

# AVALIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRAULICA EM ÁREAS DE MINERAÇÃO DE CARVÃO À CÉU ABERTO POR MEIO DE ENSAIOS DE SLUG TEST

Gustavo Simão<sup>1</sup>, Maria Vitória Prestes<sup>2</sup>, Éder C. Cechella<sup>3</sup>, Antônio Pedro Viero<sup>4</sup>, Tiago Alexandre Manenti Silvestrini<sup>5</sup>, Bruno De Pellegrin Coan<sup>6</sup>, James Alexandre Polz<sup>7</sup>

**Resumo.** O estudo do comportamento da água subterrânea é de fundamental importância para a avaliação ambiental. Em estudos com esse enfoque, um dos parâmetros mais importantes e negligenciados é a condutividade hidráulica (K), pois a mesma reflete a capacidade da água circular através de um meio. Um dos métodos mais utilizados para a sua obtenção são os ensaios do tipo *Slug*. O presente trabalho, teve como objetivo avaliar a utilização de ensaios do tipo *slug* para determinar a condutividade hidráulica da água no substrato poroso em áreas de mineração de carvão a céu aberto. Os resultados de condutividade dos poços ensaiados apresentaram uma variabilidade que abrangeu três ordens de grandeza, variando de  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$  m/s. Predominaram valores da ordem de  $10^{-7}$  m/s. Os pontos avaliados apresentaram valores que indicam uma baixíssima mobilidade da água no ambiente subterrâneo, variando de 6 a 96 m/ano, indicando que significativas contribuições de água eventualmente impactada ocorrem predominantemente por meio fraturado, haja vista que em meio poroso a movimentação é lenta e pouco significativa.

Palavras-chave: Hidrogeologia. Mineração. Slug Test. Meio Ambiente. Carvão

**Abstract.** The study of groundwater behavior is of fundamental importance for environmental assessment. In hydrogeological studies with this approach, one of the most important and neglected parameters is hydraulic conductivity (K), as it reflects the ability of water to circulate through a medium. One of the most widely used methods for obtaining its results is the Slug Test. The present paper aimed to evaluate the use of slug tests to determine the hydraulic conductivity in the porous substrate in open pit coal mining areas. The conductivity results of the tested wells presented a variability that comprised three orders of magnitude, ranging from  $10^{-5}$  to  $10^{-7}$  m/s. Predominated values of the order of  $10^{-7}$

<sup>1</sup>(Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Rod. Gov. Jorge Lacerda, km 4,5, CEP: 88807-400, Criciúma – SC, Fone: 48-3444-3740, gustavosimao@unesc.net);

<sup>2</sup>(Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, mvluchese@gmail.com)

<sup>3</sup>(Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Fone: 48-3444-3740, eder@unesc.net);

<sup>4</sup>(Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43113, Bairro Agronomia, Porto Alegre – RS, CEP: 91501-970, Fone: 51 33086359, antonio.viero@ufrgs.br)

<sup>5</sup>(Companhia Siderúrgica Nacional – CSN, R. Antonio de Lucca, 588, Criciúma, CEP: 88811-503, Fone: 48 34336433, tiago.silvestrini@csn.com.br)

<sup>6</sup>(Companhia Siderúrgica Nacional – CSN, bruno.pellegrin@csn.com.br)

<sup>7</sup>(Companhia Siderúrgica Nacional – CSN, james.polz@csn.com.br)

VI Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo

VI International Congress of Underground Environment

<sup>7</sup>m/s. The evaluated points showed values that indicate very low water mobility in the underground environment, ranging from 6 to 96m/year, indicating that significant contributions of eventually impacted water occur predominantly through fractured medium, considering that the porous movement is slow and not significant

Keywords: Hydrogeology. Mining. Slug Test. Environmental. Coal.

## 1- INTRODUÇÃO

A compreensão do comportamento do fluxo no compartimento água subterrânea é de fundamental importância para a avaliação ambiental das áreas impactadas pela mineração de carvão a céu aberto, assim como para aquelas que já passaram por processo de recuperação ambiental. Em estudos hidrogeológicos com esse enfoque, um dos parâmetros hidráulicos mais importantes e negligenciados é a condutividade hidráulica (K), pois a mesma reflete a capacidade da água circular através de um meio. Segundo Freeze e Cherry (2017), esse parâmetro pode variar até treze ordens de grandeza na natureza. Dessa forma, é fundamental a sua correta obtenção, para a estimativa das velocidades do fluxo subterrâneo, que são diferentes para cada meio litológico.

Um dos métodos mais utilizados atualmente, para a obtenção da condutividade hidráulica em poços de monitoramento, são os ensaios do tipo *Slug Test*. O ensaio consiste na introdução de uma peça cilíndrica de volume conhecido “*slug*”, no poço, provocando a subida instantânea do nível d'água, que é registrado. Este é acompanhado até que o nível retorne à sua posição original. Na retirada do *slug*, repete-se o processo de forma inversa.

O presente trabalho, teve como objetivo avaliar a utilização de ensaios de campo do tipo *slug* para determinar a condutividade hidráulica e a transmissividade da água no substrato poroso no interior e entorno de uma antiga área de mineração de carvão a céu aberto, em processo de recuperação ambiental, localizada no município de Siderópolis/SC, .assim como, compreender as velocidades de deslocamento e ciclagem da água no meio poroso, visando investigar efeitos benéficos da remediação executada.

## 2- MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo, localizada na cidade de Siderópolis/SC, denominada Campo Malha II, corresponde a uma área de aproximadamente 270ha, onde ocorreu a mineração de carvão a céu aberto (1945 a 1979). Na área afloram rochas pelíticas e arenosas pertencentes às formações Rio Bonito da bacia do Paraná. Com o desenvolvimento da mineração a céu aberto, as litologias de cobertura foram descaracterizadas, por corresponderem à cobertura da camada de carvão Barro Branco.

A porção preponderante desta área minerada passou por processos de recuperação de área degradada (PRAD) na última década, e a compreensão do comportamento e taxas de deslocamento do fluxo de água subterrânea se faz de suma importância para a avaliação dos efeitos relacionados a intervenção do PRAD. Da mesma forma, as taxas de deslocamento do fluxo permitem mensurar o tempo de ciclagem da água no meio poroso, assim como quantificar eventuais contribuições de contaminantes pelo ambiente subterrâneo para porções externas a área minerada e recuperada.

Para tanto, foram utilizados ensaios do tipo *slug*, em 6 poços de monitoramento, construídos conforme a ABNT NBR 15.495.1:2007. O ensaio consiste na introdução de uma peça cilíndrica de volume conhecido *slug*, no poço, provocando a subida instantânea do nível d'água, que é registrado. Este nível é acompanhado até que retorne à sua posição original. Na retirada do *slug* repete-se o processo de forma inversa.

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÕES

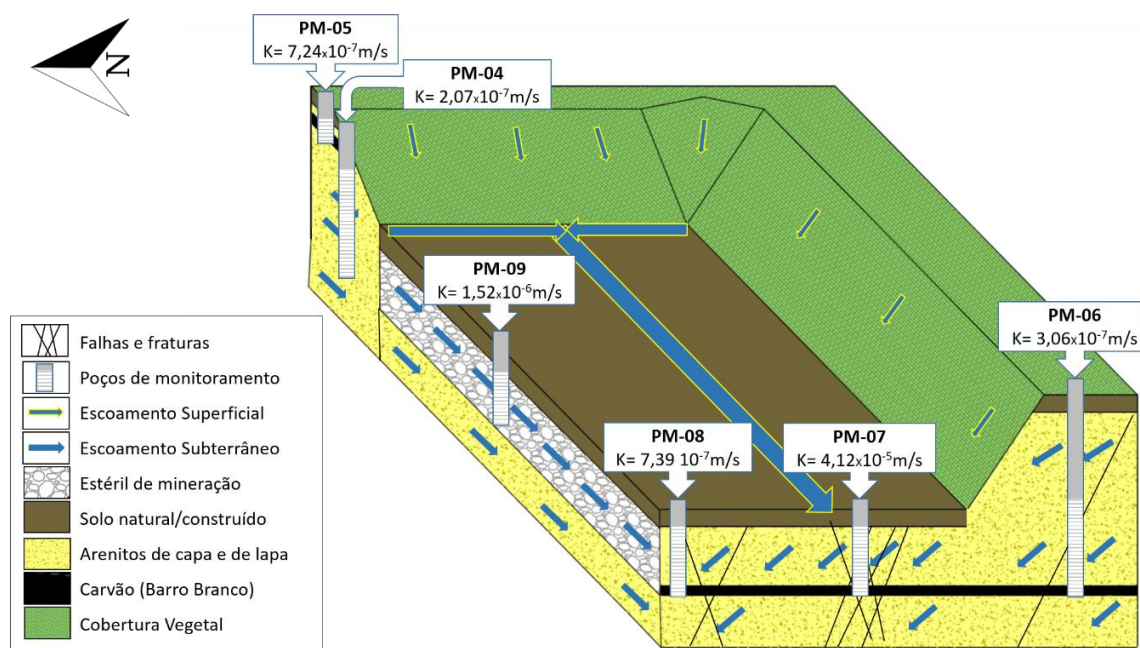
Conforme pode ser visualizado na Figura 1, os resultados de condutividade dos poços apresentaram uma variabilidade que abrangeu três ordens de grandeza (Tabela 1), onde predominaram valores de K da ordem de  $10^{-7}$ m/s. Valores estes condizentes com o tipo de litologia presente na área.

Tabela 1 – Resultados de condutividade hidráulica dos poços

ID	Aquífero	Litologia	Contexto	Manobra	Condutividade Hidráulica
					K (m/s)
PM-04	Profundo	Abaixo da camada Barro Branco	Montante	Inserção	2,01E-07
				Retirada	2,14E-07
				Média Geral	2,07E-07
PM-05	Superficial	Acima da camada Barro Branco	Montante	Inserção	5,80E-07
				Retirada	8,68E-07
				Média Geral	7,24E-07
PM-06	Superficial	Acima da camada Barro Branco	Montante	Inserção	2,79E-07
				Retirada	5,84E-06
				Média Geral	3,06E-06
PM-07	Superficial	Acima da camada Barro Branco	Jusante	Inserção	1,92E-05
				Retirada	6,32E-05
				Média Geral	4,12E-05
PM-08	Superficial	Acima da camada Barro Branco	Jusante	Inserção	1,33E-06
				Retirada	1,44E-07
				Média Geral	7,39E-07
PM-09	Desconfinado	Estéril de mineração	Interior	Inserção	6,19E-07
				Retirada	2,42E-06
				Média Geral	1,52E-06

Dos poços ensaiados no entorno da área minerada, se excetuando o poço PM-07, com resultados anômalos, os outros pontos avaliados apresentaram valores que indicam uma baixíssima mobilidade da água no ambiente subterrâneo, variando de 6 a 96m/ano. Esta condição é importantíssima no que se refere a quantificação dos efeitos benéficos do PRAD, haja vista que, com tão baixa troca de “águas”, a velocidade da percepção da melhora da condição tende a ser mais lenta.

Figura 1 - Modelo conceitual da área com valores de condutividade hidráulica (K) em m/s.



No interior da área minerada a céu aberto, onde a litologia corresponde aos estéreis de mineração caoticamente dispostos e posteriormente recobertos por camada argilosa durante os trabalhos do PRAD, representada pelo PM-09, o comportamento do fluxo, traz uma importante informação. Se esta condição se repete para toda a área, com deslocamentos da água no meio poroso da ordem de 50 metros ano, é de se esperar que os efeitos benéficos do PRAD sejam sentidos em uma escala de tempo longa, não devendo ser rapidamente identificados por meio de análises de qualidade da água subterrânea.

O conjunto de resultados de condutividade hidráulica nos mostra que significativas contribuições de água eventualmente impactada se ocorrem, se dão por meio fraturado, o que é provável que venha acontecendo no caso do poço PM-07, haja vista que nos poços ensaiados no meio poroso a movimentação é lenta e pouco significativa.

#### 4- REFERÊNCIAS

FETTER, C. W. Applied Hydrogeology. 4 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2014.

FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. Água Subterrânea. São Paulo/SP, 2017.