



10o SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA  
Belém - PA - Brasil

---

CÁLCULO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL E RESPOSTA HIDROLÓGICA DE UMA BACIA DE DRENAGEM

**Nilson Maia SANTOS** Lucio Alberto PEREIRA



## CÁLCULO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL E RESPOSTA HIDROLÓGICA DE UMA BACIA DE DRENAGEM

Nilson Maia SANTOS<sup>1</sup> & Lucio Alberto PEREIRA<sup>2</sup>

### RESUMO

A lâmina de escoamento superficial ( $L_{600}$ ) corresponde a um método que considera o solo, a composição vegetal e o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica. Este método permite mensurar com rapidez os recursos de água das pequenas bacias hidrográficas, com precipitações médias inferiores a 1.000 mm. Assim, este estudo consistiu na determinação dos parâmetros e no cálculo da lâmina anual escoada para um açude localizado no município de Petrolina-PE durante o período de 15 anos. Os resultados obtidos demonstram que as características físicas e geográficas do açude favorecem o escoamento da água em sua bacia de drenagem e consequente acúmulo. Os extremos encontrados em 15 anos foram: os coeficientes  $L(P)$  (Lâmina Escoada Padrão) e  $V_{ESC}$  (Volume escoado) nos anos de 2004 e 2009 na área de captação foram bem atípicos, com 786,5 mm de precipitação, gerando  $L(P)$  80,106 mm e  $V_{ESC}$ : 164.1361,940 m<sup>3</sup> de água e 808,4 mm de precipitação gerando  $L(P)$  86,113 mm e  $V_{ESC}$ : 1.764.455,271 m<sup>3</sup>, respectivamente, sendo os maiores valores de  $L(P)$ . Porém, nos anos de 2012 e 2014 tiveram as menores lâminas escoadas durante o período estudado, sendo respectivamente: 107,2 mm de precipitação gerando  $L(P)$ : 8,2015 mm e  $V_{ESC}$ : 17.419,963 m<sup>3</sup> e 216,3 mm de precipitação gerando uma  $L(P)$  de 12,189 mm e  $V_{ESC}$  de 249.743,064 m<sup>3</sup> de água. A metodologia utilizada mostrou-se eficiente para calcular o volume de água captada na bacia de drenagem e escoada para o açude. As características físicas da bacia de drenagem encontram-se favoráveis ao escoamento de água e nos 15 anos de escoamento estudados, fica evidente que o principal fator de acúmulo de água está diretamente relacionado ao clima. Apesar da cobertura vegetal apresentar-se com boa porcentagem de cobertura é importante a conservação desta, pois minimiza o impacto da chuva no solo diminuindo os processos erosivos e o carreamento de material e consequente açoreamento do açude

**PALAVRAS-CHAVE:** água de chuva, volume escoado, açude

### FLOW CALCULATION OF SURFACE AND HYDROLOGIC RESPONSE A DRAINAGE BASIN

#### ABSTRACT

The blade surface runoff ( $L_{600}$ ) is a method that considers soil, plant composition and hydrology of a watershed. This method allows to measure quickly the water resources of small watersheds with average rainfall less than 1,000 mm. This study was the determination of the parameters and calculating the annual blade offloaded to a pond located in Petrolina-PE municipality during the period of 15 years. The results show that the physical and geographical characteristics of the weir favor escamento water in its drainage basin and consequent accumulation. The extremes found in 15 years were:  $L(P)$  coefficients (drained Blade Standard) and  $V_{ESC}$  (Volume drained) in 2004 and 2009 in the catchment area were very atypical, with 786.5 mm of precipitation, generating  $L(P)$  80.106 mm and  $V_{ESC}$ : 164.1361,940 m<sup>3</sup> of water and 808.4 mm of rainfall generating  $L(P)$  86.113 mm and  $V_{ESC}$ : 1,764,455.271 m<sup>3</sup>, respectively, with the highest values of  $L(P)$ . However, in the years 2012 and 2014 had the lowest blades disposed during the period studied, respectively: 107.2 mm rainfall generating  $L(P)$ : 8.2015 mm and  $V_{ESC}$ : 17419.963 m<sup>3</sup> and 216.3 mm rainfall generating an  $L(P)$  of 12.189 mm and  $V_{ESC}$  249,743.064 m<sup>3</sup> of water. The methodology used was efficient to calculate the volume of water collected in the drainage basin and drains into the weir. The physical characteristics of the drainage basin are favorable to the flow of water and the 15-year-flow study, it is evident that the main water accumulation factor is directly related to climate. Despite the vegetation present with good percentage of coverage is important to the conservation of this because it minimizes the impact of rain on soil erosion and reducing the carrying of equipment and consequent silting of the pond.

**KEYWORDS:** rainwater, runoff volume, pond

1 Graduando em Biologia-Universidade do Vale do São Francisco (Univasf): [nmaia5@hotmail.com](mailto:nmaia5@hotmail.com)

2 Pesquisador Embrapa Semiárido: [lucio.pereira@embrapa.br](mailto:lucio.pereira@embrapa.br)

## INTRODUÇÃO

Existe uma grande problemática acerca do ciclo hidrológico na região Nordeste do país, por ter escassez de chuvas, o balanço hídrico é sempre negativo. O regime de chuvas ocorre durante um breve período (aproximadamente quatro meses), ressaltado por uma marcante irregularidade das precipitações. Paralelamente, é possível observar uma variabilidade pluviométrica interanual que é associadas aos baixos valores anuais (PEREIRA *et al.*, 2011). Alguns dos fenômenos que podem proporcionar a escassez de água em uma determinada região são: baixa pluviosidade anual do local (precipitação média anual baixa) e alta evaporação, além de fenômenos climáticos que podem promover secas periódicas durante o ano, limitando o recurso hídrico provindo da chuva.

O município de Petrolina-PE, localizado no “coração” do Semiárido brasileiro, é caracterizado por apresentar grande variabilidade climática o que tem comprometido o avanço no desenvolvimento das atividades agrícolas nas comunidades rurais que não dispõem de fontes hídricas permanentes, principalmente para o consumo humano. Atualmente, este município dispõe de aproximadamente quarenta e cinco açudes de pequeno e médio porte, que foram construídos com o objetivo de armazenar a água da chuva para atender as necessidades das famílias. Estes açudes estão apresentando sérios problemas relacionados com seu abastecimento. Isto se deve à irregularidade da ocorrência das chuvas no tempo e espaço, ao número de açudes em uma mesma microbacia superior à sua capacidade de suporte, ao assoreamento da bacia hidráulica, além do aumento da demanda de água para fins diversos. Estes fatores têm influenciado na disponibilidade de água, tanto de forma qualitativa como quantitativa, com reflexos diretos na qualidade de vida das famílias que, muitas vezes, concorrem por água com os mais variados usos (PEREIRA *et al.*, 2010). A falta de informações acerca das características dos açudes da região semiárida nordestina que, na sua maioria, são construídos sem critérios técnicos e planejamento, dificulta a implantação de medidas que favoreçam o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos desta região. A definição da  $L_{600}$  em solos de bacias hidrográficas representa um passo importante para o planejamento da captação e armazenamento de água nos áreas rurais. Desta forma, a realização de estudos sobre avaliação ambiental podem auxiliar no desenvolvimento da região, na preservação, recuperação e conservação de seu patrimônio natural, por meio de ações que considerem a dinâmica do uso e ocupação da terra na área em questão, bem como da análise das potencialidades dos recursos naturais e das restrições de uso desses recursos.

Assim, este estudo consistiu em mostrar que a determinação do cálculo da lâmina anual escoada para um açude é um método prático e viável e representa um passo importante para o planejamento do armazenamento de água no mesmo. Com base neste estudo pode-se estimar o volume de água que será armazenado diante do volume precipitado ou fazer estimativas de acúmulo de água com base em dados históricos de precipitação, caracterizar morfologicamente o açude (forma, tamanho e volume de armazenamento) e gerar o modelo tridimensional.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido na bacia de captação de água do Açude Barreiro, localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Pontal, afluente do rio São Francisco, na comunidade de Pau Ferro, zona rural de Petrolina-PE. O açude Barreiro tem sua posição determinada pelas coordenadas: 9°2'25.50" de latitude sul e 40°45'8.00" de longitude oeste de Greenwich, aproximadamente 42 km do centro de Petrolina-PE. A área total de drenagem do açude é de 20,49 km<sup>2</sup>. Para o desenvolvimento do trabalho utilizaram-se vários métodos, apresentados a seguir:

- Lâmina de escoamento superficial Padrão ( $L_{600}$ ) – medição do escoamento da área de captação do açude. Para o cálculo da lâmina escoada superficial foi utilizado o método proposto por Cadier (1984). O cálculo da  $L_{600}$  da bacia hidrográfica de drenagem foi realizado levando-se em consideração a Classe de Solo ou a Unidade de Mapeamento Pedológico e a tabela de atributos com os valores do coeficiente  $L_{600}$  dos solos da porção semiárida da Região Nordeste, confeccionada por Molle e Cadier (1992) e utilizada por Silva (2000). Com

as coordenadas do local, delimitou-se a área de drenagem do açude utilizando extração automática com base nos dados do TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), e a confecção do mapa de solos na escala 1:100.000. a partir da base de dados do Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco (ZAPE).

O cálculo da  $L_{600}$  depende de de fatores como: zonas aluviais, bancos de areia, clima, relevo, etc. No caso do fator de correção das chamadas Zonas de Retenção (CL), são levados em consideração a presença de bancos de areia que podem reter parcialmente a água do escoamento; revelos excepcionais ou densidade de drenagem, podendo modificar o curso da água O fator CL pode variar entre 0,8 e 1,2, sendo que, em casos excepcionais de retenção ele pode assumir um valor inferior a 0,8. Neste caso, é necessário um estudo específico da área de drenagem.

O cálculo do CA (Açudes a Montante) foi feito com base em estudos previamente realizados na bacia hidrográfica do Rio Pontal, onde Peixoto Filho, Pereira e Taura (2013) mapearam os açudes existentes e as respectivas áreas de drenagem. É possível observar que existe apenas o açude Barreiro nesta bacia, sendo assim o CA é nulo. Para a obtenção do coeficiente CL (zona de retenção do escoamento) é necessário um maior domínio das interações hidropedológicas para aplicar corretamente o valor de correção, com base nos dados reunidos e nas recomendações dos autores, foi utilizado o valor de 1 tendo em mente que na bacia não foi encontrada zona de retenção que tenha uma grande significância. A partir dos dados da  $L_{600}$  padrão, CV, CA e CL obteve-se o valor da  $L_{600}$  corrigida de toda a área da bacia de drenagem (em mm).

#### -Morfometria do açude

A batimetria do açude Barreiro foi realizada a partir da coleta das coordenadas geográficas, com o auxílio de um GPS e das medidas de profundidade dos respectivos pontos, ao longo de todo o açude, fazendo um deslocamento em zigue-zague, de uma margem a outra. As profundidades de cada ponto no açude foram coletadas com ecobatímetro. Os dados das coordenadas e das profundidades coletadas no açude foram passados para uma planilha do Excel, que foi posteriormente exportado para o software Surfer 8.0. O software separa os dados em colunas dos respectivos eixos (x) latitude, (y) longitude e (-z) profundidade os quais geraram um mapa de contorno em 3D.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados argissolo vermelho 11,60 km<sup>2</sup>, argissolo amarelo 8,65 km<sup>2</sup> e neossolo 0,24 km<sup>2</sup> dentro da área total da bacia (20,49 km<sup>2</sup>). Com base nos estudos de Molle e Cadier (1992) e utilizada por Silva (2000), esses três tipos de solo possuem um coeficiente de 30,733 mm, considerando para 37 mm para solo litólico (R) e a média entre os podizólicos (PV, PA) 37, 30 e 25 mm. Com base nesses dados o valor da  $L_{600}$  Padrão foi de 30,733 mm.

A correção da  $L_{600}$  Padrão foi realizada com base nos índices de cobertura vegetal (CV), açudes a montante (CA) e zonas de retenção do escoamento (CL). O índice CV foi obtido a partir do mapa da bacia gerado pelo SAVI, cujo valor foi de, aproximadamente, 78,6% (identificadas como vegetação arbustiva, transição arbustiva-arbórea e arbórea) e 21,4% de solo exposto. Com base nesse percentual foi possível correlacionar o dado de cobertura vegetal com o índice proposto por Molle e Cadier (1992), observou-se que o estado da cobertura vegetal pode ser considerado como bem conservado.

Por fim, utilizando os valores de da  $L_{600}$  Padrão, CV, CA e CL foi possível realizar a correção do cálculo da  $L_{600}$ . A etapa seguinte consistiu em calcular a lâmina escoada da bacia. Sendo que foram usados os valores:  $C = 1$ ,  $A = 0,0033$  (caso geral) e  $P =$  dados da precipitação pluviométrica anual (mm) da Estação Agrometeorológica de Bebedouro. Com os dados da  $L(P)$  foi calculado o valor do volume escoado anual médio  $V_{ESC}$  (m<sup>3</sup>). Os dados da precipitação anual, cálculo do  $L(P)$  e do  $V_{ESC}$  dos 15 anos, mostrados na tabela 1.

Com base em todas as informações estudadas da bacia de drenagem: características físico-climáticas e da vegetação local, esta mostra-se com boas características de escoamento e portanto dependente do regime pluviométrico para o volume de água a ser acumulada. Como o Índice de Vegetação indicou a

área de drenagem encontra-se conservada em sua maioria, é importante a manutenção dessa cobertura vegetal para manter as boas características de escoamento.

Quanto a morfometria do açude, este na época do estudo encontrava-se com uma área de 31,58 hectares, comprimento máximo de 3.847 metros e profundidade chegando a 8 metros em sua parte mais profunda (Figura 1). De acordo com o Modelo Digital do Terreno (no caso o assoalho do açude), este apresenta um fundo uniforme com aumento da profundidade suave em direção ao barramento em praticamente dois terços do seu tamanho. Aproximadamente no terço final e já na parede do barramento é onde surgem as maiores profundidades de modo abrupto. Essa mudança brusca é devido a obras de limpeza e aprofundamento da base como parte de aumentar a capacidade de armazenamento do volume de água no açude, obra essa executada pela Prefeitura do Município como parte da gestão hídrica dos açudes.

A Figura 2, mostra o perfil altimétrico da área da bacia de drenagem do açude estudado onde observa-se que não há grande amplitude altimétrica bem como, a presença poucos canais de drenagem.

Tabela 1: Precipitação pluviométrica anual (mm) da Estação Agrometeorológica de Bebedouro e cálculo da L(P) e do Volume escoado anual médio  $V_{ESC}$  (m<sup>3</sup>).

| Ano  | Pluviometria anual (mm) | L(P) (mm) | $V_{ESC}$ (m <sup>3</sup> ) |
|------|-------------------------|-----------|-----------------------------|
| 2014 | 216,3                   | 12,189    | 249743,064                  |
| 2013 | 347,8                   | 18,816    | 385544,588                  |
| 2012 | 107,2                   | 8,501     | 174194,963                  |
| 2011 | 335,5                   | 18,067    | 370199,186                  |
| 2010 | 549,2                   | 36,589    | 749717,755                  |
| 2009 | 808,4                   | 86,113    | 1764455,271                 |
| 2008 | 523,3                   | 33,590    | 688264,218                  |
| 2007 | 266,6                   | 14,391    | 294867,921                  |
| 2006 | 367,2                   | 20,061    | 411051,003                  |
| 2005 | 525,1                   | 33,790    | 692367,272                  |
| 2004 | 786,5                   | 80,106    | 1641361,940                 |
| 2003 | 393,3                   | 21,867    | 448048,607                  |
| 2002 | 427,7                   | 24,497    | 501946,458                  |
| 2001 | 403,4                   | 22,608    | 463243,478                  |
| 2000 | 642,2                   | 49,742    | 1019217,783                 |

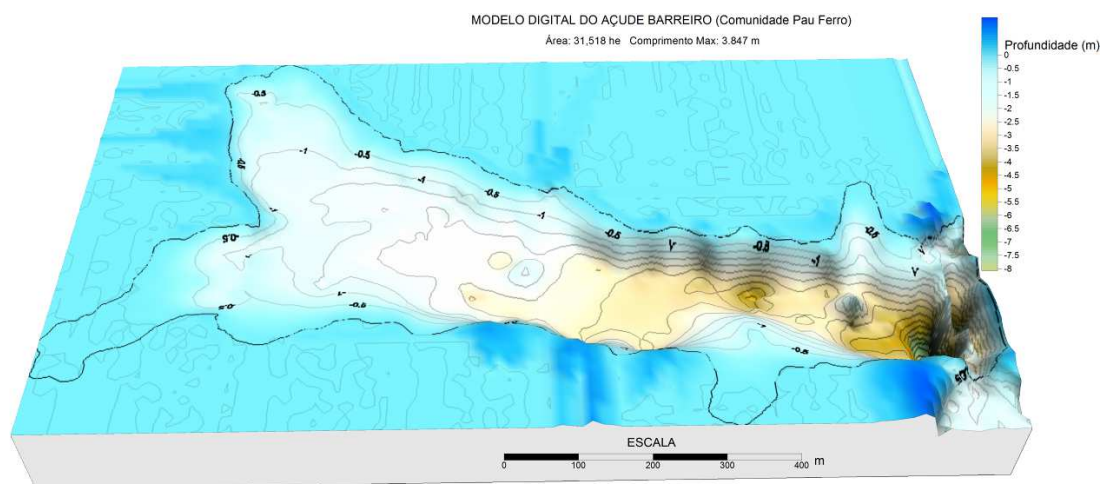


Figura 1: Modelo tridimensional do Açude Barreiro



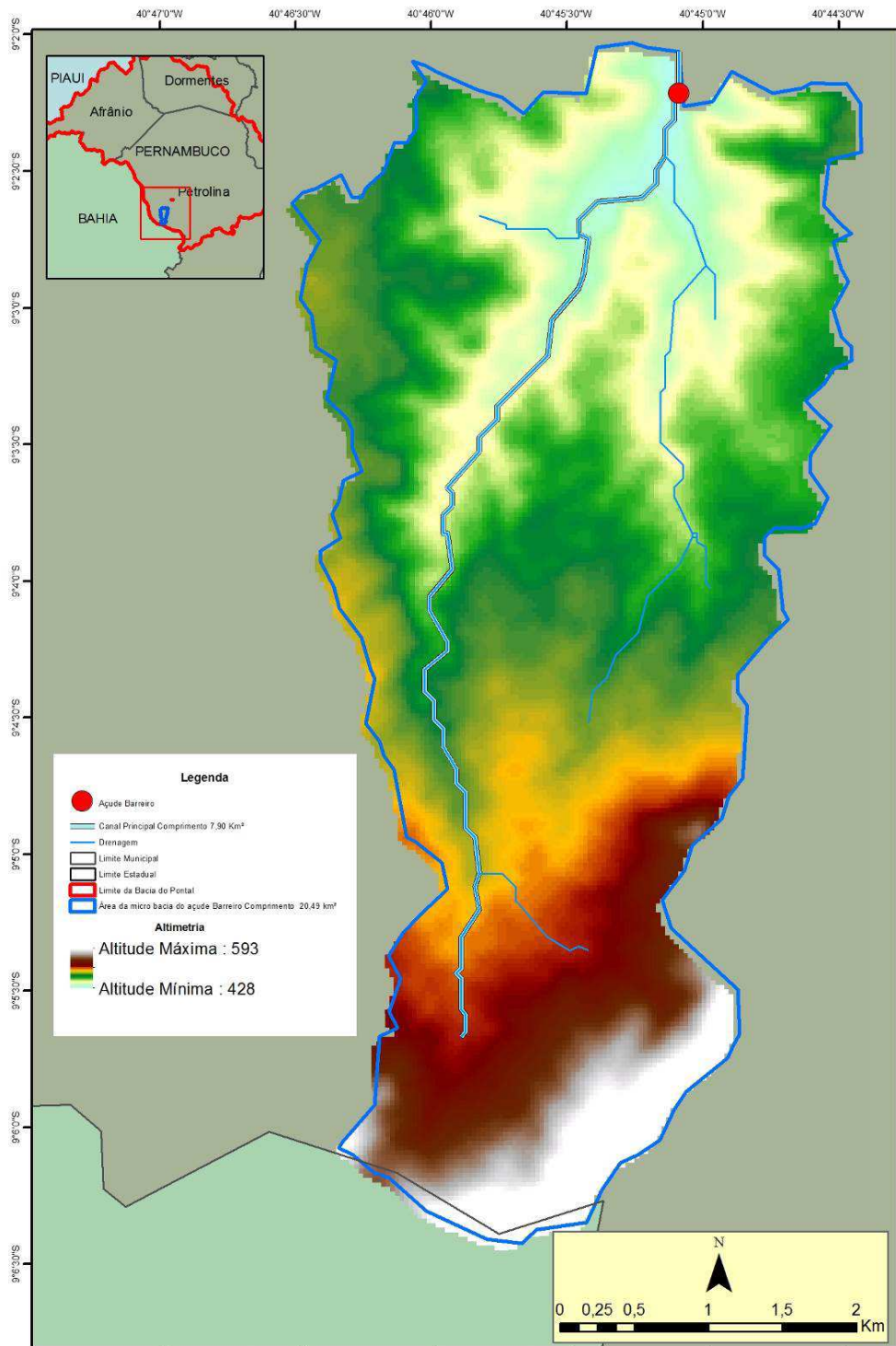


Figura 2: Mapa altimétrico e rede de drenagem da bacia de captação de água do Açude Barreiro



## CONCLUSÕES

A metodologia utilizada mostrou-se eficiente para calcular o volume de água captada na bacia de drenagem e escoada para o açude.

As características físicas da bacia de drenagem encontram-se favoráveis ao escoamento de água para o açude e de acordo com 15 anos de escoamento estudados, fica evidente que o principal fator de acúmulo de água está diretamente relacionado ao clima.

Apesar da cobertura vegetal apresentar-se com boa porcentagem de cobertura é importante a conservação desta, pois minimiza o impacto da chuva no solo diminuindo os processos erosivos e o carreamento de material e consequente açoreamento do açude.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CADIER, E. **Método de avaliação dos escoamentos nas pequenas bacias do Semi-Árido.** (SUDENE, Série Hidrologia N.21). 75 p., Recife, 1984.

MOLLE, F.; CADIER, E.. **Manual do pequeno açude.** 1. ed. Recife: SUDENE/Cooperación Française/ORSTOM, 1992. 521p.il.

PEIXOTO FILHO, J. A. ; PEREIRA, L. A. ; TAURA, T. A. . Caracterização morfométrica da área de drenagem de açudes e sua relação com input de água na bacia hidrográfica do rio pontal. In: **VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas**, 2013. VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas.

PEREIRA, L. A.; BRITO, L. T.; MELO, R. F.. Estudo integrado para avaliação da sustentabilidade hídrica em comunidades rurais In: IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola e XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2010, Vitória - ES. **Anais do IX Congresso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola e XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola.** Vitória-ES : DCM/Incaper, 2010.

PEREIRA, L. A. *et al.* Influência de variáveis climáticas na disponibilidade hídrica de açudes em Petrolina, PE. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 3., 2011, Juazeiro. **Anais eletrônicos...**, Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 1 - 6. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/51553/1/Luiza.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

SANTOS, R. B. *et al.* Avaliação da disponibilidade hídrica em bacias do semiárido paraibano através do método Cadier. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió, **Anais eletrônicos...**, Maceió: ABRH, 2011. Disponível em: <[https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/500cae013b65d6e77b53afbf4e10b4c4\\_b07207dc261ee70793d9c1285a262825.pdf](https://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/500cae013b65d6e77b53afbf4e10b4c4_b07207dc261ee70793d9c1285a262825.pdf)>. Acessado em: 06 fev. 2016.

SILVA, F. H. B. B. **Método de determinação do escoamento superficial de bacias hidrográficas a partir de levantamento pedológico.** 2000. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS-2009-09/10524/1/doc212000metodeterminacao.pdf>> Acessado em: 19 nov. 2015.