



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº BR 102014007420-1

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: BR 102014007420-1

(22) Data do Depósito: 27/03/2014

(43) Data da Publicação Nacional: 12/04/2016

(51) Classificação Internacional: G01N 15/08; G01N 33/24; E02D 1/04.

(54) Título: EQUIPAMENTO E SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO SOLO AO AR

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 75095679000149. Endereço: RUA JOÃO NEGRÃO, 280 2º ANDAR, Curitiba, PR, BRASIL(BR), 80010-200

(72) Inventor: ROBSON ANDRÉ ARMINDO; CLAYTON CERASOMMA FIGUEIREDO.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 27/03/2014, observadas as condições legais

Expedida em: 14/09/2021

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados



EQUIPAMENTO E SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO SOLO AO AR

Campo da Invenção

[001]. Solos e outros meios porosos.

Campo tecnológico do ponto de vista amplo:

[002]. Equipamento e sistema de aquisição de dados (hardware e software) a ser utilizado para determinação da permeabilidade de meios porosos ao ar.

Campo tecnológico do ponto de vista mais específico ou próximo da invenção:

[003]. Equipamento e sistema de aquisição de dados a ser utilizado para determinação da permeabilidade do solo ao ar com enfoque para a Física e Mecânica dos Solos, Geotecnia, Manejo e Conservação dos Solos e Hidrologia.

Fundamentos da Invenção e Estado da Técnica

[004]. A determinação da permeabilidade em um perfil de solo é fundamental para verificar sua qualidade física e/ou mecânica, no que se refere a aeração, compactação, fluxo de água e possíveis formas de recuperação do solo.

[005]. No equipamento desenvolvido é acoplada uma amostra de solo, por onde é forçada a passagem de ar proveniente de uma bomba com fluxo de ar constante. Na superfície da amostra, onde ocorre a entrada de ar, está inserida uma agulha de calibre fino, que por sua vez está acoplada a um transdutor de pressão (TDP). Em outro ponto sobre a superfície da amostra está inserido um transdutor de temperatura (TT) para o monitoramento da viscosidade do ar. Um transdutor de fluxo (F)

(fluxímetro) está inserido em série no circuito de alimentação de ar. Os três transdutores estão conectados a um dispositivo microcontrolado que monitora sinais analógicos (A/D) e envia em tempo real os sinais digitais a um computador via porta USB com intervalos de leitura de 2s. No computador, o programa computacional desenvolvido (ArNoSolo) recebe em tempo real os dados de temperatura, pressão e vazão de ar. Neste programa são apresentados e exportados em planilha eletrônica os dados de tempo, pressão, temperatura, densidade de fluxo de ar, permeabilidade do solo ao ar e permeabilidade intrínseca do solo ao ar; além de gráficos da pressão x tempo, logaritmo da pressão x tempo, permeabilidade do solo ao ar x tempo e permeabilidade intrínseca do solo ao ar x tempo. O equipamento desenvolvido é estanque, não ocorrendo assim vazamento de ar durante os testes.

[006]. A técnica de tomada de pressão via agulha permite que ela seja monitorada exatamente na superfície da amostra e não em outro recipiente. A possibilidade de uso de um fluxímetro automatizado fornece ao programa computacional dados de vazão de ar em tempo real. Assim, o monitoramento da densidade de fluxo de ar é constante em todo tempo de ensaio, garantindo a aplicabilidade da lei de Fick para cada leitura, mesmo que ocorram pequenas variações na rotação da bomba. Portanto não se utiliza neste sistema a metodologia proposta por Kirkham (1946). Essas características são importantes na diferenciação deste equipamento e sistema de aquisição de dados para determinação da permeabilidade de meios porosos.

Descrição da abordagem do problema técnico

[007]. A permeabilidade do solo ao ar pode ser utilizada para avaliar alterações ocorridas na estrutura do solo em virtude da adoção de diferentes sistemas de manejo, que pode resultar na formação de poros

mais contínuos com melhores condições de aeração. Neste sentido torna-se necessário o desenvolvimento de um equipamento que realize medidas confiáveis de permeabilidade do solo de maneira prática e automática.

[008]. A solução para o problema se deu no desenvolvimento de um equipamento, onde se acopla uma amostra cilíndrica de solo, por onde é forçada a passagem de ar proveniente de uma bomba com fluxo de ar constante. Na superfície da amostra, onde ocorre a entrada de ar, está inserida uma agulha de calibre fino, que por sua vez está acoplada a um transdutor de pressão. Em outro ponto sobre a superfície da amostra está inserido um transdutor de temperatura para o monitoramento da viscosidade do ar. Um fluxímetro está inserido em série no circuito de alimentação de ar. Os dois transdutores e o fluxímetro estão conectados a um dispositivo microcontrolado que monitora sinais analógicos e envia em tempo real os sinais digitais a um computador via porta USB com intervalos de leitura de 2s. No computador, o programa computacional desenvolvido recebe em tempo real os dados de temperatura, pressão e vazão de ar. Neste programa são apresentados e exportados em planilha eletrônica os dados de tempo, pressão, temperatura, densidade de fluxo de ar, permeabilidade do solo ao ar e permeabilidade intrínseca do solo ao ar; além de gráficos da pressão x tempo, logaritmo da pressão x tempo, permeabilidade do solo ao ar x tempo e permeabilidade intrínseca do solo ao ar x tempo.

[009]. As vantagens dessa invenção são: a) Possui a versatilidade na determinação de amostras cilíndricas de aproximadamente 51, 75 e 89 mm de diâmetro. b) A técnica de tomada de pressão via agulha permite que a pressão seja monitorada exatamente na superfície da amostra e não em outro recipiente. c) O uso de um fluxímetro automatizado fornece ao programa computacional dados de vazão

de ar em tempo real. Assim, o monitoramento da densidade de fluxo de ar é constante em todo tempo de ensaio, garantindo a aplicabilidade da lei de Fick para cada leitura, mesmo que ocorram pequenas variações na rotação da bomba. d) Não se utiliza, portanto, neste sistema a metodologia proposta por Kirkham (1946).

[010]. O equipamento e sistema de aquisição de dados desenvolvidos podem ser utilizados em laboratórios de pesquisa e/ou de inspeção ambiental e por empresas de consultoria da área técnica. Basta acoplar a amostra no equipamento, acionar a bomba e clicar na tecla "iniciar aquisição". O sistema fará a determinação da permeabilidade de forma automática.

Descrição detalhada da Invenção

[011]. Equipamento de corpo cilíndrico metálico (ou material semelhante) de aproximadamente 145 mm de altura por 60 mm de diâmetro. Possui aproximadamente 20 mm de rosca em sua parte superior e dois canais de aproximadamente 3,5 mm com anéis o-ring de borracha (ou outro material semelhante) na parte inferior para vedação (**item 2 - Figuras 1, 2, 3, 4 e 5**). Na parte inferior têm-se dois furos sendo um com diâmetro de aproximadamente 5 mm para a inserção do transdutor de temperatura e outro com diâmetro aproximado de 2 mm para a inserção da agulha de calibre fino que será acoplada a um transdutor de pressão (**item 3 – Figuras 1, 2, 3, 4 e 5**).

[012]. A agulha utilizada deve ser de aproximadamente 1,65 mm de diâmetro e ter sua ponta no centro geométrico da amostra. A ponta da agulha deve possuir um corte em bisel com aproximadamente 30° de ângulo com a horizontal de modo a proporcionar um canal para a tomada do ar que será conduzido ao transdutor de pressão (**item 3 – Figuras 1, 2, 3, 4 e 5**). O diâmetro fino da agulha é para que não ocorra restrição à passagem de ar. Com essa técnica garante-se a área

superficial da amostra condicionada a passagem de ar não proporcionando erros significativos em sua medição.

[013]. Tampa com rosca e anel o-ring de borracha (ou outro material semelhante) para vedação que será acoplada na parte superior do corpo cilíndrico. Essa tampa possui em seu centro geométrico um orifício vertical de latão ou outro material semelhante (conector) de aproximadamente 30 mm de altura e 12 mm de diâmetro, onde será acoplada a mangueira de alimentação de ar **(item 1 – Figuras 1, 2, 3, 4 e 5)**.

[014]. Corpo cilíndrico de poliacetal (ou outro material semelhante) onde será acoplada a parte inferior do corpo cilíndrico metálico (ou outro material semelhante). Este corpo possui aproximadamente 120 mm de diâmetro com canal com anel o-ring de borracha para vedação (ou outro material semelhante). Recebe amostras cilíndricas de aproximadamente 89 mm de diâmetro **(item 4 – Figuras 1, 2, 3, 4 e 5)**.

[015]. Corpo cilíndrico de poliacetal (ou outro material semelhante) de aproximadamente 100 mm de diâmetro que será acoplado na parte inferior do corpo cilíndrico de poliacetal (ou outro material semelhante) de aproximadamente 120 mm de diâmetro com canal com anel o-ring de borracha para vedação (ou outro material semelhante) **(item 5 – Figuras 1, 2, 3, 4 e 5)**. Recebe amostras cilíndricas de aproximadamente 75 mm de diâmetro.

[016]. Corpo cilíndrico de poliacetal (ou outro material semelhante) de aproximadamente 80 mm de diâmetro que será acoplado na parte inferior do corpo cilíndrico de poliacetal (ou outro material semelhante) de aproximadamente 100 mm de diâmetro com canal com anel o-ring de borracha para vedação (ou outro material semelhante) **(item 6 – Figuras 1, 2, 3, 4 e 5)**. Recebe amostras cilíndricas de aproximadamente 51 mm de diâmetro.

[017]. Base quadrada metálica com círculo central de tela metálica de aproximadamente 90 mm de diâmetro para apoiar a amostra. Possui quatro apoios de aproximadamente 20 mm para permitir a passagem do ar para a atmosfera. O ar que flui pela amostra passará por esse círculo de tela metálica entrando em equilíbrio com a pressão atmosférica (**Figura 6**).

[018]. Hardware composto de entradas para fluxímetro, transdutor de pressão e transdutor de temperatura; conversor analógico/digital; e microcontrolador (**Figura 7**). Os sinais analógicos de vazão de ar, pressão e temperatura são convertidos em sinais digitais com um conversor analógico/digital e enviados pelo microcontrolador programável via porta serial a um computador.

[019]. Programa computacional (ArNoSolo) que recebe os sinais digitais de pressão, temperatura e vazão de ar (**Figura 8**). No ar no ArNoSolo o usuário entra com os dados de comprimento e diâmetro da amostra, aceleração da gravidade local e, se necessário, a vazão de ar da bomba (caso o usuário utilize uma bomba de vazão constante e não queira utilizar os dados do fluxímetro). O usuário deve escolher a porta COM no botão "Configura USB/Serial" e clicar em "Iniciar Aquisição". No ArNoSolo há um método numérico de Regula Falsi onde os valores de temperatura são convertidos por meio de uma função implícita de calibração em dados de viscosidade do ar. Com os dados de viscosidade do ar, a permeabilidade do solo é transformada em permeabilidade intrínseca do solo ao ar. O ArNoSolo apresentará em sua tela uma tabela com o número de leituras (N), tempo de aquisição (t), pressão (p), densidade de fluxo de ar (q), permeabilidade do meio poroso ao ar (K_{ar}) e permeabilidade intrínseca do meio poroso ao ar (K_{ear}). Apresentará também gráficos de p versus t, K_{ar} versus t, K_{ear} versus t e $\log(p)$ versus t. Ao mesmo tempo o ArNoSolo salvará em

planilha eletrônica na extensão .xlsx todos os dados e gráficos apresentados em sua tela.

Descrição detalhada das figuras

[020]. As figuras de 1 a 5 mostram detalhadamente o equipamento desenvolvido, onde:

- 1- Tampa com rosca e orifício vertical de alimentação de ar
- 2- Corpo cilíndrico
- 3- Transdutor de temperatura e agulha para tomada de pressão
- 4- Corpo cilíndrico maior
- 5- Corpo cilíndrico intermediário
- 6- Corpo cilíndrico menor

[021]. A Figura 6 mostra uma base quadrada metálica com círculo central de tela.

[022]. A Figura 7 mostra a estrutura do hardware.

[023]. A Figura 8 mostra a tela do programa computacional (ArNoSolo).

[024]. A Figura 9 mostra uma imagem do equipamento pronto.

REIVINDICAÇÕES

1. Equipamento para determinação da permeabilidade do solo ao ar **caracterizado por** conter:

- a) Corpo cilíndrico metálico (2) de 145 mm de altura por 60 mm de diâmetro, com 20 mm de rosca em sua parte superior, dois canais de aproximadamente 3,5 mm com anéis na parte inferior para vedação, um furo na parte inferior com diâmetro de 5 mm para a inserção do transdutor de temperatura, um furo com diâmetro de 2 mm para a inserção da agulha que é acoplada a um transdutor de pressão (3);
- b) Agulha acoplada a um transdutor de pressão (3);
- c) transdutor de pressão (1);
- d) Tampa com rosca e anel de borracha para vedação que será acoplada na parte superior do corpo cilíndrico (1);
- e) Corpo cilíndrico de poliacetal de 120 mm de diâmetro, onde será acoplada a parte inferior do corpo cilíndrico metálico, com canal de anel o-ring de borracha para vedação (4);
- f) Corpo cilíndrico de poliacetal de 100 mm de diâmetro, que será acoplado na parte inferior do corpo cilíndrico de poliacetal de 120 mm de diâmetro, com canal de anel o-ring de borracha para vedação (5);
- g) Corpo cilíndrico de poliacetal de 80 mm de diâmetro, que será acoplado na parte inferior do corpo cilíndrico de poliacetal de 100 mm de diâmetro, com canal de anel o-ring de borracha para vedação (6);
- h) Base quadrada com círculo central de tela metálica de 90 mm, com quatro apoios de 20 mm para permitir a passagem do ar para a atmosfera(7);

- i) Hardware com microcontrolador/AD e entradas para leituras do fluxímetro, transdutor de pressão e transdutor de temperatura;
 - j) Fluxímetro (10);
 - k) Conversor analógico/digital(11);
 - l) Microcontrolador (12);
 - m) Meio legível por computador adaptado para recepção dos sinais digitais de pressão, temperatura e vazão de ar e para cálculo da permeabilidade do solo ao ar (K_{ar}) e da permeabilidade intrínseca do solo ao ar (K_{ear}).
2. Equipamento para determinação da permeabilidade do solo ao ar, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** agulha possuir entre 0,8 mm e 1,65 mm de diâmetro, ter ponta no centro geométrico da amostra, ponta com corte em bisel com aproximadamente 30° de ângulo com a horizontal de modo a proporcionar um canal para a tomada do ar que será conduzido ao transdutor de pressão.
3. Equipamento para determinação da permeabilidade do solo ao ar, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pela** tampa com rosca possuir um orifício vertical em seu centro geométrico, para acoplar a mangueira de alimentação de ar.
4. Equipamento para determinação da permeabilidade do solo ao ar, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** tampa com um orifício vertical de latão ou outro material semelhante (conector) em seu centro geométrico, para acoplar a mangueira de alimentação de ar.
5. Equipamento para determinação da permeabilidade do solo ao ar, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** conversor analógico/digital converter os sinais analógicos de vazão de ar, pressão

e temperatura, em sinais digitais e enviá-los pelo microcontrolador programável via porta serial a um computador.

6. Equipamento para determinação da permeabilidade do solo ao ar, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** utilizar fluxímetro automatizado para fornecer dados de vazão de ar em tempo real.
7. Equipamento para determinação da permeabilidade do solo ao ar, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por estar adaptado para a recepção dos sinais digitais de pressão, temperatura e vazão de ar e para apresentar número de leituras de tempo de aquisição, dados e gráficos de pressão, densidade de fluxo de ar, permeabilidade e permeabilidade intrínseca (ou específica) do solo ao ar e gráficos comparativos.

DESENHOS

Figura 1

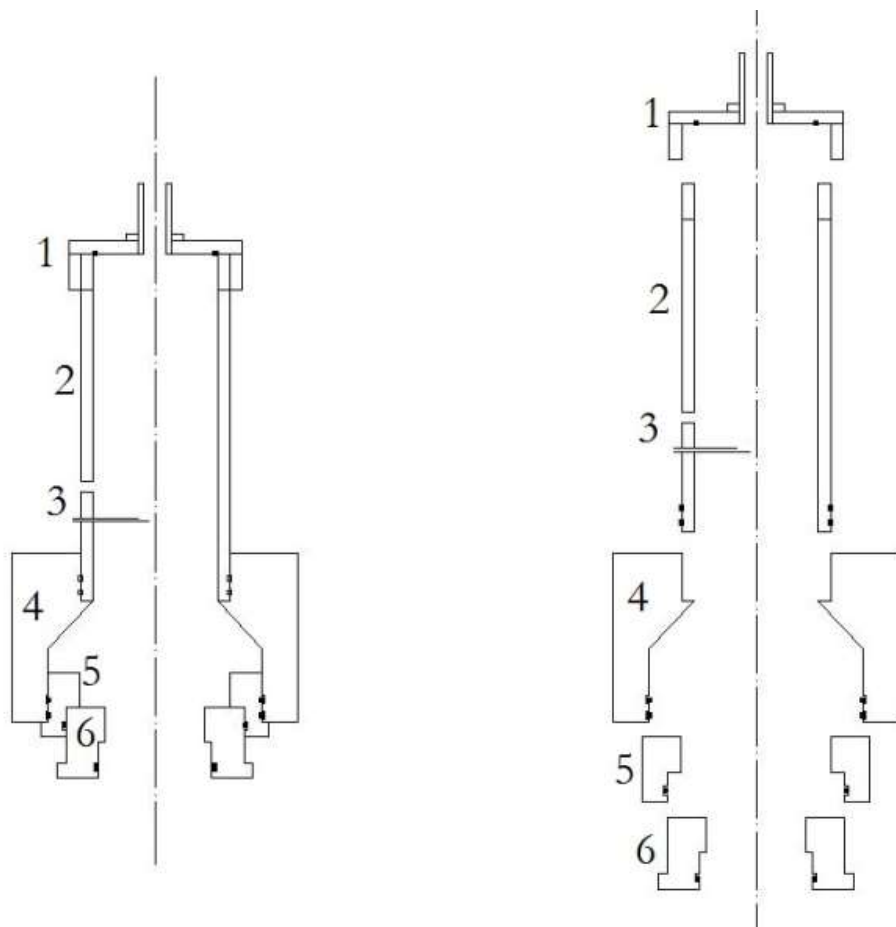


Figura 2

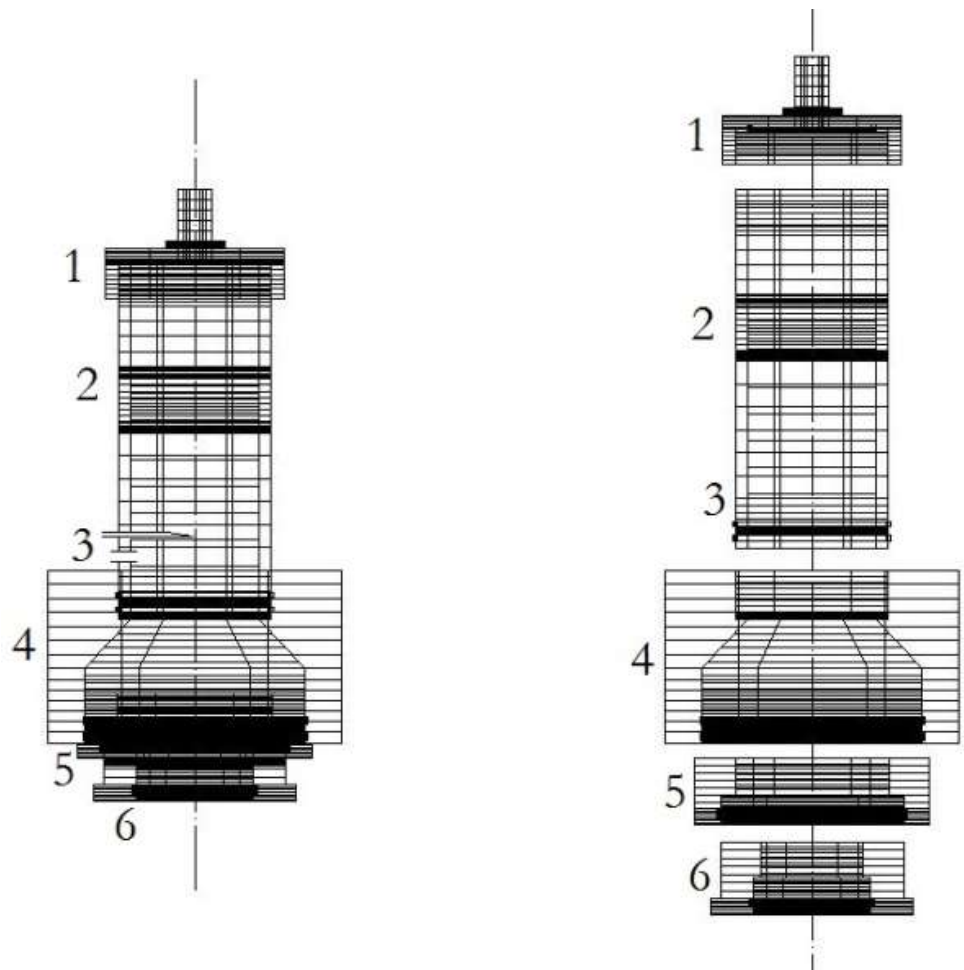


Figura 3

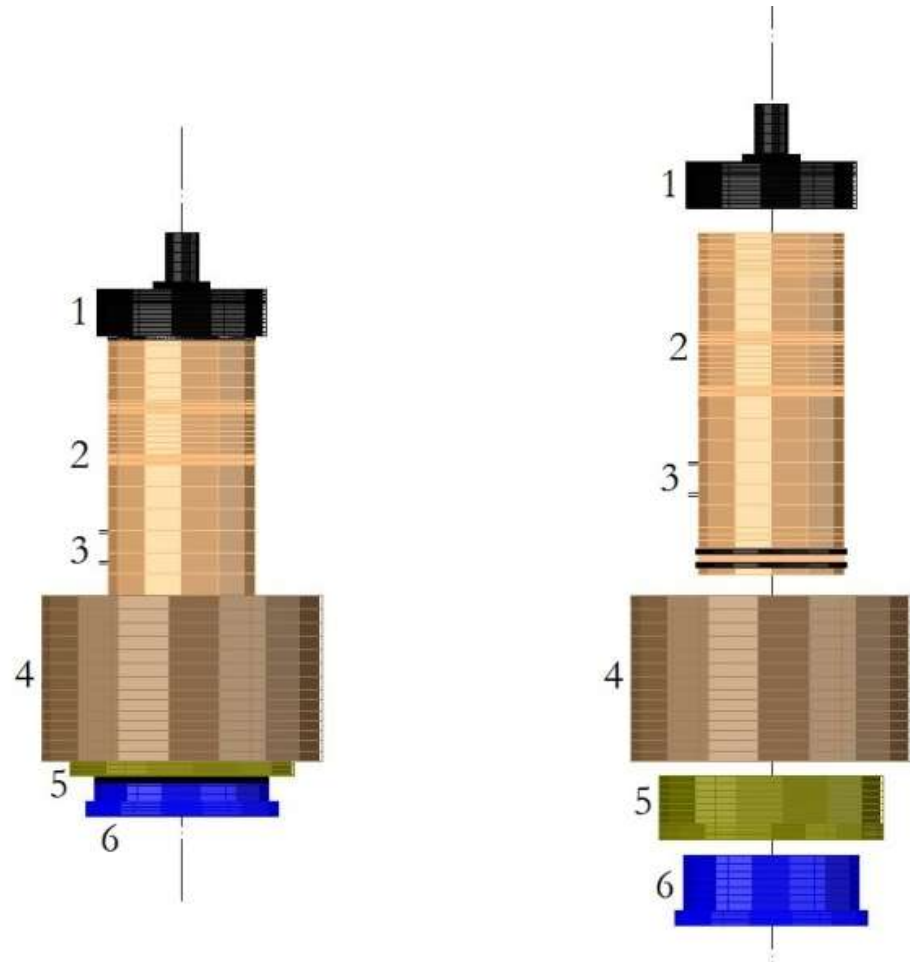


Figura 4

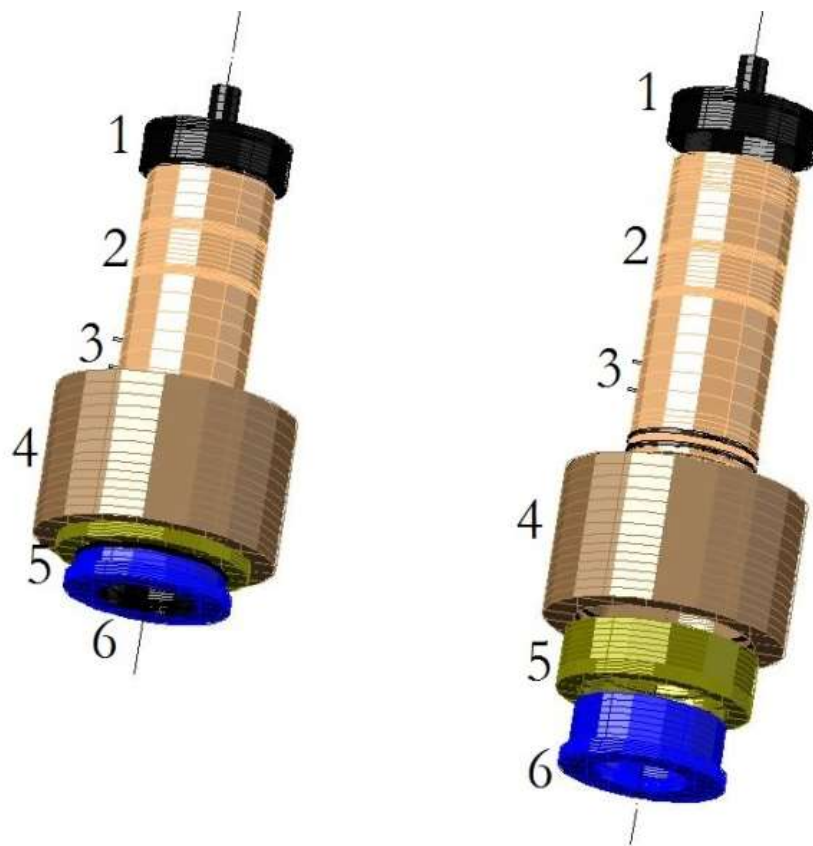


Figura 5

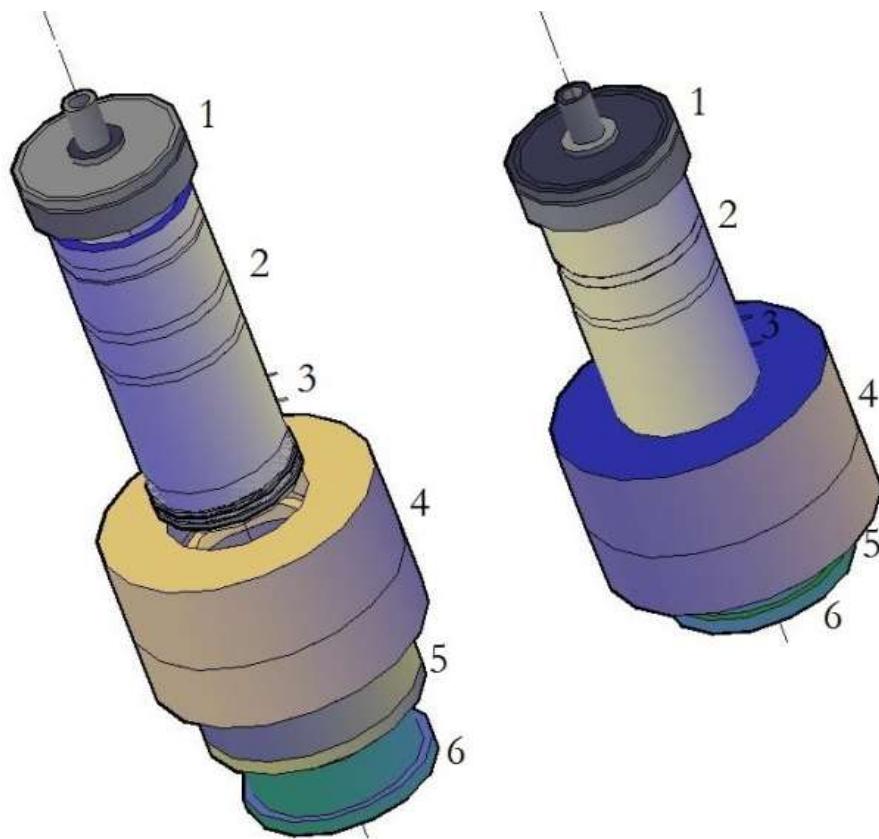
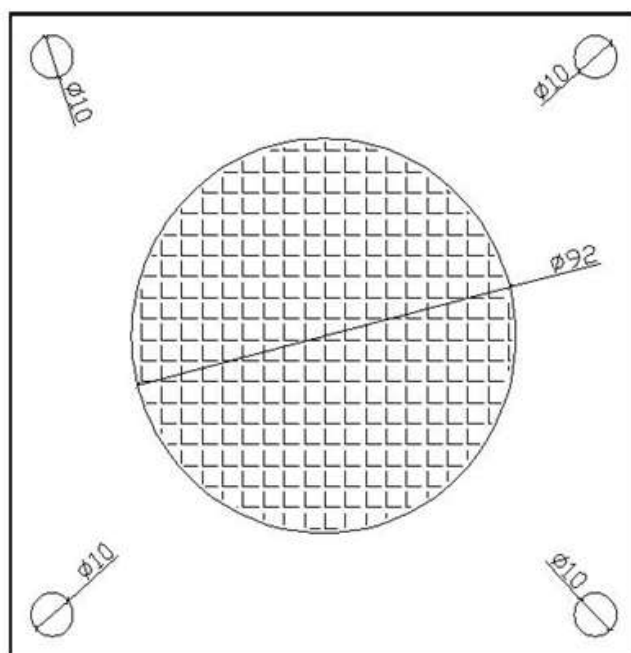
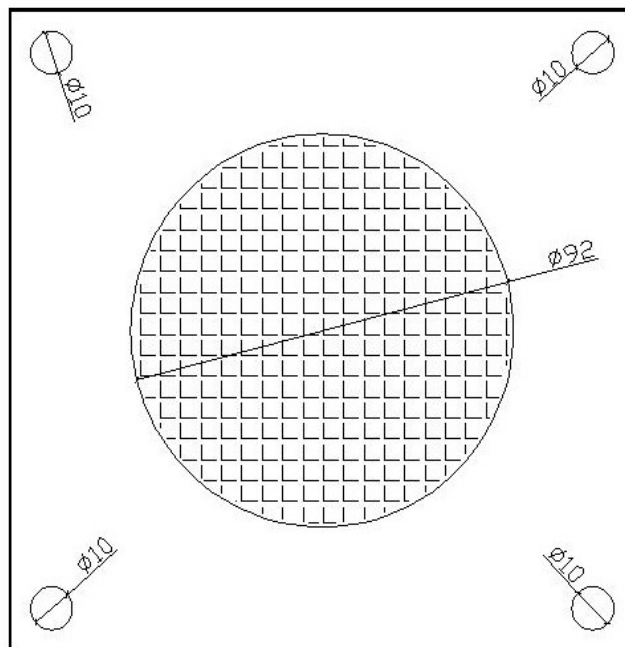


Figura 6



7

Figura 7

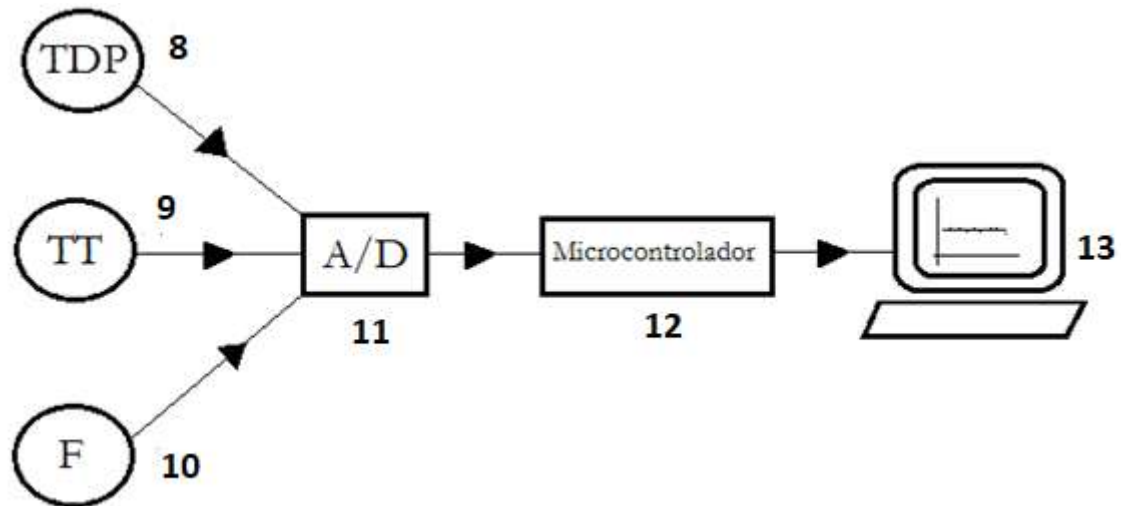
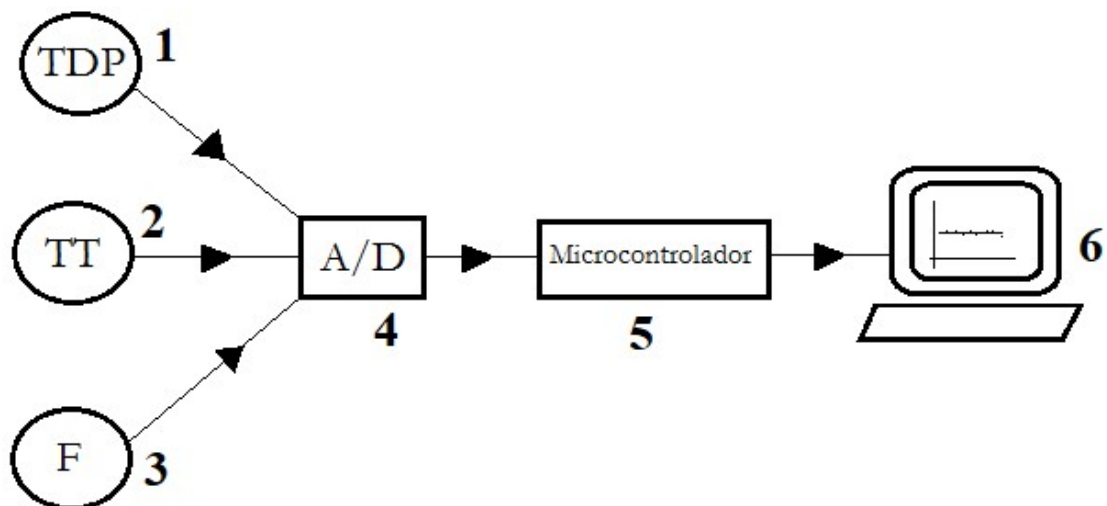


Figura 8

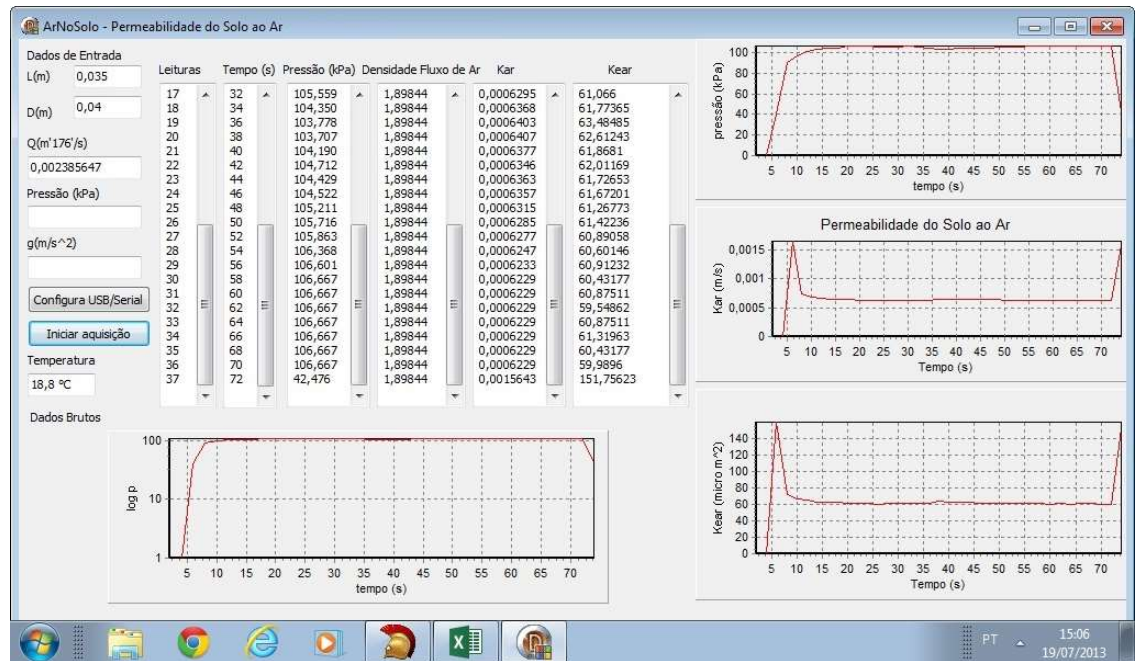


Figura 9

