

DETERMINAÇÃO DOS IMPACTOS DAS CULTURAS DE CANA-DE-AÇÚCAR E ABACAXI NA TAXA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME – PB

Érika Gonçalves Sales^{1}; Amanda da Silva Farias²; Victor Hugo Rabelo Coelho³; & Cristiano das Neves Almeida⁴*

Resumo – Este trabalho teve como objetivo a determinação dos impactos das culturas da cana-de-açúcar e do abacaxi no processo de infiltração de água no solo da bacia hidrográfica do rio Gramame. Para tanto, foi utilizado a metodologia Beerkan para a determinação das propriedades hidrodinâmica dos solos, onde foi realizado um comparativo com as áreas remanescentes de Mata Atlântica. Esse método se baseia em experimentos de campo, utilizando propriedades estáticas e dinâmicas do solo, como a curva granulométrica e a curva de infiltração da água no solo, cujo são realizados ensaios simplificados de infiltração para determinar os parâmetros hidrodinâmicos. Os resultados obtidos nas áreas de cultivo foram comparados com os resultados das áreas de mata atlântica. Observou-se que na mata o volume de água percola com mais facilidade, ou seja, possui uma maior condutividade hidráulica. Concluiu-se que uma região com cobertura vegetal densa pode promover uma maior capacidade de infiltração devido ao sistema radicular que propicia a formação de túneis diminuindo a umidade do solo através da transpiração; prevenindo assim, a compactação do mesmo.

Palavras-Chave – Gramame, Beerkan, Infiltração.

DETERMINATION OF IMPACTS OF CULTURES OF CANE SUGAR AND PINEAPPLE ON INFILTRATION RATE OF WATER BASIN RIVER GRAMAME - PB

Abstract – This study aimed to determine the impacts of cultures of sugar cane and pineapple in the process of water infiltration into the soil of the river basin Gramame. Therefore, we used the methodology for determining the Beerkan hydrodynamic properties of soils, where we performed a comparison with the remaining areas of Atlantic Forest. This method is based on field experiments, using static and dynamic properties of the soil, as the grading curve and the curve of water infiltration into the soil, which are simplified infiltration tests conducted to determine the hydrodynamic parameters. The results obtained in the cultivation areas were compared with the results of areas of rainforest. It was observed that in the bush the volume of water percolates more easily, in other words, has a high hydraulic conductivity. Concluded that a region with dense vegetation may promote greater infiltration capacity due to the root which facilitates the formation of tunnels decreasing soil moisture through perspiration, thus preventing the compaction.

Keywords – Gramame, Beerkan, Infiltration.

1. INTRODUÇÃO

¹ * Mestranda em Engenharia Urbana e Ambiental da UFPB; erikagsales@bol.com.br

² Estudante do curso de Engenharia Ambiental da UFPB; amandafarias.07@gmail.com

³ Estudante de doutorado em Engenharia Civil da UFPE; victor-coelho@hotmail.com

⁴ Professor de Engenharia Civil e Ambiental da UFPB; almeida74br@yahoo.com.br

O conhecimento das propriedades hidráulicas do solo, tais como as curvas de retenção da água no solo $\theta(h)$ e da condutividade hidráulica $K(\theta)$, é indispensável para a modelagem do transporte de água e de poluentes em sistemas agrícolas. Várias técnicas experimentais têm sido propostas para determinar essas características do solo diretamente no campo, porém a complexidade, os custos elevados e o tempo de execução dessas medidas, são fatores que limitam bastante a obtenção dessas informações em grande escala. A metodologia conhecida como “Beerkan”, busca minimizar esses fatores utilizando-se dados experimentais de infiltração, da distribuição granulométrica e da massa específica do solo, para então se estimar os parâmetros das curvas de $\theta(h)$ e $K(\theta)$ (Souza *et al.* 2007).

Em sua pesquisa Lassabatère *et al.* (2006) mencionaram detalhadamente a utilização da metodologia Beerkan para compreender e caracterizar a transferência de contaminantes transportados pela água na zona vadosa de três diferentes tipos de solo; um agrícola, um arenoso e um depósito fluvioglacial, ambos na França. Nesse trabalho, o algoritmo BEST (*Beerkan Estimation of Soil Transfer Parameters through Infiltration Experiments*) foi comparado com outros quatro métodos de ajuste, com base nas equações de infiltração para os três solos contrastantes. Eles encontraram algumas falhas nos outros métodos como os valores fornecidos de acordo com os princípios físicos da infiltração de água (valores negativos para a condutividade hidráulica, e taxa de infiltração muito alta de estado estacionário), e afirmaram que nenhuma dessas anomalias foi encontrada na modelagem de infiltração acumulada utilizando o BEST.

Tucci e Clarke (1997) discutem que a capacidade de infiltração depende do tipo e do uso do solo. Normalmente, essa capacidade em solos com floresta é alta, o que produz pequena quantidade de escoamento superficial. Para solos com superfície desprotegida que sofre a ação de compactação, a capacidade de infiltração pode diminuir dramaticamente, resultando em maior escoamento superficial. A degradação das propriedades físicas do solo é um dos principais processos responsáveis pela perda da qualidade estrutural e aumento da erosão hídrica. Algumas práticas de manejo do solo e das culturas provocam alterações nas referidas propriedades, principalmente na sua estrutura, podendo tais alterações serem permanentes ou temporárias Bertol *et al.* (2001). Ainda de acordo com Bertol *et al.* (2001) o solo submetido ao cultivo tende a perder a estrutura original, pelo fracionamento dos agregados em unidades menores, com consequente redução no volume de macroporos e aumentos no volume de microporos e na densidade do solo.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar o impacto das culturas de cana-de-açúcar e de abacaxi sobre o processo de infiltração da bacia hidrográfica do rio Gramame, no estado da Paraíba, através da utilização do método Beerkan; e fazer um comparativo com as áreas remanescentes de mata atlântica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área que compreende a bacia hidrográfica do rio Gramame, que possui aproximadamente 590 km² de área de drenagem e está localizada entre as latitudes 7°11' e 7°23' sul e as longitudes 34°48' e 35°10' oeste, na região litorânea sul, próxima à capital do Estado da Paraíba, João Pessoa, de acordo com a Figura 1.

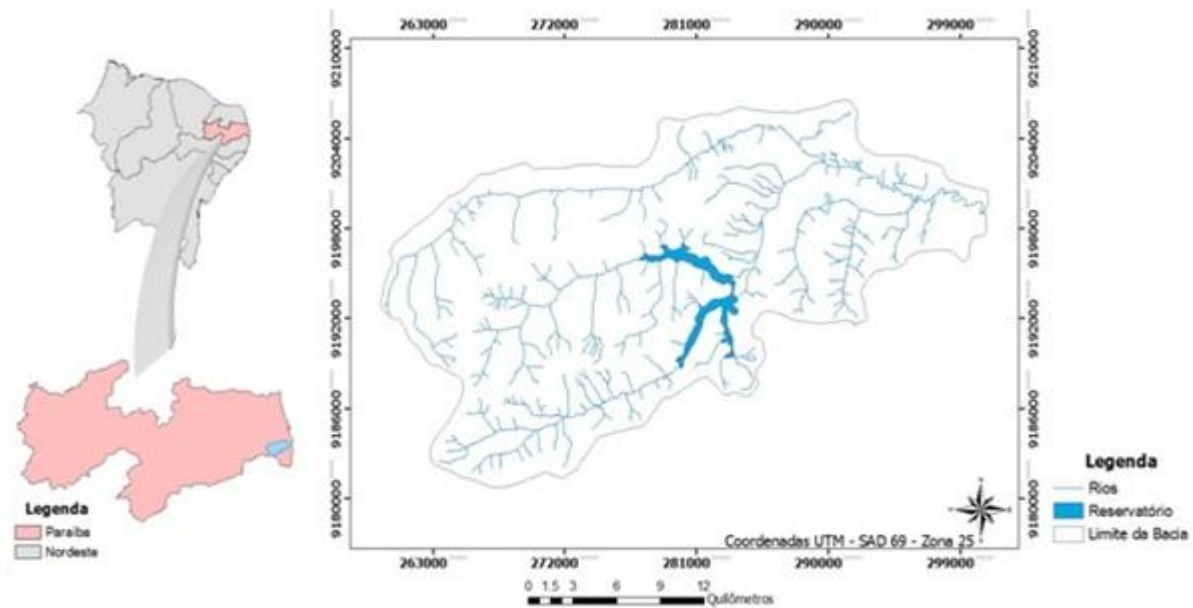


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Gramame

2.1. Determinação das Propriedades Hidrodinâmicas do Solo

As propriedades hidrodinâmicas da camada superficial da zona não saturada do solo da Bacia do rio Gramame foram obtidas em três áreas distintas (Figura 2) para realizar uma comparação entre as áreas cultivadas e a área de mata atlântica. Os dados realizados para essa comparação são relativos à condutividade hidráulica $K(\theta)$, a retenção de água no solo $\theta(h)$ e a granulometria. Para tanto, foram realizados ensaios de infiltração, coleta de amostras de solo no campo e análises de laboratório utilizando a metodologia Beerkan, desenvolvida por Haverkamp *et al.* (1999). A aplicação desse método permite determinar as curvas de condutividade hidráulica e a retenção da água no solo, através do ajuste matemático das curvas de infiltração.

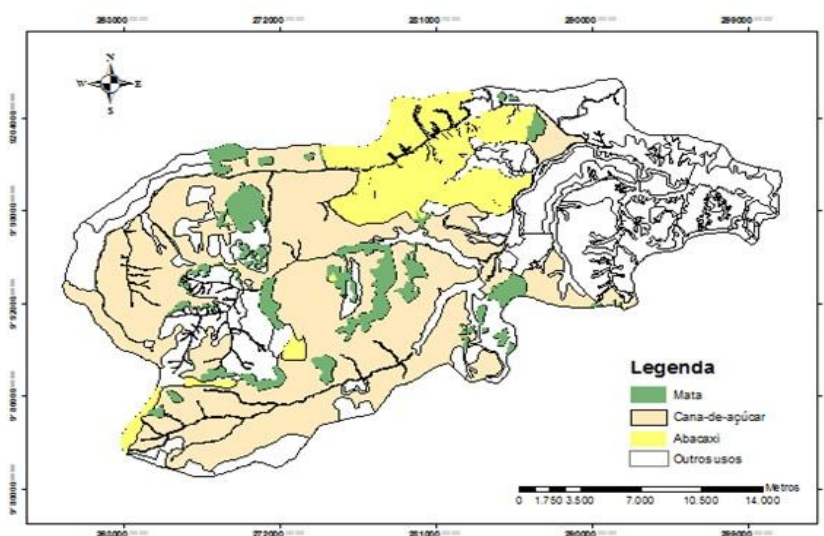


Figura 2 – Áreas selecionadas para a determinação das propriedades hidrodinâmicas do solo da bacia hidrográfica do rio Gramame.

2.2. Atividades de Campo

Foram escolhidos 18 pontos distribuídos na bacia hidrográfica, sendo que 5 pontos nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar, 4 nas áreas de cultivo de abacaxi e 9 nas áreas de mata preservada, para a realização de testes tridimensionais de infiltração. Para a realização dos testes, foi utilizado um anel de PVC com raio de 9 cm e coleta de amostras de solo. para cada ponto selecionado foram realizados 3 experimentos simultaneamente, com distância de aproximadamente 2 metros entre eles. Isso feito de forma a obter uma melhor representatividade dos resultados desse método.

Os ensaios de infiltração consistem em anotar o tempo em que volumes constantes de água (informar volume utilizado) adicionados ao anel de PVC levam para infiltrar (Figura 3). O número de repetições contínuas utilizados nesta pesquisa dependeu da estabilização da curva de infiltração. Amostras do solo foram coletadas anteriormente e logo após os testes de infiltração. Essas amostras são coletadas para a determinação da umidade gravimétrica inicial (w_0), curva de distribuição do tamanho das partículas (ABNT, 1994), determinação da massa específica aparente (ρ_d) (amostra indeformada) e umidade gravimétrica final (w_f).



Figura 3 – Teste de infiltração tridimensional para a determinação da condutividade hidráulica da bacia

2.3. O Método Beerkan

Mediante a realização dos ensaios empíricos simplificados de infiltração e da análise de distribuição do tamanho das partículas do solo, determina-se pelo método Beerkan as curvas de retenção da água no solo $\theta(h)$ e da condutividade hidráulica $K(\theta)$.

A determinação do $\theta(h)$ e $K(\theta)$ podem ser descritas por cinco parâmetros, dois de forma e três de normalização (Haverkamp *et al.* 1994; Lassabatere *et al.* 2006). Os parâmetros de forma são obtidos a partir da curva de distribuição dos tamanhos das partículas $F(D)$ e da porosidade, ou seja, são dependentes da estrutura do solo, enquanto que os parâmetros de normalização são determinados a partir de experimentos de infiltração e dependem da estrutura do solo (Braud *et al.* 2005).

Esse método se baseia em experimentos de campo, utilizando propriedades estáticas e dinâmicas do solo, como a curva granulométrica e a curva de infiltração da água no solo. O mesmo utiliza-se de modelos de Van Genuchten (1980) e Brooks e Corey (1964), para descrever a curva de

retenção $\theta(h)$ e a curva de condutividade hidráulica $K(\theta)$, descritas nas equações 1 e 2, respectivamente.

$$\left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}\right) = \left[1 + \left(\frac{h}{h_g}\right)^n\right]^{-m} \quad \text{com } m = 1 - \frac{2}{n} \quad (\text{Burdine, 1953}) \quad (1)$$

$$K(\theta) = K_s \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}\right)^\eta \quad (2)$$

Sendo θ a umidade volumétrica; θ_r e θ_s as umidades residual e saturada; h o potencial matricial; h_g o valor da escala de h ; n e m são os parâmetros de forma; K_s a condutividade hidráulica saturada do solo; e η o parâmetro de forma para a curva da condutividade hidráulica.

As Equações (1) e (2) contêm cinco parâmetros a serem determinados: dois de forma (m ou n e η) e três parâmetros de normalização (θ_s , K_s e h_g). Os parâmetros de forma e normalização estão relacionados à textura e a estrutura do solo, respectivamente, e foram obtidos através da utilização do programa BEST (*Beerkan Estimation of Soil Transfer Parameters through Infiltration Experiments*), desenvolvido por Lassabatère *et al.* (2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de forma e normalização, obtidos através do ajuste da curva teórica com a experimental, estão apresentados na Tabela 1. Esses parâmetros são dependentes da textura do solo e obtiveram valores semelhantes pelo fato do solo ser caracterizado como arenoso nas três diferentes áreas estudadas. Os parâmetros de normalização, referentes aos valores de θ_0 , θ_s , S , K_s e H_g , foram gerados pelo programa BEST. Observa-se, a partir dos dados gerados, que os valores de K_s apresentam variabilidade entre os pontos estudados, porém essa variação encontra-se na faixa de valores obtidos por Coelho (2010) e Silva (2009).

Tabela 1- Parâmetros de forma e normalização das funções de $\theta(h)$ e $K(\theta)$.

Ponto	Ensaio	n	m	η	θ^0 (cm/cm ³)	θ^s (cm/cm ³)	K_s (mm/s)	H_g (mm)	Uso do Solo
1	7	2,520	0,206	6,849	0,0645	0,340	0,218	-16,483	Abacaxi
2	12	2,322	0,139	9,219	0,0988	0,389	0,026	-179,693	Cana
3	16	2,730	0,267	5,742	0,1007	0,339	0,050	-80,889	Abacaxi
4	18	2,457	0,186	7,375	0,0137	0,412	0,024	-90,418	Mata
5	20	2,357	0,151	8,602	0,1352	0,483	0,004	-359,010	Cana
6	21	2,624	0,238	6,203	0,1034	0,373	0,008	-196,160	Cana
7	23	2,654	0,246	6,057	0,0513	0,504	0,079	-28,836	Cana
8	26	2,646	0,244	6,097	0,0066	0,417	0,126	-28,085	Abacaxi
9	27	2,557	0,218	6,592	0,0072	0,144	0,106	-48,812	Mata
10	28	2,322	0,139	9,215	0,0227	0,453	0,033	-77,391	Mata
11	6	3,160	0,367	4,724	0,2159	0,251	0,132	-17,727	Cana
12	126	2,500	0,200	6,997	0,2719	0,397	0,283	-40,672	Mata
13	135	2,958	0,324	5,087	0,0019	0,261	0,299	-36,919	Mata
14	188	2,663	0,249	6,019	0,0729	0,287	0,060	-9,708	Mata

15	196	2,620	0,237	6,224	0,0220	0,320	0,130	-59,538	Mata
16	3	2,415	0,172	7,820	0,0319	0,40	0,000	-99,896	Abacaxi
17	9	2,374	0,157	8,354	0,0335	0,46	0,133	-13,977	Mata
18	10	2,541	0,213	6,695	0,0771	0,44	0,009	-27,342	Mata

A partir da definição dos parâmetros de forma e normalização, foram elaboradas as curvas de condutividade hidráulica, com os valores de umidade em relação à condutividade $k(\theta)$, dos pontos realizados na área da cana-de-açúcar, identificados com a cor vermelha; mata atlântica, na cor verde, e abacaxi, na cor amarela respectivamente; e as curvas de retenção, com os valores de umidade em relação ao potencial matricial (h), para os pontos utilizados na bacia (Figura 4).

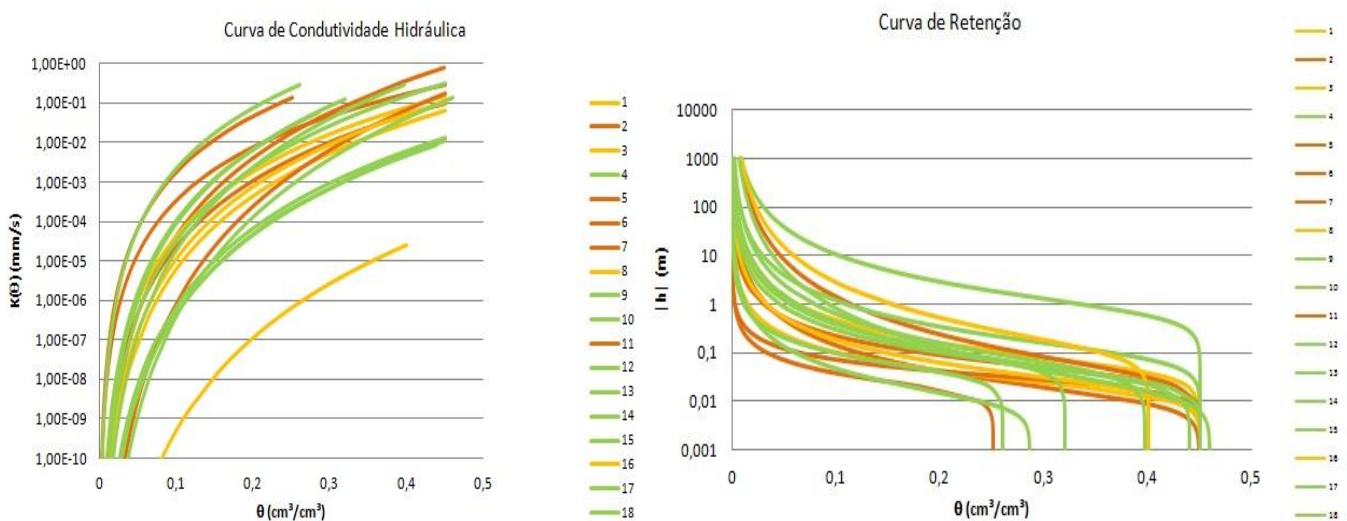


Figura 4 – Comportamento das curvas de condutividade hidráulica e retenção para os pontos utilizados na bacia de acordo com o uso do solo, onde verde representa os ensaios na mata, amarelo no abacaxi e vermelho na cana-de-açúcar

Observa-se que na mata o volume de água percola com mais facilidade, possuindo uma maior condutividade hidráulica, como observado no ponto 13 localizado na área de mata atlântica, que obteve a maior condutividade hidráulica em relação à umidade relativa. Percebe-se que nessa área o solo apresenta-se menos compactado se comparado às áreas cultivadas, devido à baixa atividade antrópica. Xu et. al. (2009) entende que essa variação nas propriedades hidráulicas do solo, onde a camada superficial apresenta uma menor condutividade hidráulica saturada pode ser parcialmente provocada pela compactação (densidade aparente elevada) ou por restos de plantas de relva. Neste sentido, uma região com cobertura vegetal densa pode promover uma maior capacidade de infiltração devido ao sistema radicular que propicia a formação de túneis diminuindo a umidade do solo através da transpiração; prevenindo assim, a compactação do mesmo.

As curvas de retenção normalmente apresentam comportamento contrário aos da de condutividade hidráulica, tendo em vista que as áreas com maior retenção de água equivalem às áreas com menor facilidade de infiltração (condutividade hidráulica). Observa-se que o ponto 13 de maior condutividade hidráulica segue esse comportamento na curva de retenção, obtendo uma menor retenção, apresentando um dos menores valores de umidade relativa em relação ao potencial matricial.

4. CONCLUSÕES

O algoritmo BEST permitiu a descrição do processo de redistribuição de água no solo no sentido vertical, para os diferentes solos analisados.

A metodologia utilizada nesta pesquisa mostrou-se satisfatória na avaliação dos impactos das culturas da cana-de-açúcar e do abacaxi no processo de infiltração do solo, pois, a partir da aplicação do método Beerkan para modelar a infiltração tridimensional no campo e permitir a caracterização hidrodinâmica dos solos da bacia em estudo, pôde-se observar que a compactação exercida sobre os solos com culturas impede ou dificulta o processo de infiltração natural do solo.

Por se tratar de uma área que compreende uma bacia hidrográfica, esta situação merece atenção especial, tendo em vista o sistema de recarga de aquíferos que tende a ser prejudicado devido à devastação ocorrida nas áreas remanescentes de mata atlântica da bacia hidrográfica do rio Gramame.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). *Solo: Análise granulométrica*. NBR 7181: método de ensaio. Rio de Janeiro.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. (2001). *Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo*. Scientia Agrícola, v.58, nº3, p.555-560.
- BRAUD, I.; DE CONDAPPA, D.; SORIA, J. M.; HAVERKAMP, R.; ÂNGULO-JARAMILLO, R.; GALLE, S.; VAUCLIN, M. (2005). *Use of scaled forms of the infiltration equation for the estimation of unsaturated soil hydraulic properties (the Beerkan method)*. European Journal of Soil Science, 56, p.361-374.
- BROOKS, R. H.; COREY, A. T. (1964). *Hydraulic properties of porous media*. Hydrology Paper, n.3, Colorado State University, Fort Collins. 24 p.
- BURDINE, N. T. (1953). *Relative permeability calculations from pore-size distribution data*. American Institute Mining and Metallurgy engineering, v.198, p.71-77.
- COELHO, V. H. R. (2010). *Aplicação do método beerkan na determinação das propriedades hidrodinâmicas de solos da bacia do rio Gramame – PB*. In: Anais do X Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Brasília, pp.1-18.
- HAVERKAMP, R.; BOURAOU, F.; ANGULO-JARAMILLO, R.; ZAMMIT, C.; DELLEUR, J.W. (1999). *Soil properties and moisture movement in the unsaturated zone*. In: CRC Groundwater Engineering Handbook. Org. por Deuller, J.W., 120p.
- HAVERKAMP, R.; ROSS, P. J.; SMETTEM, K. R. J.; PARLANGE, J. Y. (1994). *Threedimensional analysis of infiltration from the disc infiltrometer. 2. Physically based infiltration equation*. Water Resources Research, Washington, v.30, p. 2931-2935.

LASSABATÈRE, L.; ANGULO-JARAMILO, R.; SORIA UGALDE, J. M.; CUENCA, R.; BRAUD, I.; HAVERKAMP, R. (2006). *Beerkan estimation of soil transfer parameters through infiltration experiments – BEST*. Soil Science Society of America Journal, v.70, p. 521-532.

SILVA, J. F. C. B. C. (2009). *Análise espacial das características hidrodinâmicas e do uso e ocupação do solo da bacia experimental do riacho Guaráira mediante o uso de geotecnologias*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental - Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, p.85.

SOUZA, S. E; ANTONINO, A. C. D; ANGULO-JARAMILLO, R; NETTO, A. M. (2007). *Caracterização hidrodinâmica de solos: aplicação do método Beerkan*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, p. 128-135.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. (1997). *Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão*. RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.2 n.1, p. 135-152.

VAN GENUCHTEN, M. Th. (1980). *A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils*. Soil Science Society of American Journal, v. 44, p. 892-898.

XU, X.; LEWIS, C.; KIELY, G. (2009). *Estimation and analysis of soil hydraulic properties through infiltration experiments: comparison of BEST and DL fitting methods*. British Society of Soil Science, Soil Use and Management, 25, p. 354-361.