

MODELAGEM HIDRÁULICA APLICADA À DRENAGEM SUSTENTÁVEL PARA MINIMIZAÇÃO DE ALAGAMENTOS NO CENTRO URBANO DE BONITO – PE.

José Nelson Jordão Monteiro dos Santos¹
Cícero Fellipe Diniz de Santana²
Eduardo Cabral da Silva³

RESUMO

Os problemas relacionados à ineficiência dos sistemas de drenagem urbana nos grandes municípios do Brasil é um fato agravante das falhas recorrentes do saneamento básico, tendo em vista que esses sistemas foram dimensionados para solucionar problemas, para uma realidade presente, sem perspectivas futuras de desenvolvimento urbano. A cidade de Bonito-PE é um grande exemplo dessa situação. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de propor soluções, através do uso do modelo dinâmico de simulação *Storm Water Management Model* – SWMM unido com técnicas de reutilização das águas pluviais, para a avaliação dos impactos da drenagem sustentável no atual cenário do município. Os relatórios fornecidos pelo modelo de simulação computacional proporcionaram a visualização do comportamento das atuais condições de escoamento da área de estudo e a visualização de uma situação proposta, responsável por solucionar os problemas de alagamento atualmente encontrados. É necessário ressaltar também, que o volume total de água drenada do sistema unido com o reaproveitamento de água nas residências contribuirá para a reutilização das águas provenientes da chuva, em prol de suprir as demandas que não necessitam de uma água tão nobre.

Palavras-chaves: Escoamento. Alagamentos. Modelagem Computacional. Drenagem Sustentável

1. INTRODUÇÃO

Segundo Filho *et al.* (2015), os impactos sofridos pelos sistemas de serviços públicos atualmente, estão relacionados com a incapacidade de acompanhamento das infraestruturas dos centros urbanos com o crescimento habitacional. Dentre os sistemas de saneamento com mais dificuldades dentro da zona urbana, está a rede de drenagem, que é afligida por inundações provocadas pelo considerável aumento das vazões que são transportadas até as sarjetas e galerias, erosão ou assoreamento de áreas permeáveis e facilidade para a veiculação de doenças relacionadas a água.

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br

Ao longo dos últimos anos diferentes alternativas começaram a ser implantadas, como as soluções sustentáveis, classificadas como medidas não estruturais e são baseadas em normas e regulamentações (BASSO et al., 2018).

Uma das medidas não estruturais é a utilização de métodos computacionais, que são responsáveis em realizar simulações de obras hidráulicas nas áreas de interesse. O SWMM, por exemplo, que foi desenvolvido pela Environmental Protection Agency – EPA em 1971, é programa que é capaz de dimensionar uma rede de drenagem urbana a partir de uma alimentação de uma série de dados de entrada, onde o software tem como foco a execução desses serviços em áreas urbanas (ROSSMAN, 2010). Além disso o programa fornece ao usuário gráficos que mostram os níveis da qualidade da água, possíveis áreas críticas, ou seja, áreas que podem sofrer alagamentos e o volume do escoamento, que a respeito de sustentabilidade e reutilização, se destinarmos esse volume para um local de armazenamento e utilizarmos para demandas que não requerem uma água potável, diminuirá o consumo de água tratada.

O objetivo do presente trabalho foi a elaboração do pré-projeto de um sistema de drenagem sustentável para o aproveitamento das águas pluviais do centro urbano da cidade de Bonito-PE, através da modelagem computacional por meio do SWMM, buscando a realização de um dimensionamento de uma rede de drenagem urbana mais eficaz e com isso, propor recomendações para o município em estudo. Além destas utilidades, a partir da modelagem foi possível sugerir a reutilização das águas provenientes dos alagamentos para um fim não nobre, pois a mesma é descartada sem que haja um aproveitamento desses recursos hídricos, já escassos na região, além da diminuição do gasto de água potável.

Dentre os benefícios com a utilização desse método, temos: a minimização dos transtornos de mobilidade decorrentes do alagamento das ruas por parte dos moradores; a diminuição dos gastos com reparos na parte de tubulações e calçamentos; o reuso da água que era jogada no “lixo”, gerando diminuição do consumo de água das reservas e conseqüentemente uma redução de custos no consumo de água para os moradores da cidade; diminuição ou solução do retorno das águas pluviais através das redes de esgotamento sanitário, muitas vezes ocorrendo dentro das residências.

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

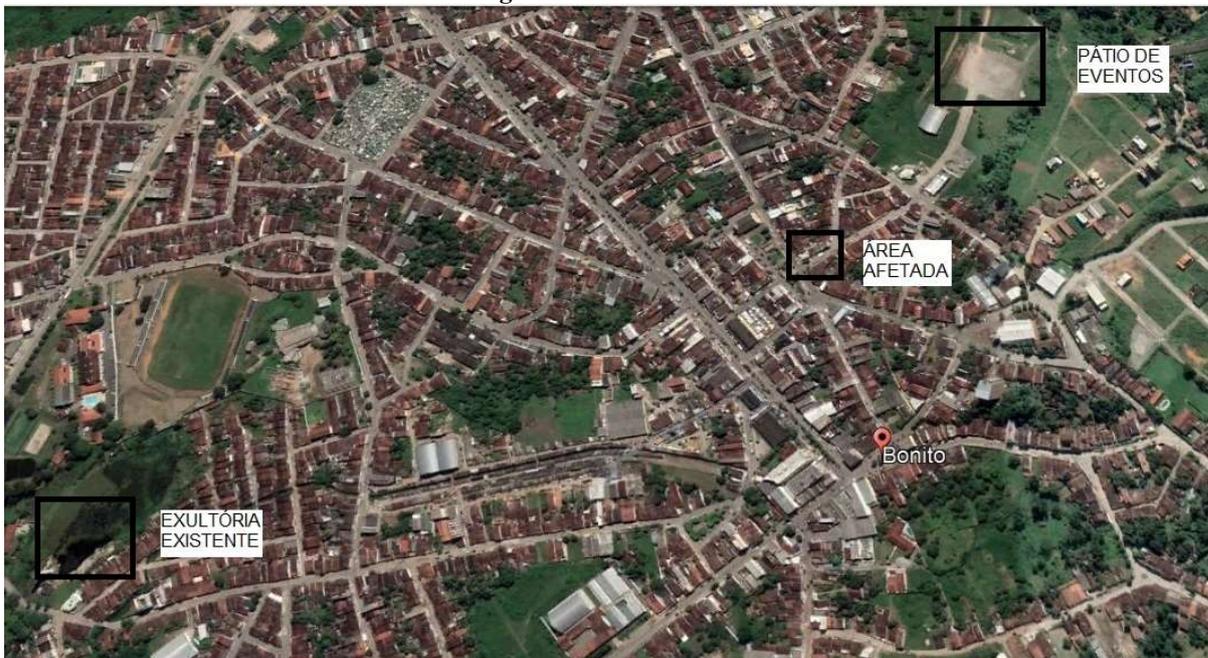
³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br

2. METODOLOGIA

O método de pesquisa estabelecido nesse projeto seguiu através do método indutivo, analisando possíveis soluções ou minimizações através do software de simulação SWMM, no que diz respeito aos alagamentos.

A amostra foi o centro urbano e a malha de drenagem urbana da cidade de Bonito-PE, que teve como exemplo o trecho longitudinal urbano da rua Esdras Emiliano até a rua Ester Bezerra de Melo, onde localiza-se uma bacia exultória. Na Figura 1 é possível observar os locais que foram estudados.

Figura 1: Área estudada



Fonte: Google Earth, 2019

2.1 Alagamentos no município de Bonito – PE

O município de Bonito - PE, está localizado em uma posição geográfica com altos índices pluviométricos. Esse aspecto acabou sendo deixado de lado ao longo dos anos de crescimento populacional e da construção civil no município processo favoreceu a obstrução dos talvegues naturais do escoamento natural da região e isso provocou alagamentos em vários bairros da cidade, dentre eles o Centro. Nas figuras 2 é possível observar o registro da situação de uma rua localizada no centro da cidade.

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br

Figura 2: Alagamento na Rua Antônio Simplicio.



Fonte: OLIVEIRA (2018)

Outro aspecto importante a ser considerado é a presença de grandes quantidades de resíduos sólidos e material flutuante depositados pela população residente nos setores atingidos, prejudicando ainda mais o escoamento superficial das águas pluviais, reduzindo a sua qualidade por meio da dispersão de contaminantes orgânicos e inorgânicos. Na Figura 3 é possível observar o acúmulo dos resíduos sólidos carregados pelo escoamento sobrecarregado hidráulicamente, de modo que a água, juntamente com os resíduos invadem as calçadas e inviabilizam a mobilidade urbana de pedestres e veículos.

Figura 3: Lixo acumulado na Rua Antônio Simplicio



Fonte: OLIVEIRA (2018)

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br

2.2 Coleta de dados

Para iniciação da modelagem computacional foram necessários a obtenção de dados importantes a respeito da região em estudo. Os índices pluviométricos foi um deles, podendo ser observados a seguir na tabela 1.

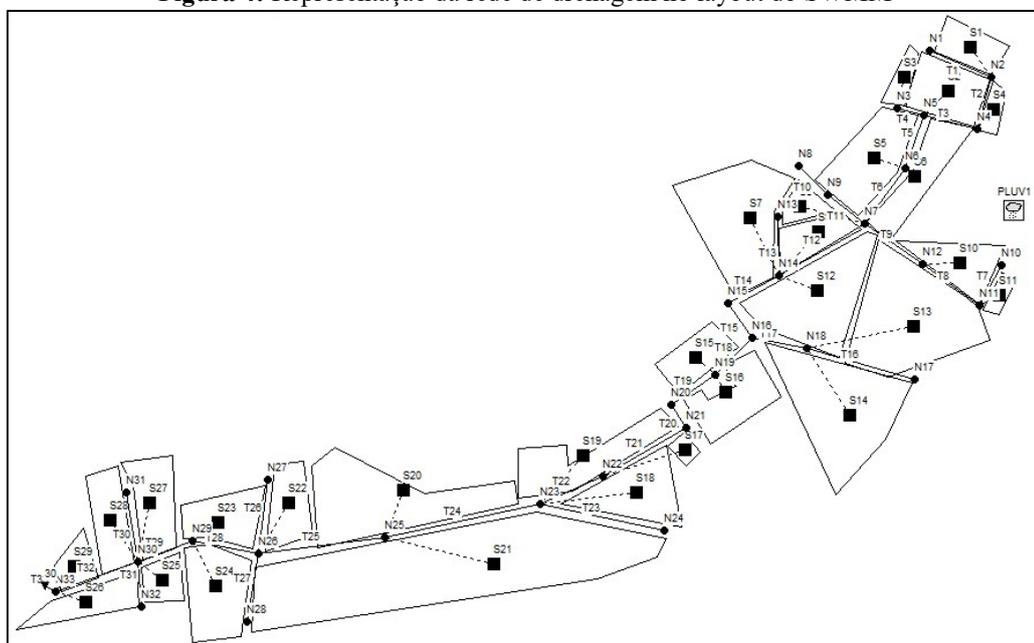
Tabela 1: Índices Pluviométricos de Bonito-PE

Meses	Precipitação (mm)
Janeiro	56,78
Fevereiro	166,96
Março	133,16
Abril	293,87

Fonte: OLIVEIRA (2018)

Para realização do experimento, a área de estudo foi dividida em sub-bacias, trechos, nós, pluviômetros e exultória que pode ser identificado na figura 4, sendo a rede composta por 29 sub-bacias, 34 nós, 41 condutos, 1 pluviômetro e 1 exultória. Após a divisão, foram inseridos os dados de cada componente anteriormente relatos, dados estes de área, largura, declividade, percentual de impermeabilidade e permeabilidade e entre outros dados importantes para execução da modelagem.

Figura 4: Representação da rede de drenagem no layout do SWMM



Fonte: Autoria própria, 2019

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na cidade de Bonito - PE, o transporte das águas provenientes das chuvas intensas é de competência da rede de esgoto. Por causa da ausência de manutenção nas tubulações, sobrecargas e inundações dos elementos constituintes do sistema de esgotamento, foi feita uma modelagem hidráulica para minimizar ou solucionar os problemas relatados anteriormente. Foi utilizado uma separação dos transportes de esgoto e água pluvial, constatando-se que todos os trechos estudados permaneceram estáveis demonstrando assim que a rede não possui tubulações que acarretam possíveis problemas de vazamentos, ou seja, o sistema não sofreu com Sobrecarga em nós e nem em condutos e também nenhuma Inundação nos nós e com isso, demonstra o quão eficiente é a rede de drenagem modelada.

A respeito de sustentabilidade a modelagem proporciona uma leitura do volume total de água escoada pelo sistema até a exultória, mostrado na tabela 2, que foi de 257.000 L ou vazão de 67,69 L/s, destacando-se devido a proposta da perspectiva de realização de um projeto de drenagem sustentável, com isso, obteve-se o volume total a ser reutilizado para fins menos nobres, posteriormente relatados.

Tabela 2: Volume total de água escoada pelo sistema até a exultória

Componente	Freq. (%)	Fluxo Med. (LPS)	Fluxo Max. (LPS)	Volume Total (10 ⁶ L)
E1	78,59	3,78	67,69	0,257
Sistema	78,59	3,78	67,69	0,257

Fonte: Autoria própria, 2019

O município possui diversas áreas de jardins, onde no período de verão necessita de um certo volume de água para preservá-las durante todo ano. Foi relatado por parte do setor de abastecimento da Prefeitura Municipal do Bonito que na primavera e verão são necessários cerca de 2 carros pipas por semana para aguardar o canteiro central da Av. Dr. Alberto de Oliveira e o canteiro lateral na chegada da cidade. Cada pipa tem capacidade de 12.000 L, resultando então cerca de 570.000 L (levando em consideração do mês de setembro que começa a primavera até o mês de março que acaba o verão). Na situação atual que a cidade está passando todo esse abastecimento é retirado de jazidas, onde esses canteiros de árvores e gramas, não necessitam de uma água tão pura que está sendo aplicada, com isso esse volume de retirada pode ser substituído ou diminuído por uma água de reuso. Outra maneira estudada para um

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br

reaproveitamento de água foi a captação da precipitação em cada residência do município, que segundo a NBR – 10844/1989

Foi realizado um levantamento na cidade de Bonito – PE dos meses de janeiro a abril de 2018 levando em consideração uma residência média hipotética de 7,00x18,00m, medidas de casas populares na região e foi encontrado os seguintes dados, conforme tabela 2.

Tabela 3: Resultados do levantamento de aproveitamento de água nas residências

Item	Resultado
Intensidade pluv. (I)	0,23 mm/h
Área da superfície incl. (A)	77,40 m ²
Vazão de projeto (Q)	0,30 l/mim
População (IBGE, 2010)	38.152 hab.
Quantidade de residências = População/3	12.717 residências
Vazão total da cidade (Q)	43.000 l/mim
Vazão total da cidade por mês (Q)	164.812.320 l/mês

Fonte: Autoria própria, (2019)

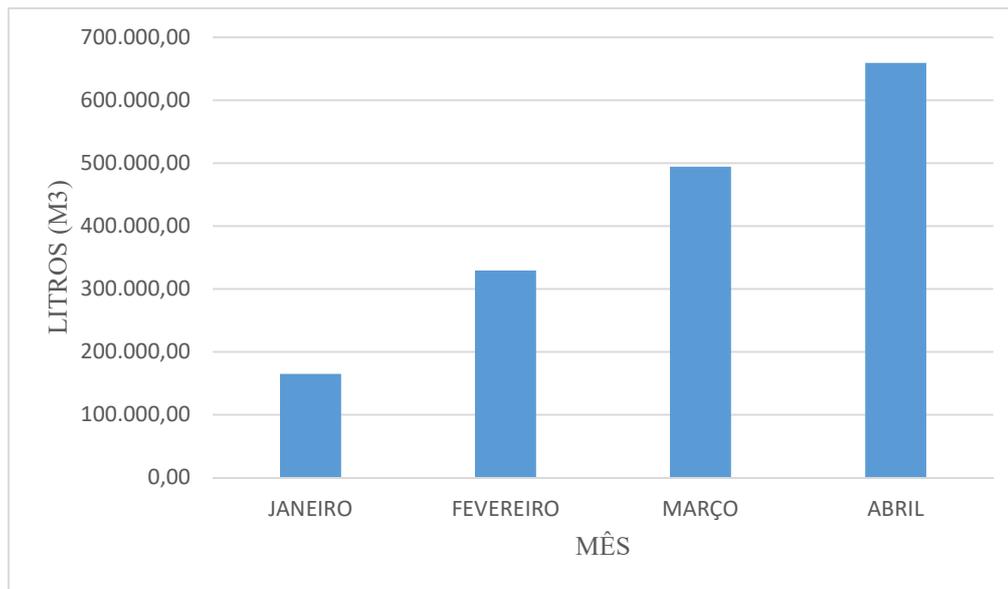
Na tabela 3 é possível observar o volume em m³ de água acumulada aproximadamente nos meses estudados e o no gráfico 1 demonstra a crescente deste volume. No mês de abril teve cerca de 659.249,28m³ de água acumulada, volume esse que poderia ser revertido para os mesmos fins anteriormente relatados, além de também servir de acúmulo em reservatórios que segundo a Secretaria Especial do Desenvolvimento Social – DF (2019), no Programa Cisternas, relatada que um reservatório desse para uma casa popular é cerca de 16m³, proporcionando então aproximadamente 41.203 cisternas cheias.

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br

Gráfico 1: Vazão gerado pelas residências (m³/mês)



Fonte: Autoria própria, 2019

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atuais condições de captação e transporte das águas pluviais por parte da rede de esgoto mostradas através de acervos fotográficos e relatos mencionados no decorrer deste trabalho, comprovam que o sistema existente é ineficaz e provoca alagamentos em algumas áreas do município. Baseando-se nisso, faz-se necessário a implantação de uma rede, responsável apenas pela drenagem urbana dessas áreas, capaz de solucionar os problemas causados pelo intenso escoamento superficial.

Diante das informações fornecidas pelo SWMM foi identificado um modelo, capaz de captar e transportar a água proveniente de chuvas intensas, sem que a rede de drenagem não suceda uma sobrecarga nos nós e/ou nos condutos, proporcionando uma viabilidade técnica da rede proposta.

A partir de uma observação do quantitativo de água transportada e do volume captado pelas residências, baseado em informações do software e do levantamento, é possível estimar um volume de água reutilizável e resultar numa diminuição de exploração dos recursos hídricos, caracterizados escassos na região.

Como sugestão, devem ser aplicadas medidas não estruturais ou técnicas compensatórias, como por exemplo as bacias de retenção que podem ser usados em períodos secos para convivência pública, além de que a água transportada para a exultória pode ser

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br

aduzida para uma estação de tratamento com sistema convencional, após o tratamento pode ser utilizada na irrigação e no abastecimento de barragens subterrâneas. A captação de águas pluviais nas residências interligadas ao sistema de drenagem urbana e dimensionados com vista a drenagem sustentável, também apresenta como uma alternativa que gera resultados consideráveis referente ao volume de água. Existem outras técnicas da construção civil que podem ser utilizadas como é o caso da aplicação de pavimentos permeáveis em locais estratégicos, juntamente com a conscientização da população em relação ao depósito de resíduos sólidos em lugares que possam atrapalhar o escoamento superficial das águas pluviais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais: Referências**. Rio de Janeiro, pag(s). 3 e 5. 1989.

BASSO, Leandra; WEIXTER, Caroline A.; SILVA, Bruno M. da; ALMEIDA, Fernanda C. de. **Gerenciamento da Drenagem Urbana: Um desafio multidisciplinar e multissetorial**. Revista Conexão Eletrônica, v. 15, n. 1. Mato Grosso do Sul, 2018.

EPA, Environmental Protection Agency. Disponível em: <<https://www.epa.gov/>>

FILHO, Diogênes de S. V.; SILVA, Fabíola B. da; VERAS, Rafael L. O. de M.; NÓBREGA, Fábio, A. R. da; **Infraestrutura Urbana: Infraestrutura e o Crescimento Populacional do Brasil**. Revista Eletrônica FANESE, v. 4, n. 1. Aracaju, 2015.

IBGE. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/saude/9336-indicadores-sociodemograficos-e-de-saude-no-brasil.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em 05 abril 2019.

OLIVEIRA, Wilma de Melo. **Avaliação da Implantação de um Sistema de Drenagem Urbana na cidade de Bonito/PE utilizando o software SWMM**. Caruaru, 2018.

ROSSMAN, Lewis A. **SWMM 5.0: Manual do Usuário**. Tradução do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento, Universidade Federal da Paraíba. 2010.

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br

SECRETARIA ESPECIAL DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL. Disponível em:
<<http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/acesso-a-agua-1/programa-cisternas>>.

Acesso em 09 de setembro de 2019.

¹Graduado em Engenharia Civil – Unifavip/Wyden, nelsonmonteiro518@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, cicero.esa@hotmail.com

³Professor em Engenharia Civil - Unifavip/Wyden, eduardo.silva@unifavip.edu.br