



Avenida Pasteur, 404, Segundo andar - Bairro Urca, Rio de Janeiro/RJ, CEP 22290-255
 Telefone: e Fax: @fax_unidade@ - https://www.sgb.gov.br

PLANO DE TRABALHO - CONVÊNIOS/AJUSTES

Processo nº 48035.001347/2024-84

Projeto:	PERMEÂMETRO DO DISCO DE TENSÃO: DESENVOLVIMENTO DE NOVO EQUIPAMENTO DE SOLO
Natureza do projeto:	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação - P&D,I
Dados do Coordenador (a):	Marta Vasconcelos Ottoni
Dados do Coordenador (a) substituto (a):	Emanuel Duarte Silva
Órgão Administrador:	Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Computação Científica - FACC
Instituição Executora:	Serviço Geológico do Brasil

1. Objetivo Geral

O objetivo do Projeto é propor, construir e operar dois protótipos de um novo equipamento de laboratório, denominado “Permeâmetro do Disco de Tensão”, pretendendo determinar a condutividade saturada (K_{sat}) do solo, e também a condutividade hidráulica não saturada $K(h)$, onde h é a sucção de água no solo em faixas muito pequenas de sucção h , a partir de zero a 2 cm, até sucções da ordem de 30 cm. O novo método aqui proposto de determinação de condutividade hidráulica nessas faixas reduzidas de sucção recebeu a designação de Método do Permeâmetro do Disco de Tensão. Objetiva-se com a construção desses protótipos testar e validar a nova metodologia para solos com estruturas hidráulicas diversas.

Objetivos específicos:

1. Propor um novo método de laboratório para determinação de condutividade hidráulica não saturada e saturada do solo em faixas de sucções muito reduzidas (de 0 a 30 cm). O método será designado como o Método do Permeâmetro do Disco de Tensão;
2. Propor, construir, operar e automatizar em laboratório dois protótipos de um novo permeâmetro de solo de carga constante, de fluxo não saturado e saturado, denominado permeâmetro do disco de tensão, se relacionando com dois protótipos de um novo anel amostrador de solo.

2. Justificativa

A curva da condutividade hidráulica do solo, $K(h)$, que relaciona a sucção de água h nos poros do solo com a condutividade hidráulica K , é uma curva-chave hidráulica para se entender e modelar os processos hidrológicos nos perfis naturais dos terrenos. A infiltração de chuva, a drenagem dos terrenos umedecidos, a percolação profunda que alimenta os aquíferos de água subterrânea, a evaporação das terras, a descarga de base dos rios estão entre os fenômenos hídricos que se relacionam com a hidráulica dos solos e, portanto, com a determinação da curva de condutividade hidráulica.

O Departamento de Hidrologia da CPRM vem trabalhando para equipar o Laboratório de Hidrologia de Solos da CPRM (LabHidroS) com uma estrutura experimental que permita a determinação dos atributos físico-hídricos necessários ao conhecimento hidráulico e hidrológico mais fundamental dos solos. Um desses atributos essenciais é a curva $K(h)$.

O LabHidroS já adquiriu os dispositivos KSAT e HYPROP (ambos do grupo METER, Alemanha) para medir os dados (K e h) da curva $K(h)$, onde o primeiro dispositivo determina a condutividade K na saturação ($h = 0$) e o segundo na não-saturação ($h > 0$). O dispositivo KSAT mede a condutividade hidráulica saturada pelos métodos da carga constante ou variável, ambos muito reconhecidos pela literatura (Hillel, 1998, Cap.7). O HYPROP determina a condutividade hidráulica não saturada pelo método da evaporação simplificado (Peters e Dunner, 2008), este também um procedimento reconhecido e ultimamente bastante utilizado (Hohenbrink et al., 2023). Entretanto, segundo justificado por Hohenbrink et al. (2023), o método da evaporação não tem eficácia garantida na faixa muito úmida de sucção ($h < 30$ cm), chegando mesmo a afirmarem que, “atualmente, não há método padronizado de laboratório para determinar a condutividade hidráulica nesta faixa” (se referiam à faixa de $h < 10$ cm).

Entretanto a faixa muito úmida de sucção ($h < 30$ cm) é a que abriga primordialmente os fluxos de infiltração e drenagem, que dizem respeito aos processos de umedecimento por infiltração de chuva ou irrigação, bem como abriga os fluxos de drenagem e recarga dos mananciais subterrâneos. Dessa forma, justificam-se os esforços para obter e testar uma nova metodologia robusta e confiável de mensuração da condutividade na faixa em que a sucção h é muito baixa, inferior a 30 cm.

Com a operação dos dois protótipos do permeâmetro proposto será testada a inovadora possibilidade de determinação da condutividade saturada e também da não saturada em faixas muito reduzidas de sucção (de zero a 30 cm), utilizando um único equipamento e a mesma amostra de solo. O novo método aqui proposto de determinação de condutividade hidráulica nessas faixas reduzidas de sucção recebeu a designação de Método do Permeâmetro do Disco de Tensão. Os dados obtidos pelos protótipos, agregados aos dados do HYPROP e KSAT, permitiriam então a determinação mais completa e adequada da curva de condutividade hidráulica em faixas mais realísticas e usuais de aplicação.

Os experimentos com várias amostras de solo inseridas no permeâmetro serão conduzidos no LabHidroS. Assim será possível testar e validar a nova metodologia em solos com estruturas hidráulicas diversas. Esse trabalho de validação incluirá os testes de condutividade hidráulica saturada e não saturada também utilizando os dispositivos KSAT e HYPROP acima mencionados.

Todo método de determinação da condutividade hidráulica (K) do solo é baseado na Lei de Darcy, que diz que o fluxo (v) é diretamente proporcional ao gradiente hidráulico (i), utilizando a relação: $v = Ki$, onde i é a soma do gradiente gravitacional unitário com o gradiente de pressão.

No método da evaporação simplificado (método de referência) acima citado, quando as sucções são muito baixas na amostra e os fluxos são muito úmidos, torna-se difícil mensurar o gradiente de pressão, pois os dois microtensiómetros inseridos na amostra não têm a acurácia suficiente para registrar com precisão as pequenas diferenças de leitura de sucção entre eles. Já no novo método proposto, as sucções de montante e jusante da amostra são precisamente controladas, tendo o mesmo valor h . Dessa forma, o gradiente de pressão é forçado a ter valor nulo, e o gradiente hidráulico é necessariamente unitário. Isso faz com que, pela Lei de Darcy, o fluxo v medido seja igual à condutividade hidráulica K . O correspondente valor h da sucção imposta, acima descrita, pode ser nulo, sendo que nesse caso a condutividade hidráulica medida é a condutividade hidráulica saturada do solo. Os valores h podem ser impostos com precisão no método proposto, desde valores muito baixos, da ordem de 2 cm, até o valor máximo pretendido, da ordem de 30 cm. Acima desses valores de sucção pode-se utilizar com boa precisão o método de evaporação simplificado na determinação da condutividade hidráulica.

3. Atividades

As principais tarefas realizadas neste projeto serão:

- TAREFA 1: Elaboração de projeto executivo do permeâmetro e da montagem experimental
- TAREFA 2: Construção do primeiro permeâmetro e montagem experimental
- TAREFA 3: Obtenção de amostras de solo
- TAREFA 4: Instalação dos equipamentos no laboratório
- TAREFA 5: Testagem e avaliação preliminar
- TAREFA 6: Construção do segundo protótipo
- TAREFA 7: Testes com a metodologia proposta, envolvendo 4 solos distintos
- TAREFA 8: Testes com o método de evaporação (HYPROP - METER) envolvendo os mesmos solos
- TAREFA 9: Avaliação dos resultados
- TAREFA 10: Elaboração do pedido de registro de patente
- TAREFA 11: Elaboração do relatório final

4. Resultados esperados

- Protótipo final em funcionamento do Permeâmetro do Disco de Tensão, incluindo a caracterização e validação da sua metodologia operativa;
- Relatório Final do Projeto, incluindo a descrição dos passos metodológicos de uso do equipamento;
- Agregação de infraestrutura operacional ao LabHidroS;
- Capacitação de pessoal de Hidrologia do Solo na CPRM e de aluno bolsista;
- Pedido de Registro de Patente do equipamento junto ao INPI, se aplicável.

5. Período de execução

O projeto em questão terá duração de 2 (dois) anos, com início previsto em 01/01/2025. O presente Plano de Trabalho pode ser terminado a qualquer tempo, mediante comunicação por escrito do dirigente do órgão executor ou da diretoria da FACC, preservada a conclusão dos compromissos irrevogáveis já assumidos pelas partes.

6. Cronograma

Descrição das atividades	Número de Meses																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TAREFA 1: Elaboração de projeto executivo do permeâmetro e da montagem experimental	x	x																		
TAREFA 2: Construção do primeiro permeâmetro e montagem experimental			x	x	x															
TAREFA 3: Obtenção de amostras de solo						x														
TAREFA 4: Instalação dos equipamentos no laboratório						x														
TAREFA 5: Testagem e avaliação preliminar							x	x												
TAREFA 6: Construção do segundo protótipo									x	x										
TAREFA 7: Testes com a metodologia proposta, envolvendo 4 solos distintos											x	x	x	x	x	x				
TAREFA 8: Testes com o método de evaporação (HYPROP - METER) envolvendo os mesmos solos													x	x	x	x	x	x		
TAREFA 9: Avaliação dos resultados													x	x	x	x	x	x	x	x
TAREFA 10: Elaboração do pedido de registro de patente																				
TAREFA 11: Elaboração do relatório final																				

7. Equipe Executora

Nome	email	Vínculo	Função	Atribuições
Marta Vasconcelos Ottoni	Departamento de Hidrologia do Serviço Geológico do Brasil marta.ottoni@sgb.gov.br	Órgão executor	Pesquisadora	Coordenação, acompanhamento da execução das atividades do projeto, testes em laboratório, elaboração dos relatórios e trabalhos científicos

Emanuel Duarte Silva	Departamento de Hidrologia do Serviço Geológico do Brasil emanuel.duarte@sgb.gov.br	Órgão executor	Pesquisador	Apoio na Coordenação
Bolsista de iniciação científica	A contratar	Órgão executor	Estudante	Instrumentação, automação, medições em laboratório e processamento de dados

8. Despesas previstas

DESCRIÇÃO DE MATERIAL	VALOR
• tubo 3"SCH 80 inox 304 sem costura (6 metros)	R\$ 5.000,00
• 5 placas porosas na dimensão de 90 mm de diâmetro e 5 mm de espessura + molde	R\$ 5.000,00
• usinagem de 16 anéis furados para amostragem de solo	R\$ 5.000,00
• usinagem de 84 amostradores de solo (restante do tudo de 6 m para uso no HYPROP)	R\$ 5.000,00
• compra de notebook	R\$ 5.500,00
• materiais extras para construção do protótipo	R\$ 9.020,00
a - Construção de dois protótipos	R\$ 36.520,00
• Bolsista iniciação científica	R\$ 16.800,00
b- Mão de Obra	R\$ 16.800,00
Total sem taxa administrativa FACC (a + b)	R\$ 53.320,00
Total com taxa administrativa FACC - 10%	R\$ 58.652,00

Bolsistas

Prevê-se a contratação de um bolsista de iniciação científica para atuar em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação, que neste projeto seriam: instrumentação, automação, medições em laboratório relativamente ao protótipo objeto deste estudo e processamento dos dados medidos. O bolsista poderá ser selecionado por indicação de instituição parceira ou por seleção interna por meio de edital. O valor previsto de bolsa é de R\$700,00 no prazo de um a dois anos, a depender das necessidades do projeto. O bolsista deverá estar cursando graduação de engenharia ou física ou qualquer outro curso de graduação que habilite o aluno a trabalhar nas atividades previstas para seu cargo. A habilitação daqueles bolsistas não vinculados aos cursos de engenharia ou física será efetuada pelo coordenador do projeto. O bolsista deverá estar matriculado em instituição pública ou privada de ensino de graduação sediada no estado do Rio de Janeiro.

Pessoa Jurídica – Prestação de serviços

- Compra dos tubos de aço inox para usinagem dos anéis;
- Usinagem dos anéis amostradores;
- Confeção das placas porosas e moldes;
- Confeção final dos funis do protótipo em resina, seguida de polimento, com inclusão dos tubos, reservatórios e registros.

Equipamento e material permanente

Notebook intel core i9 com 16GB de memória ram com 1TB de HD.

O bem será adquirido pela Fundação durante a execução do projeto e será transferido por meio de termo de doação para a CPRM, conforme determinado na CLÁUSULA DÉCIMA-PRIMEIRA – DOS BENS REMANESCENTES - do Convênio firmado.

9. Fonte de recursos

Os recursos advirão da Ação 21BB, PTRES 236.346, fonte 1045 que são para a realização das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovações do Serviço Geológico do Brasil, objeto deste convênio. O valor que será aportado é de R\$ 58.652,00 e será desembolsado em uma única parcela, após a consolidação formal do convênio com SGB/FACC.

10. Referências Bibliográficas

Hillel, 1998. Environmental Soil Physics, Academic Press.

Hohenbrink, T.L., Jackish, C., Durner, W., Germer, K., Iden, S.C., Kreiselmeir, J., Leuther, F., Metzger, J.C., Naseri, M., Peters, A., 2023. Soil water retention and hydraulic conductivity measured in a wide saturation range. Earth Syst. Sci. Data, 15, 4417-4432. <https://doi.org/10.5194/essd-15-441>

Peters, A., Dunner, W., 2008. Simplified evaporation method for determining soil hydraulic properties. J. Hydrol. 356, 147-162. <https://doi.org/10.106/j.jhydrol.2008.04.016>



Documento assinado eletronicamente por **Francisco Roberto Leonardo, Representante Legal**, em 06/12/2024, às 15:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Barbosa Toledo, Usuário Externo**, em 06/12/2024, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jenifer da Silva Guitz, Testemunha**, em 06/12/2024, às 16:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **BRUNO LAURITZEN S. DE OLIVEIRA, Testemunha**, em 09/12/2024, às 09:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **FRANCISCO VALDIR SILVEIRA, Diretor(a) de Hidrologia e Gestão Territorial, Substituto(a)**, em 09/12/2024, às 14:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Inácio Cavalcante Melo Neto, Diretor(a)-Presidente**, em 09/12/2024, às 14:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site sei.sgb.gov.br/autenticidade, informando o código verificador **2364932** e o código CRC **43888DE9**.