

A influência da Urbanização no percurso natural da água no bairro Ouro Verde em Açailândia, Maranhão, Brasil

The influence of urbanization on the natural course of water in the Ouro Verde neighbourhood in Açailândia, Maranhão, Brazil

La influencia de la urbanización en el curso natural del agua en el barrio de Ouro Verde en Açailândia, Maranhão, Brasil

Recebido: 22/06/2023 | Revisado: 29/07/2023 | Aceitado: 02/11/2023 | Publicado: 05/11/2023

Icaro Emanuel Oliveira de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2762-2402>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: oliveiraicaro10@gmail.com

Lucas Herculano da Silva Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2589-1941>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: Lucasherculano.220@gmail.com

Handelom Pereira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7033-7723>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: handelom15@gmail.com

Eduardo Campos Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3176-4479>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: barbosaeduardoc@gmail.com

Ramon Reis Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8827-3796>

Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: ramon.rodrigues@uemasul.edu.br

Resumo

O ciclo hidrológico natural é composto por diferentes processos com o percurso da água pluvial definido pela natureza, e quando o ser humano passa a fazer parte desse sistema, ele produz alterações que modificam negativamente este ciclo e geram impactos significativos que estão diretamente ligados ao ciclo da água, e dessa forma acarretam em danos e prejuízos à população, gerando inundações, modificando o escoamento superficial e subsuperficial, podendo desencadear ou aumentar erosões e assoreamentos de rios urbanos, logo o intuito desse estudo é entender o que tais modificações ocasionam no ciclo hidrológico, através da impermeabilização do solo derivado da urbanização, e a influência do escoamento superficial devido ao deflúvio acarretando no aumentando da vazão pluvial influenciado pela permeabilização do solo, através de meios comparativos estudando a vazão das águas pluviais, em um contexto atual e futuro, do escoamento superficial, estimando uma possível urbanização na região localizada a montante do bairro Ouro Verde em Açailândia-MA.

Palavras chave: Drenagem; Planejamento urbano; Vazão pluvial; Escoamento superficial; Precipitação.

Abstract

The natural hydrological cycle is composed of different processes with the course of rainwater defined by nature, and when humans become part of this system, they produce changes that negatively modify this cycle and generate significant impacts that are directly linked to the water cycle, and thus cause damage and losses to the population, generating floods, modifying the surface and subsurface runoff, which may trigger or increase erosion and silting of urban rivers, Therefore, the purpose of this study is to understand what these changes cause in the hydrological cycle, through soil sealing due to urbanization, and the influence of surface runoff due to runoff leading to an increase in rainfall flow influenced by soil permeabilization, through comparative means studying the flow of rainwater in a current and future context, surface runoff, estimating a possible urbanization in the region located upstream of the Ouro Verde neighborhood in Açailândia-MA.

Keywords: Drainage; Urban planning; Rainfall flow; Surface runoff; Precipitation.

Resumen

El ciclo hidrológico natural se compone de diferentes procesos con el curso del agua de lluvia definido por la naturaleza, y cuando el ser humano entra a formar parte de este sistema, produce cambios que modifican negativamente este ciclo y generan impactos significativos que están directamente relacionados con el ciclo del agua, y por lo tanto resultan en daños y pérdidas para la población, generando inundaciones, modificando la escorrentía superficial y subsuperficial, lo que puede desencadenar o aumentar la erosión y el aterramiento de los ríos urbanos. Por lo tanto, el propósito de este estudio es entender lo que tales cambios causan en el ciclo hidrológico, a través del sellado del suelo derivado de la urbanización, y la influencia de la escorrentía superficial debido a la escorrentía resultante en el aumento del flujo de lluvia influenciada por la permeabilización del suelo, a través de medios comparativos estudiando el flujo de agua de lluvia en un contexto actual y futuro de la escorrentía superficial, estimando una posible urbanización en la región situada aguas arriba del barrio Ouro Verde en Açailândia-MA.

Palabras clave: Drenaje; Planificación urbana; Flujo pluvial; Escorrentía superficial; Precipitación.

1. Introdução

De acordo com Tucci (2003), o ciclo hidrológico natural é composto por diferentes processos físicos, químicos e biológicos; quando o ser humano passa a fazer parte desse sistema e se concentra no espaço, produz alterações modificando negativamente este ciclo e gerando impactos significativos, várias vezes de forma irreversível, no próprio homem e na natureza

Na segunda metade do século XX, ocorreu um grande aumento do porte das aglomerações urbanas. Esse intenso processo de urbanização pode ser explicado pela forte tendência da população mundial em se mudar para as cidades, devido ao processo de industrialização ocorrido na época e, também, pela busca das pessoas por uma melhor qualidade de vida (Castro, 2007).

Segundo Tundisi (2006), o desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades humanas provocaram inúmeras mudanças no ciclo hidrológico, relacionadas à qualidade e à quantidade das águas. Existem diversos fatores que afetam o ciclo hidrológico em consequência do processo de urbanização, tais como: retirada de vegetação, impermeabilização do solo, alterações na topografia do terreno, deposição irregular de resíduos e canalização dos canais fluviais.

As alterações no ciclo da água acarretam em danos e prejuízos à população, geram inundações, modificam o escoamento superficial e subsuperficial, podendo desencadear ou aumentar a erosão e o assoreamento de rios urbanos (Reis & Schmidt, 2014).

Devido, o crescimento das cidades, conforme os dados do IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada), do ano 2000, que resulta numa amostra no qual Brasil desde essa época apresentava uma taxa de população urbana de aproximadamente 82%, tornando quase saturada a região, acarretando assim em um solo cada vez mais impermeável impedindo assim a absorção natural da água das chuvas. (IPEA,2000)

Para Fontes (2003) a urbanização trouxe profundas mudanças na forma do uso do solo, que por sua vez têm trago consigo efeitos permanentes na resposta hidrológica das áreas urbanizadas, com destaque para o aumento do escoamento superficial e diminuição da infiltração, que contribuem diretamente para a ocorrência de inundações urbanas, tudo isso devido ao escoamento, e Moreira (2014), destaca que tais alterações afetam com maior intensidade a população de maior vulnerabilidade não só no território brasileiro mas em todo globo terrestre.

Por isso, Segundo Silva et al. (2005) o escoamento superficial consiste no excesso de precipitação que ocorre logo após fortes chuvas e se move livremente pela superfície da Terra para o escoamento do rio, que pode ser recarregado pelo excesso de precipitação e águas subterrâneas. O resultado é quando uma massa de solo antes permeável se torna impermeável, mesmo quando as encostas do terreno e o fundo dos corpos d'água são afetados pela construção de prédios, calçadas ou outras obras. Esta nova situação mostra que a precipitação de pequena a média intensidade tem causado inundações, principalmente nas grandes cidades (Motta, 1997).

Kobiyama et al. (2006), destaca que as inundações, popularmente conhecidas como enchentes, são os desastres naturais que, historicamente, mais causaram perdas humanas no Brasil, e Canholi (2005) lista diversos fatores que contribuem para as inundações urbanas, um deles é o solo parcialmente (ou em sua totalidade) impermeável em áreas urbanas; sistemas de drenagem de águas pluviais ineficientes; acúmulo de lixo e outros detritos em bueiros e falta de planejamento de drenagem de águas pluviais. Segundo Pinto e Pinheiro (2006), Inundações localizadas são comuns em áreas urbanas, pois colunas de pontes, tubulações de água, aterros e estradas obstruem o canal, reduzindo a seção transversal do fluxo do corpo d'água.

Portando há necessidade de entender no que as inundações urbanas causam: como, perdas materiais, perdas de vidas humanas e vários impactos ambientais. A maior preocupação com as enchentes é que as perdas humanas, ao contrário dos danos materiais, não podem ser quantificadas monetariamente. Para Sá, Werlang e Paranhos (2008), as emergências, como é o caso dos desastres naturais, se traduzem em verdadeiras tragédias ou dramas humanos, justificando a preocupação de se levar em conta os aspectos envolvidos, de atenção à saúde física, às perdas materiais e, também, entender a aflição e as consequências psicológicas decorrentes dessas situações. Pedrosa (1996) menciona um outro fato comumente observado em enchentes urbanas: são a existência de alguns tipos de doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose, doença transmitida pela urina do rato se torna mais possível de acontecer logo após a enchente.

Contudo dentre os objetivos gerais abordados neste trabalho, ele visará realizar uma análise no que diz respeito da influência da vazão de águas pluviais em zona urbano/rural do bairro ouro verde na cidade de Açailândia-MA, evidenciando de qual forma a urbanização da região a montante do bairro podem alterar o percurso das águas que chegam vindas dessa região, além do mais essa análise observará a influência do processo de impermeabilização do solo na vazão das águas pluviais, além das condicionantes atuais e futuras no que tange às vazões de enchentes urbanas, que é um problema cada vez mais recorrente nos meios urbanos, assim este estudo visará examinar as influencias das águas pluviais em área urbanizada e não urbanizada da bacia do bairro ouro verde em Açailândia-MA.

2. Metodologia

O bairro Ouro Verde está localizado na região nordeste do centro comercial de Açailândia, próximo a lagoa Joaquim, rodeada por regiões elevadas, conforme a Figura 1, desse modo há uma influência do volume e da velocidade da água pluvial que chega ao bairro, sendo a soma da água escoada e da água precipitada.

Figura 1 - Regiões elevadas em torno do bairro Ouro Verde.



Fonte: Autores.

Desse modo, é notório que o bairro está localizado em uma pequena bacia, tendo em vista toda sua declividade demonstrada na figura 1, e para alcançar os objetivos desse estudo se faz necessário mensurar a vazão de pico da água pluvial, e para isso é indispensável o uso do método racional, estabelecido em 1851 por Mulvaney e usado por Emil Kuichling em 1889, denotando uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio) sendo largamente utilizado para determinar a vazão de projeto de pequenas bacias de até 2 km², apresentada por Junior (2014) pela equação 1:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Equação 1.

Q= vazão de pico (m³/s);

C= coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1.

I= intensidade média da chuva (mm/h);

A= área da bacia (km²).

Garotti e Barbassa (2010) afirmam que o método racional se caracteriza pela simplicidade dos mecanismos numéricos de quantificação utilizados, onde todos os processos hidrológicos para transformação da precipitação em vazão são englobados em apenas um coeficiente, o coeficiente de escoamento superficial (C). Wilken (1978) demonstra alguns parâmetros para determinação do coeficiente “C”, destacando que esse coeficiente pode variar de acordo com o tempo de duração da chuva, todavia pela dificuldade de mensuração dessa variação e por ser algo de pequena variabilidade podemos adotar os seguintes parâmetros, apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Valores de C, conforme as características de urbanização da bacia.

Zonas	Valores de C
De edificação muito densa: partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas;	0,70 a 0,95
De edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas;	0,60 a 0,70
De edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas;	0,50 a 0,60
De edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas;	0,25 a 0,50
De subúrbios com alguma edificação: partes de arrebaldes com pequena densidade de construções;	0,10 a 0,25
De matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Wilken (1978).

Em uma bacia pode haver variações em seu tipo de território, como mostra a tabela 1, e para que este coeficiente seja mensurado de forma pontual Garrotti e Barbassa (2010) demonstram que o coeficiente de escoamento superficial para ocupações e usos variados em uma mesma bacia pode ser calculado usando-se a média ponderada da variação do coeficiente (C) em uma área (A), conforme equação 2:

$$C = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Equação 2.

Temos também como parâmetro a intensidade da chuva, onde Campos et al. (2015) destaca dados importantes para mensuração da intensidade, duração e frequência da chuva no Estado do Maranhão, também conhecida como equação de chuvas intensas, sendo a principal forma de caracterizar a relação dessas grandezas, mas a Secretaria Municipal de Açailândia através do Plano Municipal de Saneamento Básico (2019), apresenta a “equação da chuva” da cidade, como demonstrada a equação 3.

$$i = 1907,66 \left(\frac{Tr^{0,127}}{(t + 12)^{0,795}} \right)$$

Equação 3.

Onde:

i = intensidade da precipitação, em mm/h;

t = tempo de duração do evento, em min;

Tr = tempo de recorrência, em ano.

O tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é o tempo que a água demora a percorrer a distância entre o ponto mais distante até o ponto considerado na bacia, e segundo Cunha et al. (2015), o dimensionamento de estruturas hidráulicas deve ser embasado em um minucioso estudo hidrológico, visando a obtenção de vazões de projeto para determinados períodos de retorno que garantam a operação eficiente e a segurança hidráulica. Em geral, um método comumente aplicado para determinação da precipitação efetiva é o método desenvolvido pelo SCS – Soil Conservation Service (atual NRCS – Natural Resources Conservation Service). Sendo uma fórmula comumente utilizada em projetos de engenharia, onde tc corresponde ao tempo de concentração em minutos, L ao comprimento do talvegue principal em km e S à

declividade do talvegue em porcentagem, apresentada por Queiroz e Alves (2020) na equação 4 o método de Carter, que neste caso é o mais indicado por não haver subsídios necessários para a utilização de outros meios.

$$T_c = 5,3 \cdot \left(\frac{L^2}{S} \right)^{1/3}$$

Equação 4.

Hofig e Junior (2015), demonstram que a declividade é a inclinação do relevo em relação ao plano horizontal influenciando diretamente no desenvolvimento das redes de drenagem e distribuição do escoamento superficial,

Com o auxílio do software Google Earth é possível identificar a inclinação do talvegue principal devido a um recurso disponível na qual é possível traçar um caminho, no caso o talvegue da bacia, expondo informações de inclinação média de 13,1% e comprimento de 1,2km ao longo de todo o trecho, além de uma área total de 1,1km² sendo que o bairro Ouro Verde tem uma área de aproximadamente 0,338km², como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Trecho do Talvegue Principal e sua Inclinação.



Fonte: Google Earth (2022)

Os dados obtidos através da Figura 2 foram obtidos através da observação das regiões elevadas em torno do bairro, conforme demonstrado na Figura 1, onde se pode observar o relevo e a formação da bacia.

3. Resultados e Discussão

Tendo em vista que atualmente a bacia se encontra dividida em 2 zonas, uma coberta por vegetação e tendo uma área aproximada de 0,762km² e por uma parte por predominância urbana, onde somadas possuem em torno de 1,1km². Levando em consideração que a área total da bacia é inferior aos 2km², podemos usar o método racional para descobrir a vazão de projeto.

Contudo para isso foi necessário ter conhecimento do o coeficiente de escoamento superficial (C), a partir da equação 2, e levando em consideração que as matas correspondem a uma região arborizada e áreas verdes (vegetação rural), e que a área urbana do bairro Ouro Verde consiste em edificação que ainda estão caracterizadas por superfícies livres com predominância residencial, chegamos a um valor correspondente ao escoamento atual de aproximadamente 0,19.

Por fim, o cálculo da intensidade da chuva, tendo posse da equação da chuva disponibilizada pela prefeitura municipal de Açailândia-MA, Brasil, (equação 3), e a partir tempo de concentração, encontrado pela equação 4, em um tempo

de recorrência de 100 anos, chegamos a uma intensidade da chuva para a região de aproximadamente 71,32mm/h, podemos chegar a uma vazão aproximada de 4,14m³/s, de acordo com a equação 1.

Tendo em vista que a única variável que será alterada para o estudo da vazão da água da bacia em questão será apenas o coeficiente de escoamento superficial, que irá depender da área de escoamento, que na atualidade é composta por boa parte ainda coberta por uma vegetação rural, todavia se essa região for preenchida pela verticalização urbana, haveria alterações nesse coeficiente, devido a permeabilização do solo através dos revestimentos asfálticos e devido as edificações. Desse modo, levando em consideração que toda região será composta por edificações com pouca superfície livre e por ruas pavimentadas chegamos a uma vazão estimada em 13,09 m³/s, sendo o triplo da atual.

Almeida et al. (2020) afirma que a redução da vegetação diminui a rugosidade do terreno, podendo contribuir com o selamento superficial do solo e o escoamento superficial, e assim gerando vazões de maiores magnitudes, e de acordo com os dados apresentados, podemos reafirmar que a permeabilização do solo contribui com o surgimento de mais enchentes e todos os malefícios decorrentes desse evento.

4. Conclusão

A partir dos dados coletados, foi possível realizar uma análise na influência da urbanização da bacia hidrográfica e os impactos causados no ciclo hidrológico, tendo em vista que a água que outrora seria absorvida pelo solo e devolvida ao lençol freático, irá percorrer horizontalmente, escoando na superfície e assim aumentando a vazão da água pluvial devido a permeabilização do solo, e se não houver uma preocupação e planejamento quanto ao manejo de todo esse volume de água, haverá inúmeros danos a sociedade, não só do bairro em questão, mas também de todo município, pois o impacto causado por tal dano influencia não só na infraestrutura mas também na saúde e consequentemente na qualidade de vida dos indivíduos envolvidos.

Desse modo podemos ressaltar a importância desse estudo para a compreensão do escoamento superficial da água pluvial, possíveis ações para mitigar os impactos causados pela chuva, e assim seria de suma importância a realização do estudo de possíveis impactos ambientais que podem ser ocasionados a jusante da bacia, prevendo o destino da água, quantificando e presumindo possíveis danos ocasionados por esse volume a ser escoado, para realização de ações preventivas e sustentáveis, contribuindo com o meio ambiente e com a população.

Referências

- Almeida, L. T. de et al. (2020). Análise do comportamento da vazão e precipitação na influência de enchentes na bacia hidrográfica a montante da cidade de Itajubá. *Revista Augustus*, 24(49), 124-45.
- Campos, A. R. et al. (2015). Equações de intensidade de chuvas para o estado do maranhão. *Revista Engenharia na Agricultura - REVENG*, 23(5), 435-47.
- Canholi, A. P. (2005). *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. Ed. Oficina de Textos.
- Cunha, S. F. et al. (2015) Avaliação da acurácia dos métodos do SCS para cálculo da precipitação efetiva e hidrogramas de cheia. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20(4), 837-848.
- De Castro, L. M. A. de et al. (2007) *Proposição de metodologia para a avaliação dos efeitos da urbanização nos corpos de água*. 297 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Dos Reis, P. A. S., & Reolon, M. A. (2014). *Análise da expansão urbana e delimitação de áreas de inundação na cidade de Patrocínio, MG*. In: Simpósio Ítalo brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal.
- Garotti, L. M., & Barbassa, A. P. (2010). *Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial*. *Eng Sanit Ambient*, 15(1), 19-28.
- Hofig, P., & Junior, C. F. A. (2015). *Classes de declividade do terreno e potencial para mecanização no estado do paraná*. *Coffee Science*, 10(2), 195-203.
- Júnior, L. C. M. (2014). *Águas pluviais e drenagem urbana: influência de reservatórios de retenção no controle de vazões*. Orientador: Crauss, D. G. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul – Unijui, Santa Rosa.

- Kobiyama, M., Mendonça, M., Moreno, D. A., Marcelino, I. P. V. O., & Marcelino, E. V., Gonçalves, E. F., et al. (2006). *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. Curitiba: Ed. Organic Trading.
- Moreira, L. L.; *Análise do impacto da evolução urbanística sobre o sistema de drenagem urbana*. Orientador: Dr. Daniel Rigo. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Do Espírito Santo Centro Tecnológico Departamento De Engenharia Ambiental, Espírito Santo.
- Mota, S. (1997). *Introdução à engenharia ambiental*. ABES.
- Pedrosa, V. A. (1996). *O controle da urbanização na macrodrenagem de Maceió: Tabuleiro dos Martins*. 139 p. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS. Porto Alegre.
- Plano Municipal De Saneamento Básico Açailândia -MA: Diagnóstico Da Situação Da Prestação Dos Serviços De Saneamento Básico (2019). Instituto de Desenvolvimento Econômico Social e Ambiental, Açailândia-MA.
- Queiroz, M., & Alves, N. (2020). Aplicação de diferentes fórmulas de tempo de concentração para uma bacia hidrográfica urbana. *Revista tocantinense de geografia*, 09(18), 219–231. <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/geografia>.
- Sá, S. D., Werlang, B. S. G., & Paranhos, M. S. (2008). Intervenção em crise. *Revista Brasileira de Terapia Cognitiva*, 4(1). <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rbtc/v4n1/v4n1a08.pdf>
- Silva, B. C.; Coliischonn, W., & Tucci, C. E. M. (2005) *Simulação da bacia do Rio São Francisco através do Modelo Hidrológico MGB — IPH*. São Luis. ABRH, 1, 122.
- Tucci, C.E.M. (2003). *Águas Urbanas*. In: Tucci, C.E.M. & Bertoni, J.C. Inundações Urbanas na América do Sul. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- Tundisi, J. G. (2006) Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. *Revista USP*, (70), 24-35.
- Wilken, P. S. (1978) *Engenharia de drenagem superficial*. CETESB.