

Análise da velocidade de infiltração de água no solo por meio de anéis concêntricos na zona leste da cidade de Teresina - PI**Analysis of the speed of water infiltration in the soil by means of concentric rings in the east of the city of Teresina - PI**

DOI:10.34117/bjdv6n3-406

Recebimento dos originais: 06/03/2020

Aceitação para publicação: 25/03/2020

Laecio Guedes do Nascimento

Graduando em Engenharia Civil
Centro universitário Santo Agostinho
E-mail: laecioguedes25@hotmail.com

Maria Eduarda de Sousa Santos

Graduanda em Engenharia Civil
Centro universitário Santo Agostinho
E-mail: sousadudame@gmail.com

Sávio Torres Melo

Engenheiro Civil - M.E – Estrutura e construção Civil
Universidade de Brasília (UNB)
E-mail: savio.melo@hotmail.com

Rômulo de Jesus Cardoso Buzar

Graduando em Engenharia Civil
Centro universitário Santo Agostinho
E-mail: romulo.buzar@hotmail.com

Marcos Rodrigues Resende

Mestre em Engenharia dos Materiais
IFPI
E-mail: marcos_resende@hotmail.com

Maiko Marcelo de Arêa Leão Ayres de Sousa

Graduando em Engenharia Civil
Centro universitário Santo Agostinho
E-mail: maikoleao@gmail.com

Rebeka Manuela Lobo Sousa

Engenheira Civil e Mestranda em Ciência e Engenharia dos Materiais
IFPI
E-mail: rebekamanuela28@gmail.com

Kelle da Rocha AlvesGraduanda em Engenharia Civil
Centro universitário Santo Agostinho
E-mail: kellinoha2012alves@gmail.com**RESUMO**

A capacidade de infiltração da água no solo é um processo dinâmico e representa, sob determinadas condições, a intensidade máxima de absorção de água pelo solo. Esse processo é relevante, já que é um fator importante para a caracterização do solo e afeta proporcionalmente o escoamento superficial, pois existe uma relação direta entre erosão e infiltração de água no solo. Esse trabalho teve como objetivo determinar a velocidade de infiltração básica (VIB) do solo em uma área onde será construído um empreendimento de grande porte, e, como isso, definir o tipo de camada protetora do solo a ser utilizada nas áreas comuns. A metodologia utilizada foi baseada no método de infiltrômetro de anéis concêntricos, constituído por um anel de 25 cm e outro de 50 cm de diâmetro, possuindo altura de 25 cm, e o procedimento foi realizado em cinco pontos que abrangem a área estudada, localizada em Teresina-PI. Os resultados encontrados mostram que dos cinco pontos analisados, quatro apresentaram VIB muito alta ($> 30 \text{ mm.h}^{-1}$) e apenas um ponto apresentou VIB muito baixa ($< 5 \text{ mm.h}^{-1}$), e nesse ponto faz-se necessário que seja mantido um revestimento que reduza o escoamento superficial devido a VIB muito baixa, evitando assim, eventuais de áreas inundadas ou perda de estabilidade do solo, que podem comprometer todo o sistema construtivo.

Palavras-Chave: Velocidade de infiltração, Infiltração, Infiltrômetro, Drenagem**ABSTRACT**

The infiltration capacity of water in the soil is a dynamic process and represents, under certain conditions, the maximum intensity of water absorption by the soil. This process is relevant, since it is an important factor for the characterization of the soil and proportionally affects runoff, as there is a direct relationship between erosion and water infiltration in the soil. This work aimed to determine the basic infiltration speed (VIB) of the soil in an area where a large enterprise will be built, and, as a result, to define the type of protective soil layer to be used in common areas. The methodology used was based on the concentric ring infiltrometer method, consisting of a 25 cm ring and a 50 cm diameter ring, having a height of 25 cm, and the procedure was carried out in five points covering the studied area, located in Teresina-PI. The results found show that of the five points analyzed, four had very high VIB ($> 30 \text{ mm.h}^{-1}$) and only one point had very low VIB ($< 5 \text{ mm.h}^{-1}$), and at that point it is necessary that a coating is maintained that reduces runoff due to very low VIB, thus avoiding eventual flooded areas or loss of soil stability, which can compromise the entire construction system.

Keywords: Infiltration speed, Infiltration, Infiltrometer, Drainage**1 INTRODUÇÃO**

A capacidade de infiltração da água no solo é um processo dinâmico e representa, sob determinadas condições, a intensidade máxima em que o solo pode absorver água, tornando um fator importante para a caracterização do solo, sendo parâmetro para definir técnicas de controle do solo, o controle de erosões, sistemas de irrigação e outras atividades. Segundo Roth, Meyer e

Frede (1985) a determinação da velocidade de infiltração no solo é de extrema importância, pois existe uma relação direta entre erosão e infiltração de água no solo.

De acordo com Nunes *et al.* (2012), a taxa de infiltração da água no solo é alta no início do processo de infiltração, sobretudo, quando o solo está inicialmente muito seco, mas tende a decrescer com o tempo, aproximando-se de um valor constante no qual o solo torna-se saturado, denominado velocidade de infiltração básica da água no solo – VIB. A taxa de infiltração de água no solo é influenciada pelos poros de maior tamanho sem influência da força capilar e pela rugosidade de superfície, determinantes ao balanço de água e o deflúvio superficial (CABEDA, 1984).

Vários fatores influenciam a capacidade de infiltração do solo, como a textura e a estrutura dos solos, podendo variar com a umidade, porosidade, cobertura vegetal e da existência de uma camada menos permeável ao logo do perfil do solo (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). Nunes *et al.* (2012), em seu estudo, verificou que solos que apresentam uma camada vegetal tendem a ter maior velocidade de infiltração, devido a fatores que influenciam diretamente, como os canais formados pela presença de raízes, matéria orgânica e atividades microbiológica

Solos que apresentam uma textura muito arenosa apresentam uma rápida redução da carga hidráulica, portanto, a granulometria do solo pode influenciar na velocidade de infiltração básica, aumentando a VIB, já que possui baixa capacidade de retenção de água (GONÇALVES *et al.*, 2015).

Apesar de ainda não existir um consenso sobre qual a melhor técnica para determinar a VIB, dentre os métodos mais utilizados para a determinação da infiltração, podem-se citar os simuladores de chuva, método de entrada e saída de água no sulco e anéis infiltrômetros (FAGUNDES *et al.*, 2012).

Segundo Vieira (1977) o infiltrômetro de anéis concêntricos é o mais usado, por ser simples e de fácil execução, porém tem suas limitações quando à finalidade do estudo da infiltração no solo, não sendo o indicado, por exemplo, para elaboração projetos que os dados gerados ocorram por meio de precipitações.

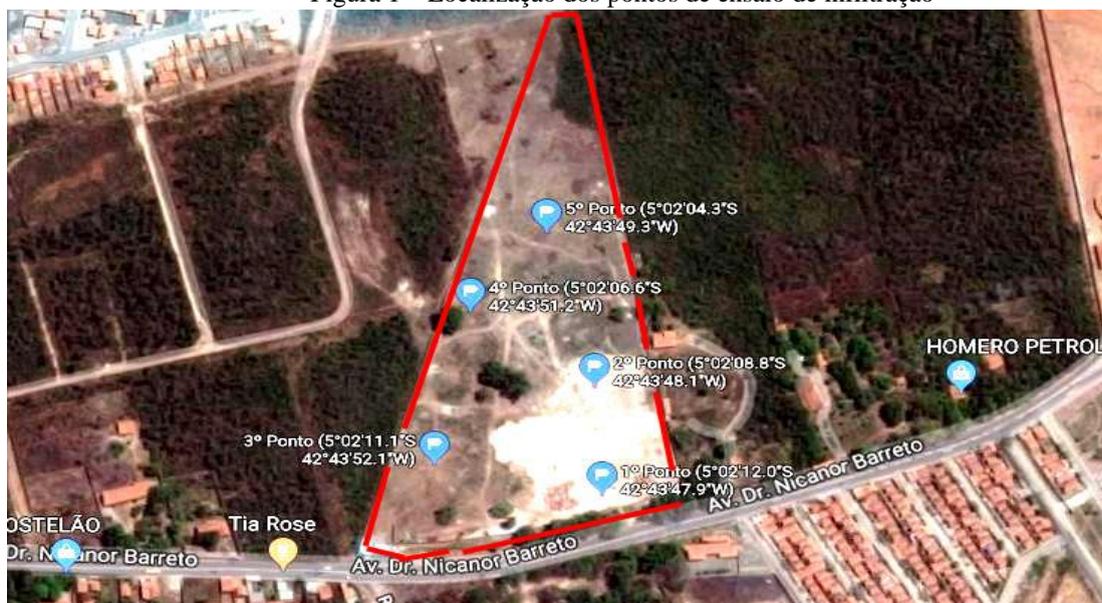
O crescente número de aglomerados urbanos faz com que as construções alteram o funcionamento normal do ciclo hidrológico da região, como a redução da infiltração do solo, aumento do escoamento superficial, aumento das vazões máximas, ocasionando o aumento de áreas inundadas, perda de estabilidade do solo, comprometendo todo o sistema construtivo (MANCUSO *et al.*, 2014).

Este estudo teve como objetivo determinar a velocidade de infiltração básica (VIB) de uma área em que existe previsão para a construção de um empreendimento de grande porte, composto por vinte e seis torres residenciais, situado em Teresina-PI, para que seja verificada a velocidade de infiltração básica do solo e, a partir dos resultados, definir o tipo de camada protetora do solo a ser utilizada nas áreas comuns, com finalidade de permitir a infiltração das águas pluviais, evitando perda da instabilidade do solo e outros fatores decorrentes da alteração do solo natural.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se na Avenida Dr. Nicanor Barreto, nº 4173-4383, Bairro Vale Quem Tem Teresina - PI conforme apresentado na Figura 1, mostrando a delimitação a área e as coordenadas geográficas dos pontos em que foi realizado estudo. O ensaio da VIB foi realizado em 5 pontos que abrangem a extensão do terreno.

Figura 1 – Localização dos pontos de ensaio de infiltração



Fonte: GOOGLE, 2020

O infiltrômetro de anéis concêntricos pode ser utilizado para a determinação das taxas de infiltração do solo, por ser um método simples e de fácil execução (VIEIRA, 1977; COSTA *et al.*, 1999).

Para a realização deste ensaio foram utilizados os seguintes materiais:

- 1 Infiltrômetro (D=50cm; h= 30cm)
- 1 Infiltrômetro (D=25cm; h= 30cm)
- 1 Marreta de 5kg

- 1 Marreta de 10kg
- 2 Frechais de madeira de 7x7cm
- 2 Tambores de 20 litros com água
- 1 Cronômetro

Foram realizados cinco experimentos de campo distribuídos de modo a se obter uma maior precisão para o comportamento do solo na área estudada. Antes do início dos ensaios houve a necessidade de limpeza superficial do solo para que fossem cravados os anéis. Após a limpeza foram cravados os anéis com auxílio de frechais de madeira para uniformizar o fincamento ao aplicar as marretadas nos anéis infiltrômetros conforme mostrado nas Figuras 2 e 3. Os infiltrômetros externo e interno têm respectivamente diâmetros de 50 cm e 25 cm ambos com altura de 30 cm e eles foram cravados 15 cm no solo ficando os outros 15 cm fora para a realização da leitura (Figura 4).

Figura 2 - Cravação do anel externo



Fonte: Autor, 2020

Figura 3 - Cravação do anel interno



Fonte: Autor, 2020

Figura 4 - Cravação de 15 cm dos anéis



Fonte: Autor, 2020

O anel externo tem função de evitar que a água do anel interno percole horizontalmente mantendo a mesma carga hidráulica, com isso evitando erros na leitura e a medição do anel interno se dá de maneira uniformizada. No anel interno existe uma régua graduada em milímetros para que seja realizada a leitura assim que inicie a infiltração. A partir da cravação colocou-se água nos anéis infiltrômetros, inicialmente no externo e depois no interno, sendo que as leituras foram realizadas somente no anel interno.

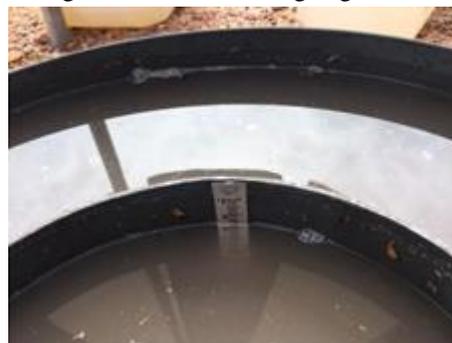
Feito isso se iniciou a contagem de tempo com uso de um cronômetro para verificação da VIB no solo com reposição de água dos dois anéis mantendo a mesma carga hidráulica quando os níveis variavam entre 30 a 60 mm de água infiltrada (Figuras 5 e 6).

Figura 5 – Início da leitura da infiltração



Fonte: Autor, 2020

Figura 6 – Leitura da régua graduada



Fonte: Autor, 2020

As leituras do anel interno foram realizadas em instantes de tempo variados, inicialmente foram executadas 5 leituras de no intervalo de 1 minuto, 5 leituras de 5 minutos e as demais leituras de 10 minutos até que se estabilizasse a VIB do solo. Para estes experimentos foram realizados ensaio de no máximo 120 minutos e foram considerados como infiltração constante quando a leitura se repetiu pelo menos 3 vezes.

Usou-se uma planilha impressa padronizada (Figura 7) para anotação dos dados dos 5 locais de ensaio de infiltração e leituras, e após levantamento das leituras foram lançadas em planilha eletrônica para gerar gráficos de curvas de capacidade de infiltração por tempo acumulado demonstrando graficamente que ao decorrer do tempo a infiltração estabiliza sua VIB.

Figura 7 - Planilha utilizada

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DO SOLO									
CIDADE:		EMPREENDIMENTO:			BAIRRO:			PONTO Nº	
UTILIZAÇÃO:		OPERADOR:	DATA:	CALCULISTA:		CONST.	FISCALIZAÇÃO:		
Ordem de Leitura	Hora da Leitura	Tempo (min)		Infiltração				Capacidade de Infiltração do solo	
		Intervalo (min)	Acumulado (min)	Leitura (cm)	Reposição (cm)	Diferença (cm)	Acumulada (cm)	Média (cm/h)	Aproximada (cm/h)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Fonte: Autor, 2020

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

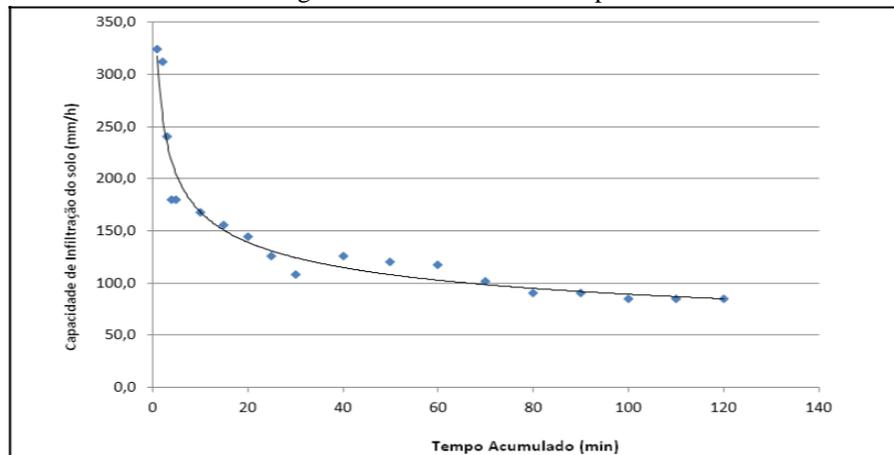
Com a estabilização da infiltração do solo em cada ponto, foram gerados gráficos que demonstram que ao longo do tempo a velocidade de infiltração vai diminuindo até chegar ao valor da velocidade de infiltração básica, que são as 3 últimas leituras realizadas *in loco*.

De acordo com Bernardo *et al.* (2006) o solo pode ser classificado de acordo com a sua velocidade de infiltração básica em: $> 30 \text{ mm.h}^{-1}$ (VIB muito alta), de $15\text{-}30 \text{ mm.h}^{-1}$ (VIB alta), $5\text{-}15 \text{ mm.h}^{-1}$ (VIB média) e $< 5 \text{ mm.h}^{-1}$ (VIB baixa).

No início da realização do ensaio do Ponto 1, a velocidade de infiltração correspondia à $324,00 \text{ mm.h}^{-1}$, diminuindo gradativamente com o decorrer do tempo, de forma que após 120 minutos foi possível encontrar um valor constante de $84,60 \text{ mm.h}^{-1}$, sendo este o valor da VIB (Figura 8). A VIB no solo deste ponto é considerada muito alta, pois atingiu um valor maior que 30 mm.h^{-1} , com isso, nesse local pode ser planejado a execução de revestimento com piso

intertravado, por exemplo, pois esse tipo de revestimento permite que superfície tenha capacidade infiltração, como o solo possui velocidade de infiltração muito alta isso irá reduzir o escoamento superficial e os eventuais danos que possam causar ao empreendimento.

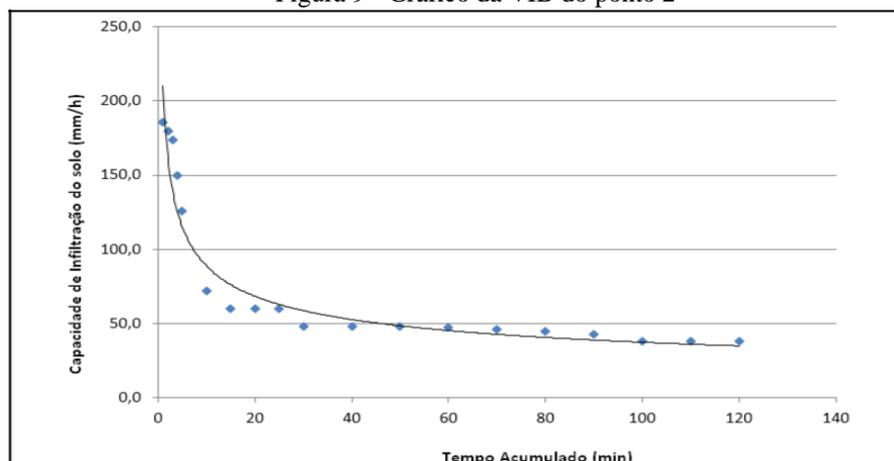
Figura 8 - Gráfico da VIB do ponto 1



Fonte: Autor, 2020

No Ponto 2 a velocidade de infiltração correspondia no início à $186,00 \text{ mm.h}^{-1}$, diminuindo gradativamente com o decorrer do tempo, de forma que após 120 minutos foi possível encontrar um valor constante de $37,80 \text{ mm.h}^{-1}$, sendo encontrado o valor da VIB (Figura 9). Esse ponto, assim como o anterior, é considerado como VIB do solo muito alta, porém a capacidade de infiltração deste ponto é menor que a metade do ponto 1.

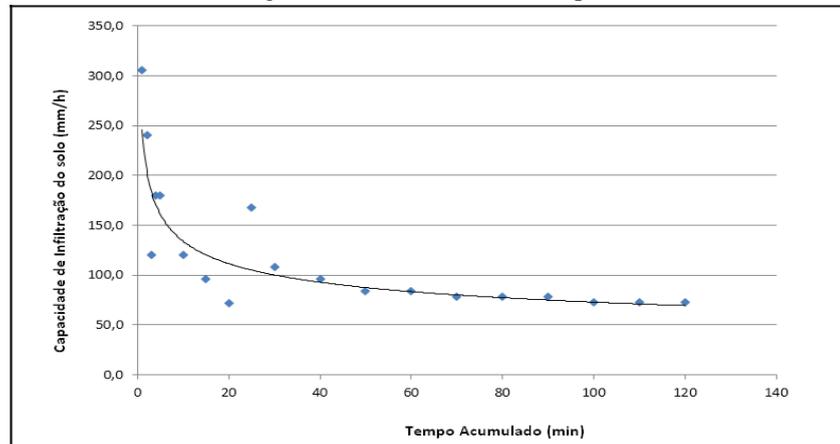
Figura 9 - Gráfico da VIB do ponto 2



Fonte: Autor, 2020

No Ponto 3 a velocidade de infiltração correspondia no início à $306,00 \text{ mm.h}^{-1}$, diminuindo sua velocidade de infiltração com o decorrer do tempo, e após 120 minutos foi encontrado um valor constante de $73,20 \text{ mm.h}^{-1}$, sendo encontrado o valor da VIB (Figura 10). Esse ponto também é considerado como VIB do solo muito alta.

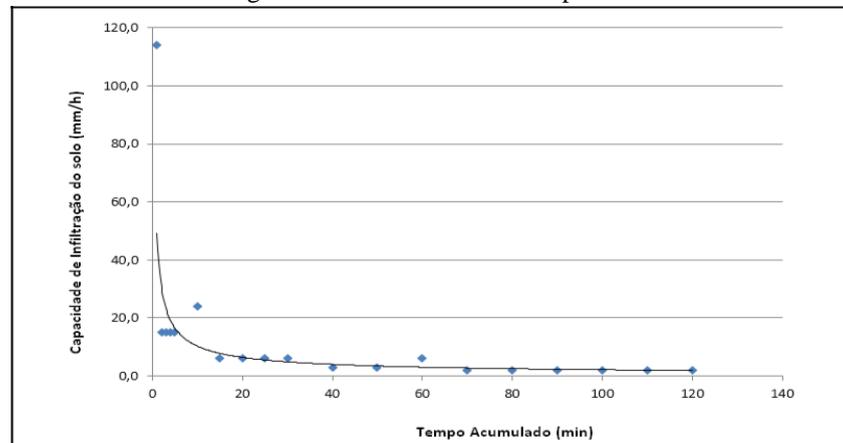
Figura 10 - Gráfico da VIB do ponto 3



Fonte: Autor, 2020

Observou-se que no Ponto 4 a velocidade de infiltração não foi favorável, ela correspondia no início à $114,00 \text{ mm.h}^{-1}$, diminuindo sua velocidade de infiltração com o decorrer do tempo, e após 120 minutos foi encontrado um valor constante de $2,10 \text{ mm.h}^{-1}$, sendo encontrado o valor da VIB (Figura 11). A VIB no solo deste ponto é considerada muito baixa, pois atingiu um valor menor que 5 mm.h^{-1} . Nesse caso, deve-se evitar a execução de revestimento que não tenham a capacidade de infiltração de água pluvial ou que possuam uma pequena capacidade de infiltração, nesse caso, deve ser mantido na superfície do solo um revestimento vegetal, a fim de reduzir a velocidade de escoamento superficial e eventuais danos naquela área, além de serem estudados possíveis meios de destinação de percolação de águas pluviais para drenagens ou sua reutilização.

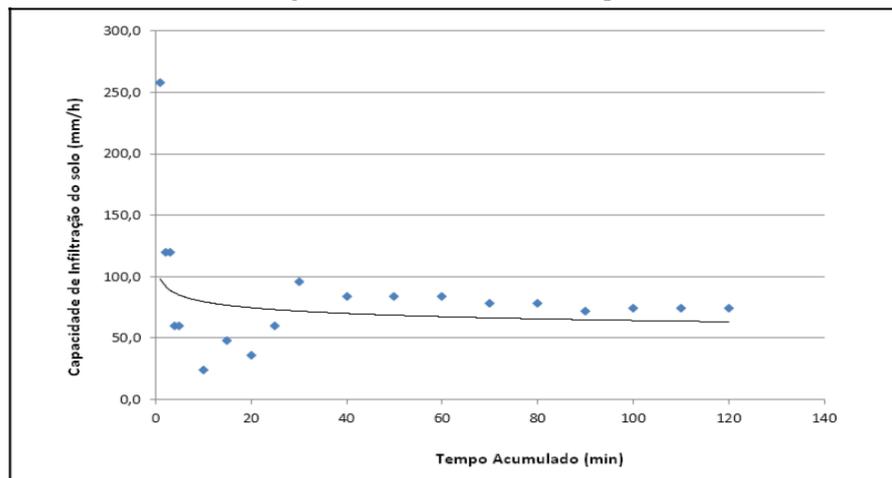
Figura 11 – Gráfico da VIB do ponto 4



Fonte: Autor, 2020

Para o último (Ponto 5) a velocidade de infiltração foi favorável, ela correspondia no início à $258,00 \text{ mm.h}^{-1}$, diminuindo sua velocidade de infiltração com o decorrer do tempo, e após 120 minutos foi encontrado um valor constante de $74,40 \text{ mm.h}^{-1}$, sendo encontrado o valor da VIB (Figura 12). A VIB no solo deste ponto é considerada muito alta, pois atingiu um valor maior que 30 mm.h^{-1} . Assim como os Pontos 1, 2 e 3 podem ser planejados a execução de revestimento que tenham função de infiltração de água pluvial.

Figura 12 – Gráfico da VIB do ponto 5



Fonte: Autor, 2018

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo da velocidade de infiltração básica do solo, será possível auxiliar a empresa responsável pelo empreendimento na definição dos revestimentos que serão adotados nas áreas comuns.

Para trabalhos posteriores, podem ser analisadas as amostras do solo onde foram realizados os procedimentos, com finalidade de examinar as características do maciço e verificar se tais características influenciam a velocidade de infiltração básica do solo.

REFERÊNCIAS

BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.

CABEDA, M. S. V. Degradação física e erosão do solo. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DO SOLO E PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL, 1., 1984, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo PIUCS e UPF - Faculdade de Agronomia, 1984. p. 28-33.

COSTA, E. L.; SILVA, A.M.; COLOMBO, A.; ABREU, A.R. Infiltração de água em solo, determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n.2, 1999.

FAGUNDES, E. A. A.; KOETZ, M.; RUDEL, N.; SANTOS, T. S.; PORTO, R. Determinação da infiltração e velocidade de infiltração de água pelo método de infiltrômetro de anel em solo de cerrado no município de Rondonópolis-MT. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 369-378, 2012.

GONÇALVES, A. A.; SOUSA, E. F.; LIMA, I. S.; SALAZAR, R. C.; GOMES FILHO, R. R. Determinação da velocidade da infiltração básica da água no neossolo por meio de anéis concêntricos na área experimental a UFS. XXV CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. **Anais...UFS**, São Cristovão/SE, 2015.

MANCUSO, M. A.; FLORES, B. A.; ROSA, G. M.; SCHROEDER, J. K.; PRETTO, P. R. P. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **REMOA**, v.14, n.1, p. 2890-2998, 2014.

NUNES, J. A. S.; SILVEIRA, M. H. D.; SILVA, T. J. A.; NUNES, P. C. M.; CARVALHO, K. S. Velocidade de infiltração pelo método do infiltrômetro de anéis concêntricos em latossolo vermelho de cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15, p.1685-1692, 2012.

ROTH, C. H.; MEYER, B.; FREDE, H. G. A portable rainfall simulator for studying factors affecting runoff, infiltration and soil loss.