

## **EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA HIDROLOGIA DA BACIA DA LAGUNA DA JANSEN, SÃO LUIS – MA (BRASIL)**

<sup>1</sup>ENNER HERENIO DE ALCÂNTARA

<sup>2</sup>MARCIO COSTA FERNANDES VAZ DOS SANTOS

<sup>1</sup>UFMA – Universidade Federal do Maranhão – Curso de Ciências Aquáticas  
Caixa Postal: 65085-580 – São Luis – MA, Brasil  
ennerha@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UFMA – Universidade Federal do Maranhão – Departamento de Oceanografia e Limnologia  
Caixa Postal: 65085-580 – São Luis – MA, Brasil  
msantos@lternet.edu

**Abstract.** The present work shows the effects of urbanization in the Jansen Lagoon basin. In the urbanization process, alterations in the natural environments, such as deforestation, soil waterproofing, land movements (alterations in topography) and fillings of low or flooded lands occur. The alterations in topography besides modifying the natural drainage of waters, causing draining problems, are responsible for a large carrying of soil to the water courses, leading to ecological alterations and an excessive sedimentation. The soil waterproofing causes an increase of the superficial draining and a reduction in the recharge of water table. The vegetation plays an important role in relation to the water sources conservation, regulating the water flows, controlling the superficial draining and providing the natural recharge of water tables.

**Keywords:** geoprocessing, hydrographic basin, hydrology.

## 1. INTRODUÇÃO

A realização de estudos hidrológicos em bacias hidrográficas vem da necessidade de se compreender o funcionamento dos processos que controlam o movimento da água e os impactos de mudança do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da água, WHITEHEAD e ROBINSON (1993). Os estudos que abordam a fase terrestre do ciclo hidrológico são muito importantes, principalmente no tocante à separação entre as componentes de escoamento superficial, infiltração e evaporação, (onde a água interage diretamente com os elementos do solo).

As conseqüências da urbanização sobre o clima, contrariamente aos impactos hidrológicos, são de pequena escala, mas podem, em longo prazo, introduzir alterações significativas no balanço hídrico, com impactos inclusive sobre a qualidade das águas devidas, por exemplo, a alterações da qualidade das águas de chuva, diminuição de vazões mínimas, etc. A variação do microclima de áreas urbanas tem sido objeto de pesquisas nas últimas décadas. A urbanização tem também conseqüências não hidrológicas que interferem significativamente nas questões de drenagem urbana, principalmente se forem consideradas as condições brasileiras das últimas décadas, marcadas pelo crescimento acelerado e caótico das populações urbanas.

A definição dos usos e da ocupação do solo de determinada área deve considerar os aspectos naturais do meio físico que possam ter influência sobre os recursos hídricos. Os condicionantes naturais tais como: características climáticas, cobertura vegetal, topografia, tipo de solo, sistemas de drenagem e os próprios recursos hídricos, devem ser estudados em conjunto, de modo a garantir que a utilização de uma área seja feita de forma a causar o menor impacto possível, MOTA (1995).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da urbanização no ciclo hidrológico da bacia da laguna da Jansen.

## 2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

A Laguna da Jansen localiza-se na região noroeste da cidade de São Luis, distante 4,0 Km do centro histórico da cidade. É ladeada pelos bairros de São Francisco, Renascença I, Renascença II, Ponta D'areia, Ponta do Farol. Em sua proximidade, estão localizadas as praias de maior afluxo de banhistas, como o da Ponta D'areia, Ponta do Farol, Marcela e Calhau, entre as coordenadas 02°29'07''S e 44°18'02''W, TARGINO (1999), (**Figura 1**). A Laguna da Jansen não se constitui num acidente geográfico natural. Anteriormente à existência da mesma, a área era formada por um manguezal, entrecortado pelo igarapé denominado Igarapé da Jansen, e sujeitas ao fluxo e refluxo normais e permanentes das marés. A expansão urbana que se processou na região a partir da década de 70, com a construção da Ponte José Sarney que interligou o centro antigo ao bairro de São Francisco, propiciou a urbanização acelerada da orla marítima, tornando-se necessária a implantação de acessos vários adequados à região, LABOHIDRO (1998). Com o processo de urbanização, ocorrem alterações nos ambientes naturais, tais como desmatamento, a impermeabilização do solo, os movimentos de terra (alterações na topografia) e os aterramentos de terras baixas ou alagadas. Em decorrência desta expansão, em 1975 a prefeitura de São Luis construiu a Av. Maestro João Nunes, permitindo uma ligação entre o bairro do São Francisco e a Ponte da Areia, passando por sobre o igarapé através da execução de um aterro. A barragem formada pelo corpo deste, ensejou o surgimento da laguna.

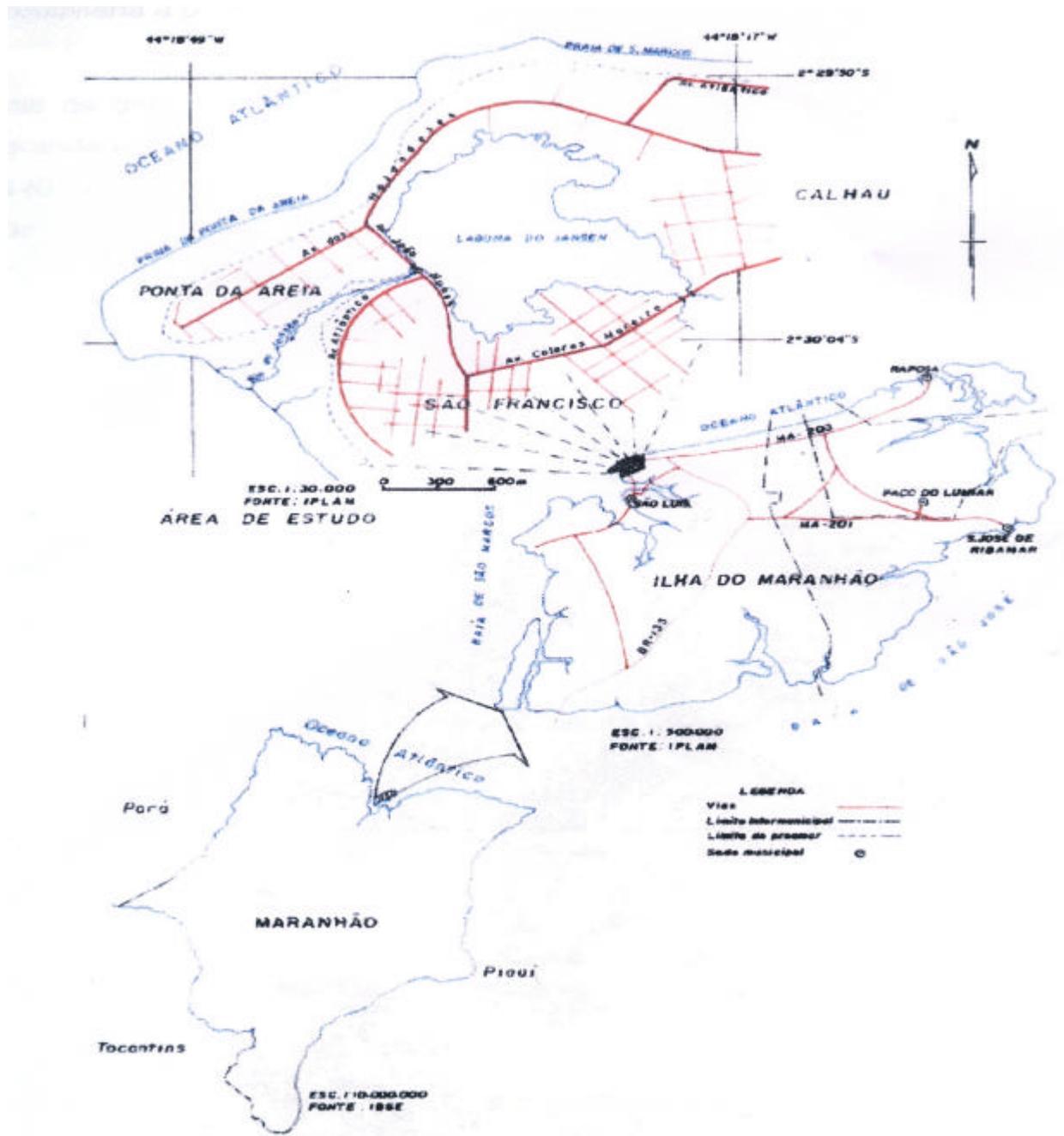
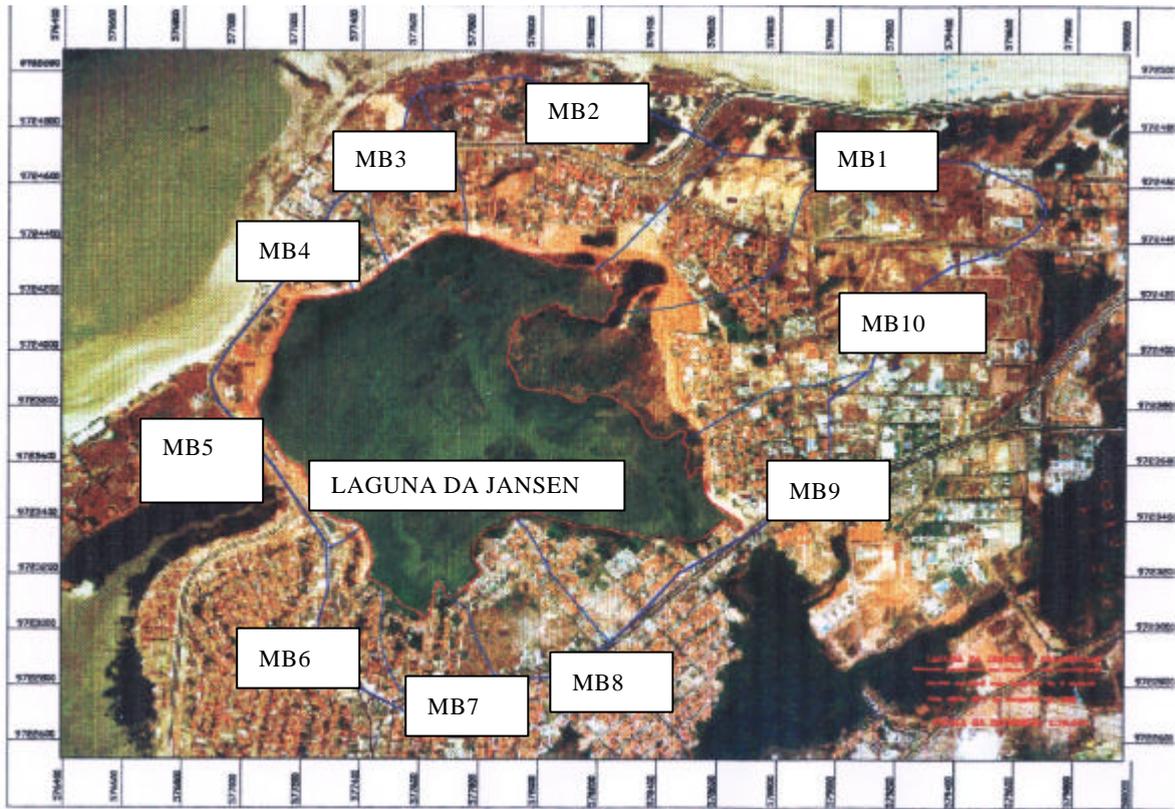


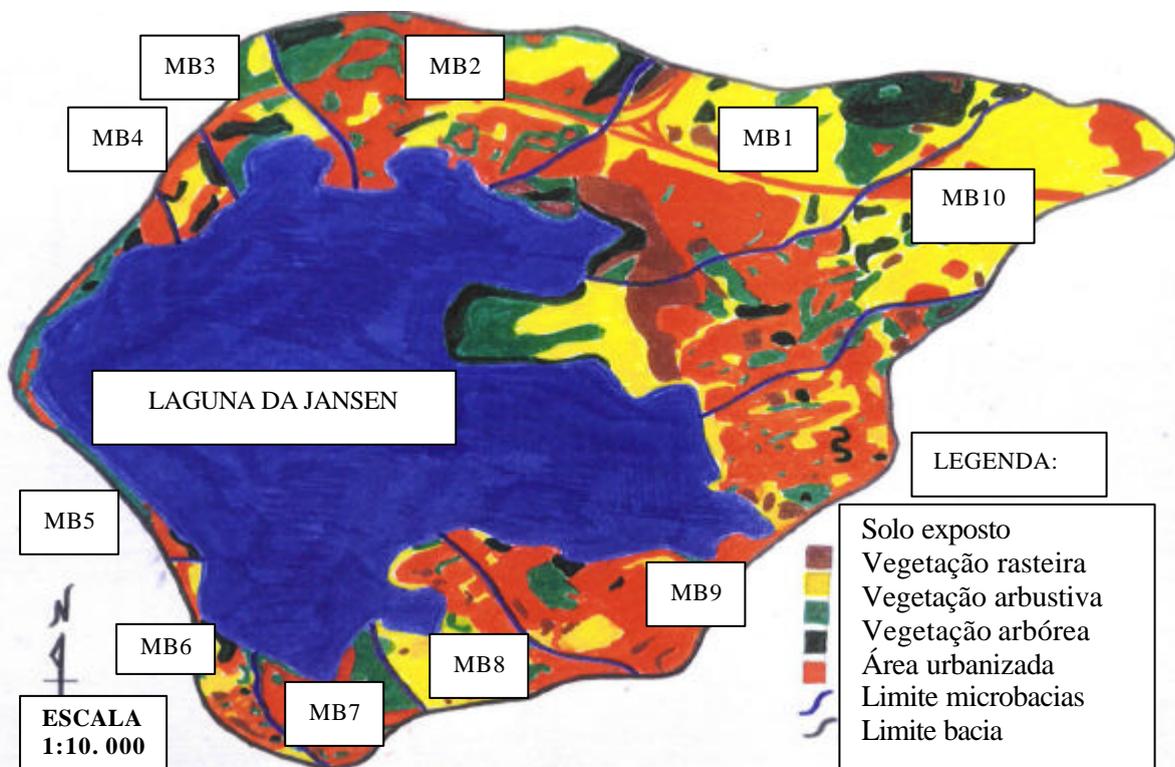
FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA LAGUNA DA JANSEN, Targino (1999)

### 3. METODOLOGIA

Para desenvolvermos o trabalho, foi utilizado um fotomosaico georeferenciado para sistema UTM, datum horizontal ugs84, com escala de 1: 10.000, e curvas de nível com intervalos de 5m (INPE, novembro de 1999). Utilizando o programa AutoCAD 2000 fizemos a delimitação da bacia da laguna da Jansen, bem como das microbacias, (Figura 2).



**FIGURA 2: BACIA E MICROBACIAS DA LAGUNA DA JANSEN**



**FIGURA 3: UNIDADES DE PAISAGEM**

A delimitação das microbacias foi feita para facilitar no microzoneamento da bacia em unidades de paisagem, bem como para a realização dos cálculos. Para a delimitação das

unidades de paisagem, foi utilizado um papel vegetal que nos possibilitou a colagem da delimitação da bacia e das microbacias, bem como facilitou na identificação das unidades de paisagem. Assim, foi demarcada às seguintes unidades: 1- vegetação rasteira (cor amarela); 2- vegetação arbustiva (cor verde claro); 3- vegetação arbórea (cor verde escuro); 4- área urbanizada (cor vermelha); 5- solo exposto (cor marrom), (**Figura 3**).

Foi calculada a área total da bacia, microbacias e unidades de paisagens através do método da rede de pontos, onde 1cm<sup>2</sup> corresponde a 1(um) ha (10.000 m<sup>2</sup>) na foto aérea.

Para a obtenção dos valores de escoamento superficial de cada unidade de paisagem das microbacias da Jansen, utilizou-se uma equação e uma tabela estabelecendo o valor de CN (Parâmetro de adequação a unidades de paisagem) numa escala de 1 a 100. Esta escala retrata as condições de cobertura e solo, variando desde uma cobertura muito impermeável (limite inferior) até uma cobertura completamente permeável (limite superior). Esse valor foi tabelado para diferentes tipos de solo e cobertura citada por Kohler e Richards (1962) apud Tucci (2001), (**Equação1**)

$$Q = \frac{(P - 0,2 \times S)^2}{P + 0,8 \times S} \quad S = \frac{25400 - 254}{CN} \quad (1)$$

Onde, Q= precipitação efetiva, ou seja, a precipitação que gera o escoamento superficial; P= a precipitação total; S= capacidade máxima da camada superior do solo; CN= Parâmetro de adequação a unidades de paisagem, de acordo com o texto.

Para se calcular o volume da bacia da Jansen, das microbacias e das unidades de paisagem foi utilizado como referencia uma média mensal de chuva em São Luis – MA que seria de 150mm (0.15m), de acordo com a equação:

$$V = A \text{ (m}^2\text{)} \times 0,15 \text{ (m)} \quad (2)$$

Onde, V= volume; A= área; e o 0,15 corresponde a quantidade de chuva em (mm), no caso 150mm.

Para o calculo da infiltração das microbacias, e das unidades de paisagem, foi utilizado uma adaptação dos autores desse trabalho, de acordo com a equação:

$$I = Pt - Q = Y \quad \%I = Y/Pt \times 100 \quad (3)$$

Onde, I= infiltração; Pt= precipitação total; Q= precipitação efetiva, ou seja, a precipitação que gera o escoamento superficial; Y= resultado do cálculo de infiltração.

#### 4. RESULTADOS E CONCLUSÃO

A bacia da laguna da jansen possui 324 ha e é subdividida em 10 microbacias. A bacia apresenta aproximadamente 60% de área urbanizada e apenas 40% de área com vegetação, (**Tabela 1**). Essa intensa urbanização provoca algumas alterações na hidrologia da bacia, tais

como: aumento do escoamento superficial, redução da taxa de infiltração, redução da recarga de aquífero, redução da evapotranspiração, possibilidade de inundação em áreas da bacia com cotas baixas, etc...

**TABELA 1 ÁREA(ha) TOTAL DAS MICROBACIAS E SUAS UNIDADES DE PAISAGEM.**

| Unidade Paisagem | Microbacia  |             |             |            |            |            |            |            |             |             |
|------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
|                  | MB1         | MB2         | MB3         | MB4        | MB5        | MB6        | MB7        | MB8        | MB9         | MB10        |
| 1                | 11.7        | 1.3         | 4.3         | 1.3        | 0          | 3.3        | 0          | 3.0        | 4.0         | 9.9         |
| 2                | 0.7         | 2.0         | 1.7         | 0          | 0.3        | 0.3        | 1.0        | 1.0        | 1.3         | 2.0         |
| 3                | 2.3         | 1.0         | 0.3         | 2.0        | 0.7        | 0.3        | 0.0        | 0          | 0.3         | 0.9         |
| 4                | 17.7        | 28.0        | 9.3         | 5.7        | 5.7        | 3.0        | 3.3        | 1.7        | 6.3         | 22.0        |
| 5                | 4.0         | 0           | 0           | 0          | 0          | 0.3        | 0          | 1.0        | 1.0         | 4.7         |
| <b>S</b>         | <b>36.4</b> | <b>32.3</b> | <b>15.6</b> | <b>9.0</b> | <b>6.7</b> | <b>7.2</b> | <b>4.3</b> | <b>6.7</b> | <b>12.9</b> | <b>39.5</b> |

Com base no zoneamento da bacia em unidades de paisagem e utilizando a média pluviométrica mensal de 150mm, foi possível constatar que nas microbacias 1,2,3,4,5,9 e 10 o maior volume está concentrado nas unidades de paisagem 4 (área urbanizada), nas microbacias 6 e 8 foi a unidade de paisagem 1 (vegetação rasteira). Já na microbacia 7 foi a unidade de paisagem 3 (vegetação arbórea), (Tabela 2).

**TABELA 2 VOLUME (m<sup>3</sup>) DAS MICROBACIAS E SUAS UNIDADES DE PAISAGEM.**

| Unidade Paisagem | Microbacia    |               |               |               |               |               |              |               |               |               |
|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|                  | MB1           | MB2           | MB3           | MB4           | MB5           | MB6           | MB7          | MB8           | MB9           | MB10          |
| 1                | 17.550        | 1.950         | 6.450         | 1.950         | 0             | 4.950         | 0            | 4.500         | 6.000         | 14.550        |
| 2                | 1.050         | 3.000         | 2.550         | 0             | 450           | 450           | 1.500        | 1.500         | 1.950         | 2.550         |
| 3                | 3.450         | 1.500         | 450           | 3.000         | 1.050         | 450           | 4.950        | 0             | 450           | 450           |
| 4                | 26.550        | 42.000        | 13.950        | 8.550         | 8.550         | 4.500         | 0            | 2.550         | 9.450         | 32.950        |
| 5                | 6.000         | 0             | 0             | 0             | 0             | 450           | 0            | 1.500         | 1.500         | 7.050         |
| <b>S</b>         | <b>54.600</b> | <b>48.450</b> | <b>23.400</b> | <b>13.500</b> | <b>10.050</b> | <b>10.800</b> | <b>6.450</b> | <b>10.050</b> | <b>19.350</b> | <b>57.600</b> |

No tocante ao escoamento superficial, foi observado que nas microbacias 1,2,3,4,5,9 e 10, a unidade de paisagem 4 (área urbanizada) foi a que mais contribuiu, enquanto que nas microbacias 6 e 8, a unidade de paisagem 1 (vegetação rasteira) foi a que mais contribuiu. Na microbacia 7, foi a unidade de paisagem 3 (vegetação arbórea), (Tabela 3).

**TABELA 3 ESCOAMENTO SUPERFICIAL (m<sup>3</sup>) MICROBACIAS E SUAS UNIDADES DE PAISAGEM.**

| Unidade Paisagem | Microbacias   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                  | MB1           | MB2             | MB3             | MB4             | MB5             | MB6             | MB7             | MB8             | MB9             | MB10            |
| 1                | 17.469,3      | 1.871,26        | 6.369,69        | 1.871,26        | 0               | 4.869,9         | 0               | 4.419,99        | 5.919,74        | 14.469,3        |
| 2                | 751,7         | 2.657,14        | 2.211,91        | 0               | 215,47          | 215,47          | 1.182,59        | 1.182,59        | 1.621,31        | 2.211,91        |
| 3                | 2.678,62      | 860,83          | 83,58           | 2.246,46        | 485,46          | 83,58           | 4.140,03        | 0               | 83,58           | 83,58           |
| 4                | 26.462,99     | 41.919,1        | 13.869,3        | 8.469,52        | 7.698,99        | 4.414,54        | 0               | 2.465,73        | 9.369,47        | 32.922,39       |
| 5                | 5.924,46      | 0               | 0               | 0               | 0               | 3.818,5         | 0               | 1.426,4         | 1.426,4         | 6.974,36        |
| <b>S</b>         | <b>53.287</b> | <b>47.308,3</b> | <b>22.534,5</b> | <b>12.587,2</b> | <b>8.399,92</b> | <b>9.965,34</b> | <b>5.322,62</b> | <b>9.494,71</b> | <b>18.420,5</b> | <b>56.661,6</b> |

Com relação à taxa de infiltração, nota-se que nas microbacias 2,3,4,5,6,9 e 10 a unidade de paisagem 3 (vegetação arbórea) apresenta a maior taxa de infiltração. Já nas microbacias 1,7 e 8, foi a unidade de paisagem 2 (vegetação arbustiva) que apresentou a maior taxa de infiltração, (Tabela 4).

**TABELA 4 TAXA DE INFILTRAÇÃO(%) MICROBACIAS E SUAS UNIDADES DE PAISAGEM.**

| Unidade Paisagem | Microbacias |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                  | MB1         | MB2   | MB3   | MB4   | MB5   | MB6   | MB7   | MB8   | MB9   | MB10  |
| 1                | 0,46        | 4,03  | 1,25  | 4,03  | 0     | 1,61  | 0     | 1,77  | 1,33  | 0,55  |
| 2                | 28,4        | 11,42 | 13,25 | 0     | 52,11 | 52,11 | 21,16 | 21,16 | 16,85 | 13,25 |
| 3                | 22,35       | 42,61 | 81,42 | 25,11 | 53,51 | 81,42 | 16,36 | 0     | 81,42 | 81,42 |
| 4                | 0,54        | 0,19  | 0,57  | 0,94  | 9,95  | 3,41  | 0     | 5,78  | 0,85  | 0,42  |
| 5                | 1,25        | 0     | 0     | 0     | 0     | 15,14 | 0     | 4,9   | 4,9   | 1,07  |

Nota-se também que as microbacias que possuem uma maior cobertura vegetal, tem uma maior infiltração, possibilitando uma maior recarga dos aquíferos, menor escoamento superficial o que reduz os riscos de inundação. Ao contrario, o desmatamento de grande área da bacia para prover o desenvolvimento (urbanização) causa a redução da evapotranspiração, maior escoamento superficial, alteração no microclima, entre outras conseqüências.

A partir desses dados, pode-se concluir que com a intensa urbanização houve uma diminuição da área vegetada e conseqüente impermeabilização de grande parte do solo da bacia, resultando no aumento do escoamento superficial, redução da recarga de aquíferos e redução da evapotranspiração. A urbanização alterou também a topografia, causando problemas de drenagem, sendo responsável por um maior carreamento de solo para a laguna, provocando alteração ecológicas e assoreamento.

## REFERÊNCIAS

\_\_\_\_\_. Diagnostico Ambiental da lagoa da Jansen (relatório parcial) LABOHIDRO – São Luis – MA, 1998.

WHITEHEAD, P.G.; ROBINSON, M. Experimental basin studies: an international and historic perspective of forest impacts. *Journal of Hydrology*, 145: 217 – 230, 1993.

MOTA, S. Preservação e conservação de recursos hídricos – 2º edição revisada e atualizada. – RJ: ABES, 1995; 200 p.

TARGINO, S.R.B. A urbanização da laguna da Jansen e sua inserção no cenário turístico de São Luis - MA (monografia), 1999; 69 p.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: Ciência e Aplicação - 2º edição Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001; 943 p.