



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA**

JOAZ DE SOUZA BATISTA

**CARACTERÍSTICAS DE INFILTRAÇÃO DE AMOSTRAS DO SOLO
RESIDUAL DO GRANULITO-GNAISSE PERCOLADAS POR ÁGUA
E EFLUENTE TRATADO DE ESGOTO**

**Salvador/BA
2009**

JOAZ DE SOUZA BATISTA

**CARACTERÍSTICAS DE INFILTRAÇÃO DE AMOSTRAS DO SOLO
RESIDUAL DO GRANULITO-GNAISSE PERCOLADAS POR ÁGUA
E EFLUENTE TRATADO DE ESGOTO**

**Dissertação apresentada ao Mestrado em Engenharia
Ambiental Urbana da Escola Politécnica da Universidade
Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.**

**Orientador: Luiz Aníbal de Oliveira
Santos**

**Co-orientador: Virgílio Bandeira
Chagas Neto**

**Salvador/BA
2009**

B333 Batista, Joaz de Souza

Características de infiltração de amostras do solo residual do granulito-gnaiss percolados por água e efluente tratado de esgoto. / Joaz de Souza Batista. – Salvador, 2009.

140 f. : il. color.

Orientador: Prof. Msc. Luiz Aníbal de Oliveira Santos

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2009.

1. Infiltração. 2. Mecânica dos solos – Aspectos ambientais. 3. Solo urbano - Uso. I. Santos, Luiz Aníbal de Oliveira II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDD: 627

JOAZ DE SOUZA BATISTA

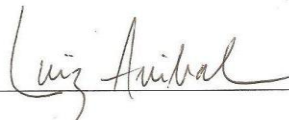
CARACTERÍSTICAS DE INFILTRAÇÃO DE AMOSTRAS DO SOLO
RESIDUAL DO GRANULITO-GNAISSE PERCOLADAS POR ÁGUA E
EFLUENTE TRATADO DE ESGOTO

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

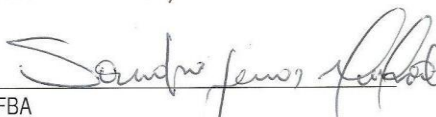
Salvador, 17 de dezembro de 2009

Banca Examinadora:

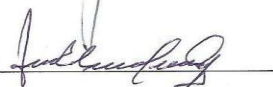
Prof. MSc. Luiz Anibal de Oliveira Santos
Universidade Federal da Bahia – UFBA



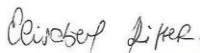
Prof. Dr. Sandro Lemos Machado
Universidade Federal da Bahia – UFBA



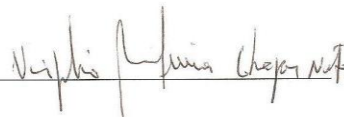
Prof. MSc. Luis Edmundo Prado de Campos
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Profa. Dra. Elisabeth Ritter
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ



Prof. MSc. Virgílio Bandeira Chagas Neto
Universidade Federal da Bahia – UFBA



Aos meus pais!

À memória de dona “Bené”, por todo esforço e dedicação para que a minha jornada nesta terra valesse à pena, enquanto a vida lhe permitiu.

À memória de meus irmãos, Simei e Claudionor “Jão” provavelmente seriam muito úteis nesta vida.

Aos meus irmãos, Cleonício, Benjamin, Jessé, Suely, Sineia, Isaias, por acreditarem.

À minha esposa e amiga, Néa, companheira incansável de todas as horas, cujo apoio foi decisivo para chegarmos aqui!

Ao meu filho, Helamã, pelo amor e atenção dedicados ao pai e por ter me levado a aprender.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Aníbal de Oliveira Santos, pelo seu apoio, amizade e orientação, e por me ajudar a lutar contra minhas limitações técnicas e pessoais, e cuja dedicação e humildade justificam a existência do ser humano;

À EMBASA, na pessoa do Professor Virgílio Bandeira pela Co-orientação, parceria, pelas dicas e pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho;

Aos Professores Luiz Edmundo Prado de Campos “Luizão” e Sandro Lemos Machado, pela amizade e confiança, pelas brilhantes idéias compartilhadas, pelas inúmeras e trabalhosas correções, pela paciência e por acreditarem nos frutos desta pesquisa;

Aos Professores Evangelista Fonseca e Geraldo Sávio Sobral pelo estímulo durante esta jornada;

Aos Professores Ricardo Fernandes e Ilce Marília, por acreditarem, pelas palavras de ânimo e pela atenção;

Ao CNPq pela ajuda financeira;

A Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia por oportunizar o desenvolvimento profissional;

Ao Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana e seus professores, pela oportunidade para a realização deste trabalho;

À Alice “Lilica” pela presteza e serviços

Aos técnicos do laboratório de geotecnia da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, representados por Armando José da Silva, José Mágnio da Silva Sobrinho, Mariana Leite, José Renato da Silva, José Pedro A. Bessa, Julio Barros Muniz, Paulo Cesar Burgos, Paulo Libonat, Livia Oliveira Santos “Baguinho”, Alexandre Cerqueira Jesus, pela atenção, zelo e presteza com que se envolveram nessa pesquisa;

Aos amigos Júlio, Kleber e tantos outros não menos importantes do laboratório de geotecnia ambiental da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, cujo apoio e amizades não serão esquecidos;

Ao Colega Fábio Meneses pelas incansáveis discussões e ajuda na informática;

Ao amigo Rosenildo pelas incansáveis viagens à área de estudos, por toda assistência e por acreditar no trabalho;

À estagiária Mariana (EMBASA) pelas análises dos parâmetros químicos do efluente tratado;

Ao arquiteto Bruno Grucci, pelas soluções no CAD, pela amizade e cuidados;

Aos diletos amigos, representados pelas pessoas de Boulhosa Mesquita “Lyrol”, France Dielle, Fabiana, Dorinha “Rosa”, Carlos Santana, Rejane, Juarez, Maira Rocha, Dani Ladeira, Osny, Jander, Charlene, Valtério, Edilson, Mara, Thiago, Denize “Chiquinha”, Sandra Miranda, Silvinha, Marcelo Ribeiro, Jarbas Andade, Manoel Oliveira e tantos outros não menos importantes, pelo apoio incondicional, pela cumplicidade, pelos momentos agradáveis, pela sincera amizade que tornou possível suportar os momentos mais cruciais da jornada. A eles meus sinceros votos de vida harmoniosa e plena sempre;

Aos amigos Ranilson Luiz da Silva e Ricardina Barbosa, pela confiança e apoios nos momentos que só eles lembram.

“O homem é salvo na mesma proporção
em que adquire conhecimento”.

Joseph Smith

BATISTA, Joaz de Souza. Características de infiltração de amostras do solo residual do granulito-gnaisse percolados por água e efluente tratado de esgoto. 140f. il. 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica – Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

RESUMO

Discorre-se sobre características de infiltração de amostras do horizonte I-C do solo residual do granulito-gnaisse predominante no sítio urbano de Salvador – BA. O estudo avalia e compara as características do solo nos estados indeformado e compactado, obtidas em laboratório, em situações nas quais o fluido percolante é a água ou um efluente sanitário tratado. Um infiltrômetro foi desenvolvido adaptando-se os padrões da norma ASTM D 4874 (1995). Os ensaios foram executados estendendo a rotina usual do ensaio clássico de permeabilidade medindo-se a quantidade de água ou efluente tratado que percolava durante a fase de saturação dos corpos de prova (infiltração não saturada). Em seguida, após a saturação, os mesmos CP foram submetidos ao ensaio convencional de permeabilidade (infiltração saturada). Numa terceira etapa, os CP foram expostos a diferentes períodos de drenagem e posteriormente fatiados transversalmente, determinando-se a umidade de cada fatia de modo a se obter o perfil de umidade ao longo da altura de cada CP. A análise desses perfis permitiu verificar a ocorrência de equalização da umidade e avaliar se o valor da umidade equalizada poderia ser associado à capacidade de campo (CC) do solo. Em adição, realizou-se um ensaio de colmatação, por um período de 10 meses, utilizando-se um corpo de prova indeformado percolado pelo efluente tratado. Os resultados indicaram que a amostra colmatou com o tempo. Os resultados dos ensaios de infiltração apresentaram-se coerentes com o fenômeno e os modelos teóricos referidos na literatura. As curvas de infiltração mostraram boa repetibilidade. A partir dos resultados obtidos nos ensaios de infiltração não saturada foi possível avaliar quantitativamente a constante " ψ ", associada à sucção matricial do solo, parte integrante dos modelos propostos por Green-Ampt (1911) e Phillip (1954a). Foram obtidos valores variáveis e decrescentes para " ψ ", da ordem de 24 a 259 cmca (centímetro de coluna de água) no início da infiltração (ψ_i), e da ordem de 14 a 67 cmca quando a infiltração atingia a base do CP (ψ_{ff}). Tais valores estão em conformidade com os referidos na literatura abrangida, a exemplo dos valores obtidos por Wang (1995) em seus estudos experimentais. Os valores de " ψ " possibilitaram a formulação da equação de infiltração do solo residual estudado, para qualquer carga hidráulica (D_p) atuante. O autor não tem conhecimento do valor de " ψ " ter sido determinado precedentemente para o solo residual predominante no sítio urbano de Salvador.

Chave: Infiltração, Equalização de umidade, capacidade de campo, sucção matricial do solo.

BATISTA, Joaz Souza. Infiltration characteristics of soil samples of granulite-gneiss residual percolated by water and treated sewage effluent. 140f. il. 2009. Thesis (MA) - Ecole Polytechnique - Master in Urban Environmental Engineering - Federal University of Bahia, Salvador, 2009

ABSTRACT

The current research is about the infiltration characteristics of residual granulite-gneiss soil of the horizon I-C, a common soil in urban area of Salvador, BA. This study evaluates and compares the laboratory test results of infiltration characteristics tests performed on undisturbed and compacted soil samples subjected to two different permeants, water and treated sanitary sewage. To do this, an infiltrometer was developed according to ASTM D 4874 (1995) standard. Extending the routine permeability test approaches, tests were performed by measuring the amount of permeant fluid infiltrated in samples during the saturation stage (unsaturated infiltration). After saturation, samples were employed to execute conventional permeability (saturated infiltration). In a third step and after saturation infiltration tests, samples were subjected to drainage at different periods. At the end of each period, samples were sliced transversely and the water content of each slice was measured to assess the moisture content profile. Analyzing the moisture content profiles of samples revealed that the with increasing exposing period, the average moisture content of samples approaching to soils moisture content associated to their Field Capacity (θ_{cc}). Additionally, a clogging test in a period of ten months was performed using an undisturbed sample subjected to treated sanitary sewage. The results indicated that the sample tend to be impermeable with time. The results of performed infiltration tests showed a good consistency with the phenomenon and the theoretical models mentioned in literature and the infiltration curves showed a proper repeatability. The obtained results from unsaturated infiltration tests could be employed to assess the matric suction of soils, " ψ " constant quantitatively, which a part is of proposed the models by Green-Ampt (1911) and Phillip (1954a). According to the obtained results, the " ψ " constant decreases from 24 to 259 cmca (cm of water column) at the start of infiltration (ψ_i) to 14 to 67 cmca for the full saturation condition (ψ_{ff}). These values are in agreement with the values reported in literature like Wang (1995). Employing the obtained values of " ψ " make possible the studying of infiltration in the same residual soils at any active hydraulic load by formulating the equation. As author is aware, so far, the values of the " ψ " constant, has not been reported for the common residual soil of the urban area of Salvador.

Keywords: Infiltration, equalization of moisture, field capacity, soil matric suction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Permeabilidade de um solo residual – Correlação k para o mesmo solo em estados diferentes	34
Figura 2 - Perfis do teor de umidade no perfil do solo, antes, durante e após o empoçamento	37
Figura 3 – Perfil de umidade do solo num tempo t após o início da infiltração	38
Figura 4 – Perfil de conteúdo de água proposto por Green e Ampt	44
Figura 5 – Composição do efluente	53
Figura 6 – Lagoa Aerada do Sistema Paralela Park	60
Figura 7a – Planta baixa da lagoa e dos leitos de secagem	63
Figura 7b – Corte Longitudinal BB	63
Figura 7c - Corte Transversal CC	63
Figura 8 – Vista geral do sistema de tratamento	64
Figura 9a – Primeira lagoa, tratamento preliminar do efluente bruto	66
Figura 9b – Segunda lagoa, plataforma de serviços, vertedouros e leitos de secagem	66
Figura 9c – Leitos de secagem e calha transportadora do efluente da segunda lagoa para os leitos de secagem	66
Figura 9d – Leitos de secagem e PV's instalados sobre o emissário	66
Figura 10 – Talude de corte e a indicação dos horizontes observáveis	67
Figura 11 – Perfil de intemperismo típico de rochas ígneas intrusivas e metamórficas	68
Figura 12a – Mapa Geológico de Salvador com as três seções e a posição do sítio de Trobogy	70
Figura 12b – Seções Geológicas	71
Figura 13a – Localização dos pontos de coleta das amostras de solo na base do talude	73
Figura 13b - Trincheira escavada para a retirada de amostras indeformadas e amostras deformadas	73

Figura 14 - Ponto onde o efluente final é lançado no corpo receptor (local de coleta das amostras do efluente tratado)	73
Figura 15a – Bloco indeformado, área livre da parafina para início do processo de talhagem; molde utilizado para talhar os CP	78
Figura 15b – Procedimento de talhagem de corpos de prova indeformados	78
Figura 15c – Vista do torno manual e do molde posicionado no topo do bloco, início do procedimento de talhagem do corpo de prova	79
Figura 15d – Detalhe da utilização da faca no corte do excesso de solo na borda do molde durante o processo de talhagem do corpo de prova	79
Figura 16 – Corpos de prova medindo 10 e 5 cm de altura respectivamente	80
Figura 17 - Montagem do equipamento utilizado na moldagem do CP por pisoteamento	81
Figura 18 – Sequência de pisoteamento seguida durante os ensaios	81
Figura 19a – Cilindro vazio e com o Corpo de Prova Inserido	83
Figura 19b – Cilindro Reservatório	83
Figura 20 – Infiltrômetro utilizado durante a pesquisa	84
Figura 21a – Ferramentas utilizadas na moldagem de corpos de prova compactados	85
Figura 21b - Equipamento montado	85
Figura 22 - Infiltrômetro usado no ensaio com CP talhados (indeformados)	86
Figura 23 - Infiltrômetro para ensaio com CP moldados (compactados)	86
Figura 24 – Vista da seção transversal dos corpos de prova	87
Figura 25 – Distribuição Granulométrica dos Solos dos Blocos 01, 02 e 03	89
Figura 26a – Curva de compactação do solo do bloco 01, Proctor Normal e pontos das amostras compactadas por pisoteamento para o ensaio de infiltração por água	90
Figura 26b – Curva de compactação do solo do bloco 01, Proctor Normal e pontos das amostras compactadas por pisoteamento para o ensaio de infiltração por efluente tratado	90
Figura 27 – Taxas de Infiltração Básica ($T_{i,b}$) da Água em Amostras Talhadas	93
Figura 28 – Taxas de Infiltração Básica ($T_{i,b}$) da Água em Amostras Compactadas	94

Figura 29 – Taxas de Infiltração Básica (Ti,b) do Efluente Sanitário Tratado em Amostras Talhadas do Solo	95
Figura 30 – Taxas de Infiltração Básica (Ti,b) do Efluente em Amostras Compactadas de Solo	96
Figura 31a – Equalização da umidade, Infiltração por água. Amostra Talhada 01 (1 ½ dia de drenagem)	101
Figura 31b – Amostra Talhada 02 (2 dias de drenagem)	101
Figura 31c – Amostra 03 (3 dias de drenagem)	101
Figura 31d – Amostra 04 (4 dias de drenagem)	101
Figura 32a – Equalização da umidade, Infiltração por efluente tratado. Amostra Talhada 01 (1 ½ dia de drenagem).	102
Figura 32b – Amostra 02 (2 dias de drenagem)	102
Figura 32c – Amostra 03 (3 dias de drenagem)	102
Figura 32d – Amostra 04 (4 dias de drenagem)	102
Figura 33a – Equalização da umidade, Infiltração por água. Amostra compactada 01 (1 ½ dia de drenagem)	104
Figura 33b – Amostra 02 (2 dias de drenagem)	104
Figura 33c – Amostra 03 (3 dias de drenagem)	104
Figura 33d – Amostra 04 (4 dias de drenagem)	104
Figura 34a – Equalização da umidade, Infiltração por efluente tratado. Amostra compactada 01 (1 ½ dia de drenagem)	105
Figura 34b – Amostra 02 (2 dias de drenagem)	105
Figura 34c – Amostra 03 (3 dias de drenagem)	105
Figura 34d – Amostra 04 (4 dias de drenagem)	105
Figura 35 – Redução de Ti,b com o tempo (Colmatação)	107
Figura 36 – Características do Solo dos Blocos 01, 02 e 03	108
Figura 37 – Variação da constante “ ψ ” em amostras talhadas e compactadas infiltradas por água e efluente (Modelo de Green – Ampt)	122
Figura 38 – Variação da constante “ ψ ” em amostras talhadas e compactadas infiltradas por água e efluente (Modelo de Phillip)	125
Figura 39a – Corpo de prova antes da infiltração pelo efluente	127
Figura 39b – Corpo de prova após a infiltração do efluente (decantação dos sólidos sobre a superfície)	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores Típicos de Condutividade Hidráulica dos Solos Saturados	32
Tabela 2 – Patogenos e organismos indicadores comumente encontrados no efluente bruto	51
Tabela 3 – Principais contaminantes dos efluentes, seus significados e origens	52
Tabela 4 – Principais constituintes do efluente doméstico	54
Tabela 5 – Características químicas e biológicas dos efluentes domésticos	55
Tabela 6 – Caracterização do Efluente Bruto Tomada de Amostras em Diversas Estações de Tratamento na Cidade do Salvador no Período de Agosto de 1990 a Março de 1991	56
Tabela 7 – Concentração de efluentes em termos de DBO ₅ e DQO	57
Tabela 8 – Características e dados do sistema	62
Tabela 9 - Dados e características geométricas da LGA	62
Tabela 10 – Resultado do ensaio de compactação – Energia Proctor Normal	89
Tabela 11 – Índices Físicos das amostras do solo residual do granulito-gnasse	92
Tabela 12 – Valores de K_{sat} das Amostras Talhadas Infiltradas pela Água ($cm\ s^{-1}$).	97
Tabela 13 – Valores de K_{sat} das Amostras Compactadas Infiltradas pela Água ($cm\ s^{-1}$).	97
Tabela 14 – Valores de K_{sat} das Amostras Talhadas Infiltradas pelo Efluente Tratado ($cm\ s^{-1}$).	98
Tabela 15 – Valores de K_{sat} das Amostras Compactadas Infiltradas pelo Efluente Tratado ($cm\ s^{-1}$).	98
Tabela 16a - Umidades ($w_{Nat.}$, $w_{sat.}$ e w_{cc})	101
Tabela 16b - Umidades ($w_{Nat.}$, $w_{sat.}$ e w_{cc})	101
Tabela 16c - Umidades ($w_{Nat.}$, $w_{sat.}$ e w_{cc})	101
Tabela 16d - Umidades ($w_{Nat.}$, $w_{sat.}$ e w_{cc})	101
Tabela 17a - Umidades ($w_{Nat.}$, $w_{sat.}$ e w_{cc})	102
Tabela 17b - Umidades ($w_{Nat.}$, $w_{sat.}$ e w_{cc})	102
Tabela 17c - Umidades ($w_{Nat.}$, $w_{sat.}$ e w_{cc})	102
Tabela 17d - Umidades ($w_{Nat.}$, $w_{sat.}$ e w_{cc})	102
Tabela 18a - GC (%), Δw (%) e Umidades (w_{mold} e $w_{Sat.}$)	104

Tabela 18b - GC (%), Δw (%) e Umidades (w_{mold} e $w_{Sat.}$)	104
Tabela 18c - GC (%), Δw (%) e Umidades (w_{mold} e $w_{Sat.}$)	104
Tabela 18d - GC (%), Δw (%) e Umidades (w_{mold} e $w_{Sat.}$)	104
Tabela 19a - GC (%), Δw (%) e Umidades (w_{mold} e $w_{Sat.}$)	105
Tabela 19b - GC (%), Δw (%) e Umidades (w_{mold} e $w_{Sat.}$)	105
Tabela 19c - GC (%), Δw (%) e Umidades (w_{mold} e $w_{Sat.}$)	105
Tabela 19d - GC (%), Δw (%) e Umidades (w_{mold} e $w_{Sat.}$)	105
Tabela 20 – Índices Físicos da Amostra de Solo Utilizada no Ensaio de Colmatação por Efluente Tratado	106
Tabela 21 – Características do Efluente Tratado	106
Tabela 22 – Características do Solo residual do granulito-gnaisse utilizado nos ensaios	108
Tabela 23 – Classificação dos Solos Utilizados	109
Tabela 24 – Relação entre as amostras do Grupo I	110
Tabela 25 – Relação entre as amostras do Grupo II	110
Tabela 26 – Relação entre as amostras do Grupo III	110
Tabela 27 – (T_i, b) e K_{sat} . – CP talhados infiltrados por água	114
Tabela 28 – (T_i, b) e K_{sat} . – CP talhados infiltrados pelo efluente tratado	114
Tabela 29 – (T_i, b) e (K_{sat}) - CP compactados (AC) infiltrados por água	115
Tabela 30 – (T_i, b) e (K_{sat}) - CP compactados (AC) infiltrados pelo efluente tratado	115
Tabela 31 – Relação entre a $(T_{i,b})_{\text{água}}$ e $(T_{i,b})_{\text{efluente}}$ em cada grupo	116
Tabela 32 – Relações entre a $(T_{i,b})_{\text{médio}}$, amostras indeformadas / $(T_{i,b})_{\text{amostras compactadas}}$	117
Tabela 33 – Parâmetros utilizados para o cálculo de “ ψ ”.	120
Tabela 34 – Valores de ψ em função de l (mm) e t (s), Modelo de Green-Ampt.	122
Tabela 35 – Valores de ψ em função de l (mm) e t (s), Modelo de Philip.	124
Tabela 36- Variação de ψ ao longo do tempo	130

LISTA DE SIMBOLOS

γ_t ,	Peso específico aparente do solo.
γ_s ,	Peso específico real dos grãos
γ_d ,	Peso específico aparente do solo seco
γ_{sat} ,	Peso específico aparente do solo saturado
n ,	Porosidade
$k(\theta)$,	Condutividade hidráulica
ρ ,	Densidade
θ_i ,	Umidade inicial à base de volume
θ_s ,	Umidade volumétrica saturada
θ_{cc} ,	Umidade volumétrica na capacidade de campo e na (umidade equalizada)
$\Delta\theta = (\theta_s - \theta_i)$,	Capacidade de armazenamento do solo
Q_w ,	Volume efluente (ou descarga) de água que atravessa a amostra de solo
τ ,	Fator de tortuosidade do fluxo
$\nabla(\psi_t)$,	Gradiente de energia
$L_w \cdot MA$,	Lâmina de água afluyente (à montante da amostra)
t ,	Tempo
A ,	Área da seção transversal total do solo
CC,	Capacidade de campo;
D ,	Difusividade
D.B.O ₅ ,	Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias, a 20 °C
D.Q.O ,	Demanda Química de Oxigênio
Dp ,	Altura da lâmina de água imposta à superfície do solo (carga hidráulica à montante da amostra)
e ,	Índice de vazios
GC ,	Grau de Compactação
ψ_{ff} ,	Constante “ ψ ” , associada à sucção matricial do solo quando a infiltração atingia a base do CP
ψ_i ,	Constante “ ψ ” , associada à sucção matricial do solo no início da infiltração
I ,	Infiltração acumulada
IP ,	Índice de plasticidade
K ₂₀ ,	Coeficiente de permeabilidade a 20°C
k _{sat} ,	Coeficiente de condutividade hidráulica saturada
K _T ,	Coeficiente de permeabilidade a T°C

NPV,	Número de Poro Volume (NPV = V_w/V_v)
P_b ,	Pressão de borbulhamento
p_w ,	Pressão de entrada de água
RQD,	Rock Quality Designation (Designador da Qualidade da Rocha)
S,	" <i>Sorptivity</i> " (sortividade)
S_e ,	Superfície específica do solo
S_r ,	Grau de saturação
T_i ,	Taxa de infiltração
$T_{i,b}$,	Taxa de Infiltração Básica
t_p ,	Tempo de empoçamento
USCS,	Unified Soil Classification System
VT,	Volume total do corpo de prova
V_v ,	Volume de Vazios
w_i ,	Umidade natural do solo ocorrente na frente de umedecimento
w_{cc} ,	Umidade na Capacidade de Campo em peso
w_L ,	Limite de liquidez
w_{nat} ,	Teor de umidade em peso
$w_{ót}$,	Umidade ótima
wp	Limite de plasticidade
Zu,	Profundidade da frente de umedecimento
Δw ,	Variação de umidade, em peso
μ ,	Viscosidade dinâmica do fluido
μ_{20} ,	Viscosidade da água a 20°C
μ_T ,	Viscosidade da água a T°C
Ψ_g ,	Energia potencial gravitacional
Ψ_m ,	Energia potencial matricial
Ψ_o ,	Energia potencial osmótica
Ψ_p ,	Energia potencial de pressão
ψ_v ,	Energia potencial cinética;
$\psi_{térm}$,	Energia Potencial térmica
ψ ,	Constante global associada à sucção matricial da frente de umedecimento, expressa em carga;
RMS,	Região Metropolitana de Salvador
SICAR,	Sistema Cartográfico da RMS

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	25
2.1 Movimento da Água no Solo	25
2.2 Condutividade Hidráulica e Atributos Físicos dos Solos	31
2.3 Infiltração.....	36
2.3.1 Formulações Matemáticas	39
2.3.1.1 Equações Empíricas.....	39
2.3.1.2 Equações Fenomenológicas	43
2.3.2 Constante “ ψ ” Devida ao Potencial Matricial	48
2.4 Efluente Sanitário Tratado.....	50
2.5 Colmatação do Solo por Efluente.....	57
3 COLETA DAS AMOSTRAS.....	60
3.1 O Sítio do Sistema Paralela Park.....	60
3.1.1 Características Geométricas e Operacionais da Lagoa Aerada.....	62
3.1.2 Solos Ocorrentes.....	67
3.2. Amostras Coletadas	71
3.2.1 Amostras de Solo	72

3.2.2 Amostras do Efluente Tratado.....	73
4 PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS.....	74
4.1 Procedimentos Preliminares.....	76
4.1.1 Horizontes e Amostras Estudadas	77
4.1.2 Preparação dos Corpos de Prova (CPs)	78
4.1.3 Ensaio Convencionais	81
4.1.4 Equipamentos Utilizados	82
4.2 Ensaio Especiais	85
4.2.1 Infiltração não Saturada	85
4.2.2 Permeabilidade ou Infiltração Saturada.....	86
4.3 Equalização da Umidade.....	87
4.4 Ensaio de Colmatação	88
5 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	89
5.1 Caracterização e Compactação dos Solos.....	89
5.2 Infiltração não Saturada	91
5.2.1 Infiltração não Saturada Por Água	92
5.2.1.1 Amostras Talhadas.....	92
5.2.1.2 Amostras Compactadas	93

5.2.2 Infiltração não Saturada Por Efluente Tratado	94
5.2.2.1 Amostras Talhadas.....	94
5.2.2.2 Amostras Compactadas	95
5.3 Permeabilidade ou Infiltração Saturada	97
5.3.1 Permeabilidade à Água	97
5.3.1.1 Amostras Talhadas.....	97
5.3.1.2 Amostras Compactadas	97
5.3.2 Permeabilidade ao Efluente	98
5.3.2.1 Amostras Talhadas.....	98
5.3.2.2 Amostras Compactadas	98
5.4 Equalização da Umidade.....	98
5.4.1 Amostras Talhadas	100
5.4.2 Amostras Compactadas	103
5.5 Ensaio de Colmatação	106
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS	108
6.1 Caracterização e Compactação do Solo	108
6.2 Características de Infiltração	111
6.2.1 Influência do Fluido Percolante – Água ou Efluente.....	113
6.2.2. Influência da compactação.....	116

6.3 Equalização da Umidade e Capacidade de Campo	117
6.4. Variação da Constante “ ψ ”	118
6.5 Ensaio de Colmatação	126
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	128
7.1 CONCLUSÕES	128
7.2 RECOMENDAÇÕES	130
8 REFERÊNCIAS.....	131
ANEXO A	138