplicabilidade em Estudos da Geodiversidade (415\_424)

Matheus Lisboa Nobre da Silva, Kátia Leite Mansur  
 Um Roteiro Geoturístico Urbano na Cidade do Recife (PE) (425\_435)

Luis Manoel Paes Siqueira, Márcia A. Reis Polck, Alcina Magnolia Barreto  
 Relação de Inundações e a Caracterização Morfológica da Microbacia Hidrográfica do Lajeado do Moinho na Cidade de São Sepé - RS (436\_443)

Marcelo Lovato Brum, Ewerthon Cezar Schiavo Bernardi, Gabriel Bassotto Moreti, André Gonçalves Panziera, Alexandre Swarowsky  
 Refratividade Atmosférica em Áreas Oceânicas Baseada em Dados de Sondagem Atmosférica na Região da Ilha de Trindade (444\_454)

Daniel Cremonini Baptista, Rogério Neder Candella, José Francisco de Oliveira-Junior, Tânia Ocimoto Oda  
 Avaliação da Geração Eólica como Alternativa ao Descomissionamento de Plataformas Petrolíferas Fixas nos Mares Brasileiros (455\_466)

Douglas Vieira Barboza, Marcos Alexandre Teixeira, Marcio Cataldi, Marcelo Jasmim Meiriño  
 Geofísica Aplicada à Prospecção de Água para Comunidades Afetadas pela Seca – Estudo de Caso no Domínio Piranhas-Seridó (467\_474)

Yesus Vieira, Renata Bandeira, Orivalde Silva Júnior  
 Avaliação do Modelo OLAMv.3.3 na Simulação da Precipitação sobre o Nordeste Setentrional Brasileiro (475\_487)

Maria Leidinice da Silva, Kellen Carla Lima, Cristiano Prestrelo de Oliveira, Augusto Cesar Barros Barbosa, Antônio Carlos Santana dos Santos  
 Consolidação da Geodiversidade como Patrimônio e o Valor Geológico dos Monumentos do Rio de Janeiro (488\_497)

Renan Gomes Paiva da Silva, Kátia Leite Mansur, Aline Rocha de Souza Ferreira de Castro

---

Anuário do Instituto de Geociências

<https://revistas.ufri.br/index.php/aig>

Este é um e-mail automático.

Para respondê-lo acesse o sistema e clique no ícone da carta.