



Universidade Federal
de São João del-Rei

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

Campus Alto Paraopeba

Júlia Heringer Motta Costa e Silva

Lavínia Eduarda Resende e Silva

Priscila Milagres Godinho

Sarah Soares Freitas Monteiro

MODELAGEM NUMÉRICA DA ÁGUA DE CHUVA

Ouro Branco - MG

Agosto, 2021

Julia Heringer Motta Costa e Silva

Lavinia Eduarda Resende e Silva

Priscila Milagres Godinho

Sarah Soares Freitas Monteiro

MODELAGEM NUMÉRICA DA ÁGUA DE CHUVA

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de São João Del-Rei, sob responsabilidade do professor orientador Emmanuel Kennedy da Costa Teixeira, para a obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Ouro Branco – MG

Agosto - 2021

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVO.....	6
2.1 Objetivos específicos.....	6
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3.1 Modelagem numérica	6
3.2 Sistema de drenagem	7
3.3 Qualidade da água	8
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
4.1 Área de estudo	9
4.2 Dados geográficos.....	11
4.3 Dimensionamento e características da tubulação	12
4.4 Características climáticas	13
4.3 Dados hidrográficos.....	15
4.4 Uso do solo	17
4.5 Lixiviação.....	17
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	18
5.1 Vazão nos trechos.....	18
5.2 Análise dos sólidos.....	18
5.2.1 Lixiviação	19
5.2.2 Qualidade da água.....	20
6 CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

RESUMO

O avanço da economia na região ourobranquense foi resultado da criação de polos de empresas de grande porte. No entanto, a fauna, a flora, o ar, o ambiente são inevitavelmente afetados. Levando em consideração o impacto dessa situação, este trabalho teve intenção de realizar uma simulação matemática da qualidade das águas de drenagem pluvial na região de Ouro Branco, Minas Gerais. Para isso, o programa *Storm Water Management Model* (SWMM) foi utilizado a fim de auxiliar o desenvolvimento do estudo. O programa disponibiliza informações sobre a qualidade de água e funcionalidade do sistema de drenagem e já se mostrou eficiente em outras pesquisas com objetivos semelhantes. A simulação foi realizada por meio da análise de dados obtido na literatura, pois, devido à pandemia do COVID-19, não foi possível ir a campo para fazer coletas de amostras. Os resultados obtidos mostraram que existe uma grande quantidade de poluentes sólidos que influenciam na qualidade da água no sistema de drenagem.

Palavras-chaves: SWMM, Qualidade da água, Sistema de drenagem.

1 INTRODUÇÃO

A água é a fonte de vida na terra, e a sua qualidade é de extrema importância para o aproveitamento humano, animal e das plantas. São as propriedades da água que vão influenciar toda a manutenção de um ecossistema sustentável. A espécie humana se perpetuou principalmente onde havia água corrente com boas condições. Dito isso, para que o ciclo da água seja mantido com todos os benefícios, é imprescindível que seja mantida sua qualidade no lançamento no curso d'água, após a utilização.

Devido às grandes alterações climáticas, estudar os recursos hídricos disponíveis no meio ambiente está cada vez mais comum na sociedade moderna. Tanto os desastres que envolvem a escassez de água, quanto os que envolvem a contaminação, influenciam para buscar alternativas de aproveitamento da água em todo seu ciclo.

Soluções alternativas mais sustentáveis de gerenciamento das águas pluviais vêm sendo criadas e adotadas nas últimas décadas, incluindo propostas de melhoria na infiltração (SANTOS, 2020). Projetos de gerenciamento da água pluvial começaram a ser comercializados no Brasil nas últimas décadas, devido ao aumento da demanda por sistemas hidráulicos que visam a sustentabilidade e a economia da edificação (SANTOS, 2020). Basicamente, o aproveitamento do recurso hídrico consiste no direcionamento da água pluvial para reservatórios. Para que a água retida possa ser utilizada, mesmo que para fins não potáveis, é fundamental que seja feito um controle de qualidade do recurso.

A Ecohidrologia é a ciência que estuda os recursos hídricos que suprem o ambiente ecológico (ITURBE, 2002). A qualidade da água é relacionada com a fauna e flora característica do ambiente, o clima local, além do tipo de solo da região. Sendo assim, qualquer variação em um dos constituintes do processo, vai alterar a dinâmica dos recursos hídricos. Como no caso das propriedades da água: o clima da região pode alterar a concentração de água no ciclo hídrico, e conseqüentemente, a acumulação de poluentes e sedimentos. Por isso, a importância de considerar todos os fatores para obter a informação sobre a qualidade da água, que serve como referência para indicar a conservação da bacia.

Uma das formas de simular a qualidade da água é por meio de modelagem numérica computacional. Neste sentido, um *software* utilizado na área é o *Storm Water Management Model* (SWMM), o qual consiste em um modelo dinâmico que efetua a simulação do percurso da água por um esquema composto por tubulações, nós, canais, bacias hidrográficas, aparelhos de armazenamento e tratamento da água, entre outros. A modelagem que é realizada no sistema analisa distintos fatores hidrológicos, como evaporação da água, precipitação ao longo do tempo, ocorrência ou não de infiltração no solo, percolação da água nas tubulações, e esses são os que mais foram considerados no trabalho. Com isso, o tema principal deste trabalho foi a simulação da qualidade da água da chuva no *software* em questão.

2 OBJETIVO

Este trabalho possui como objetivo realizar uma simulação da qualidade da água da chuva em um sistema de drenagem de uma bacia urbana situada na cidade de Ouro Branco, Minas Gerais, através de uma modelagem numérica realizada no programa SWMM.

2.1 Objetivos específicos

- Obter parâmetros do modelo para as condições necessárias;
- Avaliar os dados gerados pelo programa SWMM.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Modelagem numérica

Atualmente é observado um aumento da utilização dos métodos quantitativos nas Ciências, pois um dos pilares do moderno método científico é a validação de modelos matemáticos através da comparação de seus resultados com observações empíricas. Muitos fenômenos, e em particular os fenômenos biológicos, são dinâmicos, isso nos leva a necessidade de termos instrumentos matemáticos que possibilitem o estudo de variações dos sistemas no tempo (SEGURA, 2019).

A simulação matemática permite prever e observar fenômenos e situações com certa precisão. Produzir e executar um determinado experimento, repetidas vezes, pode ser impossível devido aos custos decorrentes ou às dimensões dos elementos envolvidos. No entanto, com as ferramentas computacionais adequadas, a simulação de tal processo está atrelada ao modelo matemático e ao conhecimento das relações físicas que regem o experimento, bem como ao custo computacional necessário para reproduzir tal situação (CARVALHO et al., 2015).

Neste trabalho foi utilizada a ferramenta SWMM, *software* que proporciona um ambiente integrado e permite a entrada de dados para a área de estudo, além de simular o comportamento hidrológico, hidráulico, estimar a qualidade da água e visualizar os resultados da modelagem em uma grande variedade de formatos.

3.2 Sistema de drenagem

O sistema clássico de drenagem se baseia na coleta da água pluvial através de condutos subterrâneos, geralmente de concreto, com a função de conduzir a água para rios, riachos ou canais. Essas concepções, junto à urbanização, têm aumentado a impermeabilização dos solos nos centros urbanos, o que ocasiona maior escoamento superficial (SILVA, 2001).

A drenagem urbana é um dos elementos da infraestrutura de uma cidade e deve ser planejada em conjunto com outros sistemas, principalmente de controle ambiental e esgotamento sanitário. Além disso, a drenagem deve contemplar as bacias hidrográficas sobre as quais a urbanização se desenvolve (TUCCI, 2001).

O conhecimento sobre a área que compõe a bacia de drenagem estudada, incluindo a qualidade inicial e natural de um corpo hídrico é importante, pois vários poluentes estão fixados em sedimentos ou podem ser dissolvidos na água (TSUJI, 2018).

O SWMM é um dos programas mais utilizado para simulações de drenagem em áreas urbanas, pois permite a análise dos problemas relacionados à drenagem e à investigação de alternativas de controle do escoamento. As soluções podem ser avaliadas através de simulações que fornecem os resultados através de hidrogramas e cargas de poluentes (ALVAREZ, 2010).

3.3 Qualidade da água

A qualidade da água em um sistema de drenagem é resultado da soma dos seguintes fatores: poluição existente no ar que se precipita junto com a água; lavagem das superfícies urbanas contaminadas com diferentes componentes orgânicos e metais; resíduos sólidos representados por sedimentos erodidos pelo aumento da vazão (velocidade do escoamento) e lixo urbano depositado ou transportado para a drenagem; esgoto cloacal que não é coletado e escoado através da drenagem (TUCCI, 2003).

O alto acúmulo de poluentes na superfície do solo gera, principalmente, o aumento das inundações e a diminuição da qualidade da água. De acordo com Barco et al. (2003) a poluição das águas pluviais ocorre principalmente no sistema de drenagem, pois nas precipitações intensas há um elevado carregamento de carga de poluentes para os corpos d'água.

A análise da qualidade da água em questão foi feita a partir da captação da água provinda da drenagem urbana. A modelagem realizada no SWMM foi capaz de estimar cargas poluidoras advindas do escoamento superficial, uma vez que, esses dados podem ser utilizados na avaliação de estratégias de controle, buscando uma melhoria e qualidade de corpos de água receptores, com a possibilidade de realizar o remanejamento, possibilitando o reaproveitamento em jardinagem, limpeza pública, etc.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse tópico será descrito a metodologia adotada para realização do estudo, a qual é simplificada através do fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1- Metodologia aplicada no estudo



Fonte: Autoria própria.

4.1 Área de estudo

No presente estudo, a área da sub-bacia selecionada para iniciar a análise do sistema de drenagem está localizada no município de Ouro Branco no estado de Minas Gerais, no bairro Siderurgia, o qual é considerado residencial. A localidade está ilustrada na Figura 2.

Figura 2– Localização da área de estudo



Fonte: Google Earth.

Segundo a Prefeitura Municipal de Ouro Branco, o sistema de drenagem urbana que atende a população ouro-branquense deposita seu material final no Lago Soledade. Pela análise de Silva et al. (1994), o lago artificial está localizado à oeste da cidade em uma área particular pertencente à Gerdau Açominas, antiga Aço Minas Gerais S.A. (Açominas), e contém 66,5 milhões de m³ de volume e 501 ha de área. A Prefeitura Municipal de Ouro Branco afirma que a água de captação para abastecimento de água não é retirada desse curso d'água. Sendo assim, a água é apenas despejada no Lago e, conseqüentemente, não precisa ter o padrão de potabilidade controlado.

A cidade está localizada no Quadrilátero Ferrífero, região geologicamente importante devido à grande quantidade de minério de ferro em sua composição, suas belas paisagens e a complexa composição do solo local (CARVALHO FILHO et. al., 2010). Esses fatores propiciaram a implantação de empresas produtoras de aço, localizadas próximas à cidade. Nesse sentido, pressupõe que as características da água em estudo sejam afetadas, possuindo uma alta concentração de ferro. Essa situação justifica a realização de testes em escala de bancada. Por exemplo, teste de pH, turbidez, cor, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), análise de teor de ferro e manganês. Em nosso estudo foi inviável a realização desses testes em campo, devido à pandemia que comprometeu o funcionamento do Laboratório de Saneamento da Universidade Federal de São João

del-Rei (UFSJ). Em razão disso, os parâmetros físicos e químicos do material utilizado para realização da pesquisa foram retirados da literatura.

4.2 Dados geográficos

Ao realizar a modelagem no programa SWMM, os trechos, os nós e as sub-bacias foram divididos visando a posição das bocas de lobo, a declividade e área atendida pelo sistema de drenagem da localidade. Sendo assim, o nó refere-se ao ponto que liga os trechos seguindo o fluxo central da via e, assim, finalizando o fluxo d'água nas bocas de lobo. Os comprimentos de cada trecho estão de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Comprimento dos trechos simulados no SWMM

Trecho	Comprimento (m)
1	270,0
2	24,0
3	15,0
4	6,5

Fonte: Autoria própria.

As cotas dos nós foram determinadas através do *Google Earth*, e estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Cotas dos nós de cada trecho simulado no SWMM

Nó	Cotas (m)
1	1033
2	1034
3	1035
4	1034
E1	1033

Fonte: Autoria própria.

O Sistema de drenagem em análise já está em funcionamento. Dessa forma, foi possível obter os dados da declividade a partir do *Google Earth*, conforme Tabela 3. Sendo assim, através da análise do fluxo d'água da via foi determinado o exutório (E1).

Tabela 3- Dados sobre o sistema de drenagem urbana

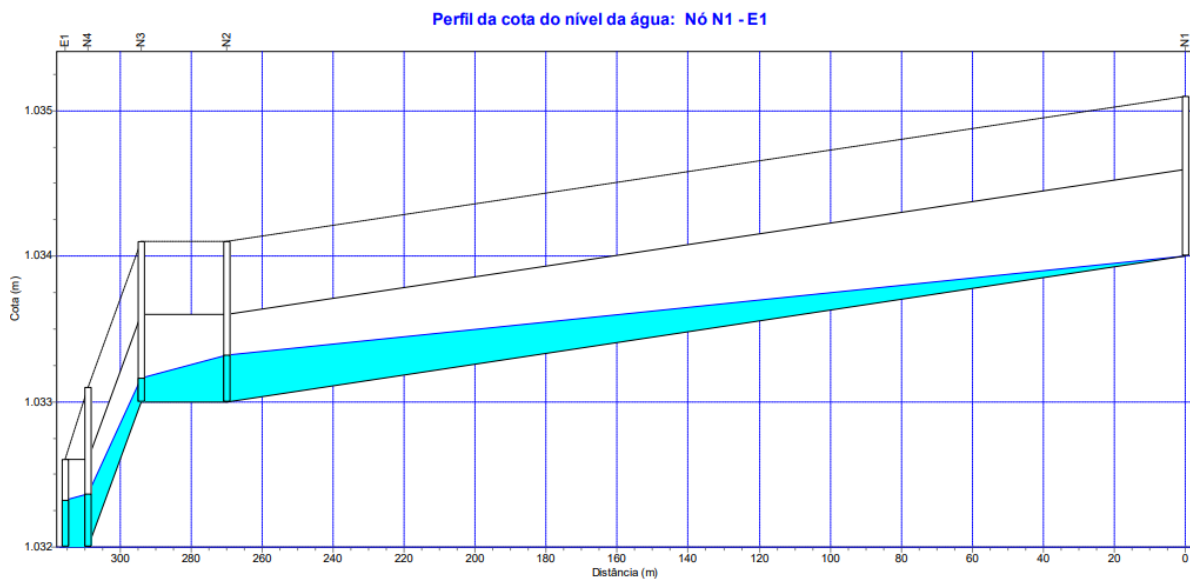
Sub-bacia	Declividade (%)	Boca de lobo
01	2,4	não
02	2,4	não
03	0,5	sim
04	0,5	não
05	0,5	sim
06	0,5	não

Fonte: Autoria própria.

4.3 Dimensionamento e características da tubulação

As especificações referentes ao diâmetro dos condutos e conexões instaladas das redes de águas pluviais foram determinadas através da experiência dos profissionais da equipe, juntamente com o orientador.

Figura 3 - Perfil do sistema de drenagem



Fonte: Autoria própria.

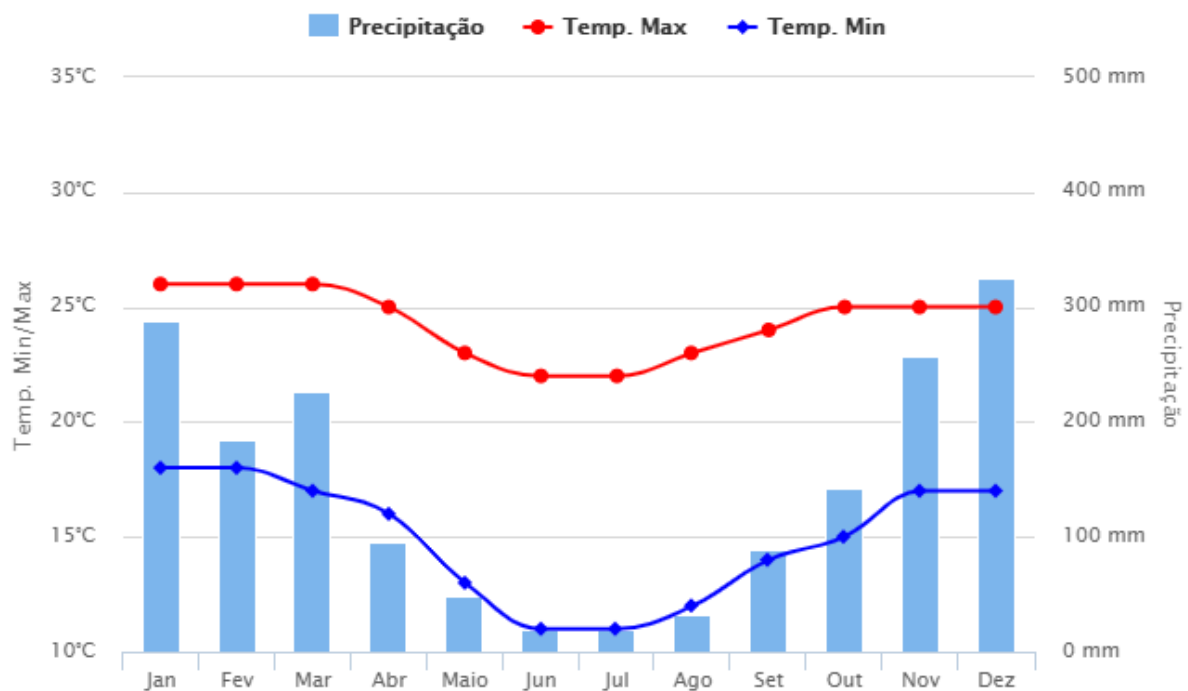
Para determinar o fluxo do sistema de drenagem, o órgão responsável pela instalação do Sistema de Drenagem da cidade, a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), caracterizou a tubulação como tubo de concreto de seção circular. Dessa forma, o coeficiente de Manning foi definido como 0,015 e inserido na modelagem realizada no SWMM.

Com base nos parâmetros definidos acima, o SWMM simulou o processo de infiltração da água nas superfícies permeáveis. Para isso, foi utilizada a equação de Horton, o método de Green- Ampt, o *Soil Conservation Service* (SCS) e o número de curva (CN) (SWMM 5.0 MANUAL DO USUÁRIO, 2010). 0

4.4 Características climáticas

O clima da cidade de Ouro Branco é caracterizado por altas precipitações no verão e baixas no inverno, como representado na Figura 4.

Figura 4 –Temperaturas e precipitações médias em Ouro Branco



Fonte: Climatempo.

A Equação 1 foi utilizada para definir a precipitação a ser simulada no SWMM.

$$I = \frac{kT^a}{(t + b)^c} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

- I é a intensidade média da precipitação intensa, em mm h⁻¹ ;
- t é a duração da precipitação, em minutos;

- T é o período de retorno, em anos;
- e k , a , b , c são constantes de ajuste locais.

A determinação das constantes da Equação 1 foi realizada por meio do Programa Plúvio (SILVA et al., 1999), sendo que os valores definidos para Ouro Branco estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores das constantes da Equação de chuvas

Variável	Valores
k	3359,569
a	0,221
b	25,101
c	1,026

Fonte: Pluvio.

De acordo com a Secretaria do Planejamento Estratégico de Toledo – PR é recomendado para microdrenagem um período de retorno de dois anos, com exceção do caso de aeroportos, o qual se recomenda cinco anos. Assim, na Equação 1 foi utilizado um período de retorno de dois anos.

Para determinar a duração da precipitação foi utilizada a fórmula de Kirpich (Equação 2).

$$tc = \pi \times 57 \times \left(\frac{L^3}{\Delta H} \right)^{0,385} \times \frac{1}{\pi} \quad (2)$$

Onde:

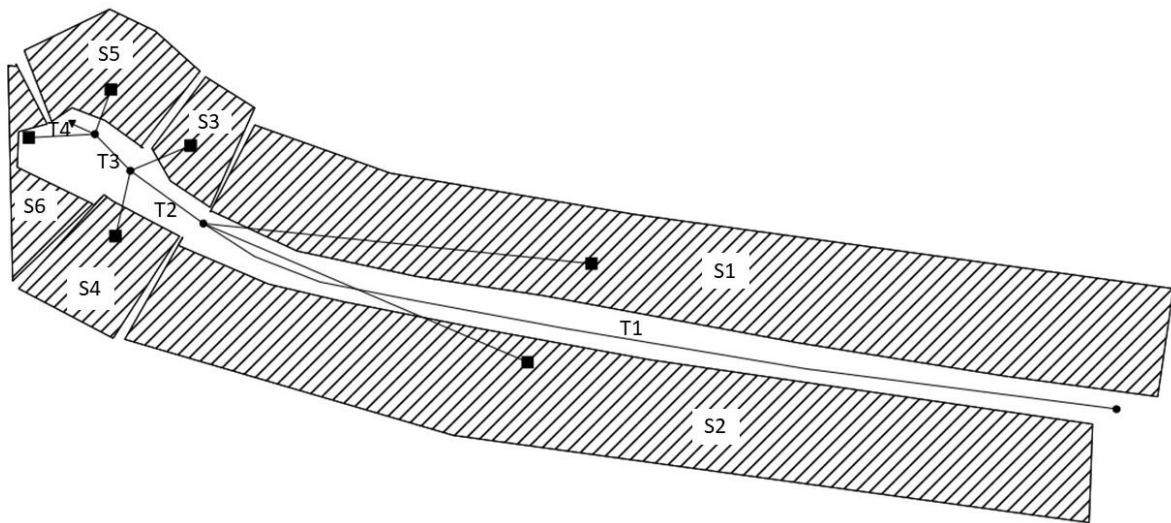
- tc é a duração da precipitação, em minutos;
- L é comprimento do curso d'água principal da bacia, em km;
- ΔH é a diferença de elevação entre o ponto mais remoto da bacia e o exutório, em m.

Determinada a precipitação, foi possível simular a quantidade de água que o sistema de drenagem receberá. Segundo o plano diretor local da Secretaria de Obras de Ouro Branco, a taxa mínima de permeabilidade na zona em estudo (ZAR3) é de 20% e a taxa máxima de ocupação é de 60%, sendo este o valor considerado para a área impermeável da bacia.

4.3 Dados hidrográficos

Na área de estudo foram determinadas as sub-bacias. Estas foram definidas de acordo com as bocas de lobo já existentes na localidade, pois toda a vazão de uma determinada sub-bacia foi direcionada a uma boca de lobo. A Figura 5 representa a divisão das sub-bacias.

Figura 5 – Sub Bacias simuladas no SWMM



Fonte: Autoria própria.

A área de cada sub-bacia foi determinada através de uma análise realizada no *Google Earth*. Sendo que os valores inseridos no SWMM devem ser em hectare, como representado na Tabela 4.

Tabela 4 – Áreas das sub bacias simuladas no SWMM

Sub-bacia	Área (ha)
1	0,8635
2	0,9094
3	0,6192
4	0,6826
5	0,1501
6	0,1291

Fonte: Autoria própria.

Para análise do SWMM foi necessário fazer a diferenciação do que seria um solo permeável e o que seria um impermeável. O critério adotado para a determinação de tal dado foi através da análise do terreno, feita no *Google Earth*. Extensões que possuem áreas verdes foram consideradas como permeáveis e as que não possuem, como impermeáveis. Sendo assim, a Tabela 5 apresenta os dados das áreas permeáveis para cada sub-bacia.

Tabela 5 – Área permeável de cada sub-bacia

Sub-bacias	Áreas permeáveis (ha)
1	0,1038
2	0,2617
3	0,0299
4	0,0313
5	0,0257
6	0

Fonte: Autoria própria.

A área impermeável considerada foi a diferença da área total com a permeável. Para a inserção dos dados no SWMM, pede-se a porcentagem de área impermeável diante do todo (Tabela 6).

Tabela 6 – Área impermeável de cada sub-bacia

Sub-bacias	Áreas impermeáveis (ha)	Áreas impermeáveis
		(%)
1	0,7597	88
2	0,6477	71
3	0,0319	52
4	0,0369	54
5	0,1244	83
6	0,1291	100

Fonte: Autoria própria.

O SWMM permite que as áreas impermeável e permeável de uma sub-bacia sejam divididas em sub-áreas: com e sem armazenamento em depressão. A

profundidade da sub-área com armazenamento adotada, tanto permeável quanto impermeável foi de 1,25 mm para todas as sub-bacias, considerando recomendações do manual do *software*.

4.4 Uso do solo

A localização das sub-bacias em questão foi em um bairro na região residencial em Ouro Branco, onde foi considerado que não há limpeza urbana regularmente.

Segundo Rossman (2015), o SWMM permite avaliar o acúmulo de poluentes durante o período seco e a lavagem desses poluentes por eventos de precipitação. Segundo recomendações do manual do SWMM, assume-se que os sólidos em suspensão nas áreas residenciais são acumulados exponencialmente a uma taxa de 1 kg/ha.d, até que seja alcançado um valor limite de 3,4 kg/ha.

Neste trabalho, o agente poluente foi definido a partir do tipo de uso do solo, sendo apenas sólidos, uma vez que toda a área foi adotada como uso residencial. A concentração de sólidos adotada foi de 179,5 mg/L, de acordo com Teixeira et al. (2021).

4.5 Lixiviação

O estudo realizado por Marques et al. (2009) discute sobre a importância do controle da lixiviação para evitar o risco da poluição das águas. Nesse sentido, foi analisada a lixiviação contida na água de drenagem urbana, visto que a região é cercada por mineração. O *software* define a Equação 3 para a vazão sólida.

$$W = C1 * Q^{C2} \qquad \text{Equação (3)}$$

Onde:

- W é a vazão sólida, em kg/h;
- C1 é o coeficiente de lixiviação, em kg/L;
- C2 é o expoente de lixiviação;
- Q é a vazão de escoamento, em L/s.

Os coeficientes adotados para a Equação 3 foram de C1 igual a 61,33 e C2 igual 1,02, conforme Tsuji (2018).

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Apresentam-se nesse capítulo os resultados obtidos no presente estudo. São discutidos os gráficos e relatórios obtidos através da simulação matemática no modelo SWMM.

5.1 Vazão nos trechos

Na Figura 6 é representado o gráfico que relaciona a vazão de água em cada trecho pelo tempo decorrido. Podemos observar que o trecho T4 possui uma maior vazão, o que se deve ao fato de estar mais próximo do exutório.

Figura 6 – Vazão de escoamento em cada trecho simulado



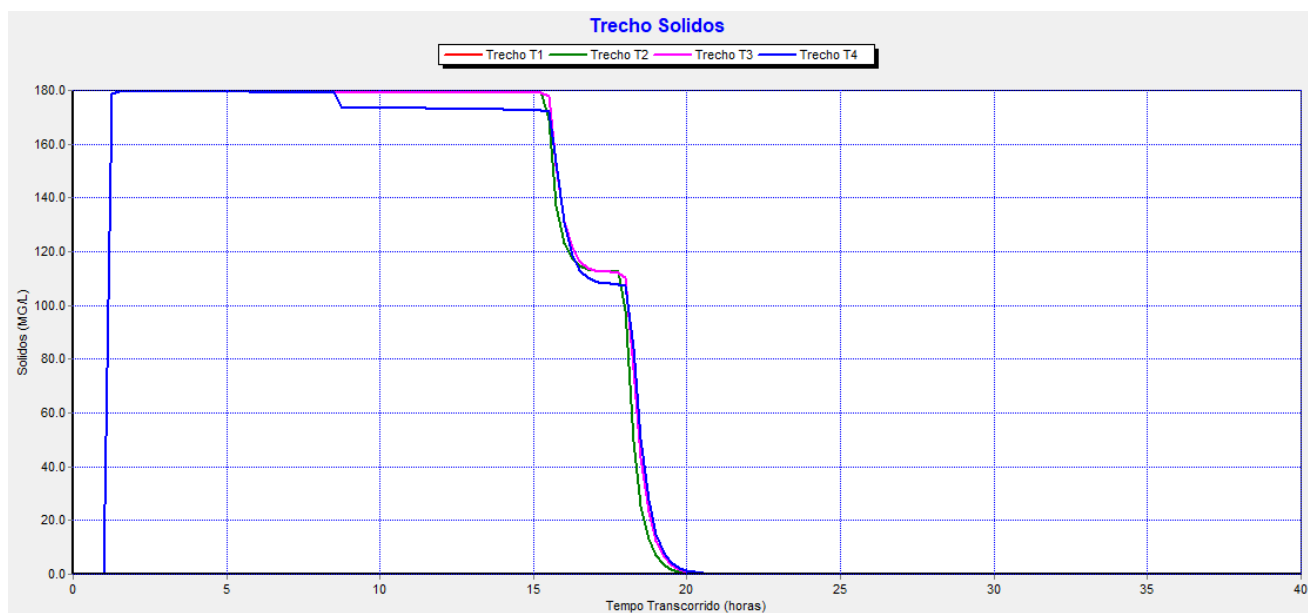
Fonte: Autoria própria.

A vazão de água no trecho 1 é nula, uma vez que o ele é o trecho inicial e não recebeu nenhuma contribuição.

5.2 Análise dos sólidos

Com os dados de poluentes inseridos, foi possível obter o gráfico da quantidade de sólidos acumulados em cada trecho durante o tempo decorrido da simulação. Com isso, pode-se perceber que o Trecho T4, por estar mais próximo do exutório, tem uma concentração maior de sólidos, mesmo no tempo inicial. Após certo tempo, a concentração se assemelha às dos trechos T1, T2 e T3.

Figura 7 – Variação da concentração de sólidos de cada trecho simulado



Fonte: Autoria própria.

A seguir, são apresentadas algumas sínteses da qualidade da água e seus poluentes de acordo com cada sub-bacia.

5.2.1 Lixiviação

Na Tabela 7, pode-se observar a quantidade de sólidos lixiviados em cada sub-bacia. É visto que as sub-bacias S1 e S2 são as que apresentaram maior quantidade de sólidos. Isso pode ser relacionado por possuírem as maiores área e, assim, ter um potencial alto de gerar sólidos.

Tabela 7 - Lixiviação em cada sub-bacia simulada

Sub-bacia	Sólidos (kg)
S1	508,298
S2	508,284
S3	32,865
S4	32,442
S5	87,343
S6	78,651
Total	1251,883

Fonte: Autoria própria.

5.2.2 Qualidade da água

A partir da Tabela 8, tem-se um resumo com as principais fontes de poluição nas bacias, sendo elas: deposição em período chuvoso, perda por infiltração, lixiviação superficial e acúmulo restante.

Os fatores de maior influência na quantidade de sólidos foram a lixiviação e a deposição em período chuvoso.

Tabela 8 - Balanço da qualidade da água pluvial no sistema de drenagem

Descrição	Sólidos (kg)
Acúmulo inicial	7,051
Acúmulo superficial	5,141
Deposição em período chuvoso	1320,234
Perda por infiltração	321,054
Lixiviação superficial	1251,883
Acúmulo restante	5,133

Fonte: Aatoria própria.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi desenvolvido com o propósito de realizar uma simulação da qualidade da água da chuva em um sistema de drenagem através do programa SWMM e avaliar os resultados obtidos. Portanto, a partir da verificação dos resultados ficou evidente que a modelagem matemática foi uma ferramenta de grande importância para avaliar aspectos qualitativos e quantitativos da água.

A modelagem no SWMM proporcionou a análise da qualidade da água da bacia escolhida. Com os valores de acúmulo, lixiviação, perda por infiltração, entre outros, foi possível ter um panorama da característica da água de cada trecho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO FILHO, Amaury de; CURI, Nilton; SHINZATO, Edgar. **Relações solo-paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 903-916, 2010.

CARVALHO, Naim et al. **Importância da modelagem computacional da engenharia**. Jornada acadêmica UFOPA, 2015.

GOMES, Kaline. **Modelagem da poluição difusa em uma bacia de drenagem urbana**. Natal, 2014.

Climatologia em Ouro Branco, BR, Disponível em < <https://www.climatempo.com.br/climatologia/3903/ourobranco-mg>>. Acesso em: 03 ago. 2021

Ecohidrologia e sua perspectiva, Disponível em < <http://rhama.com.br/blog/index.php/meio-ambiente/ecohidrologia-e-sua-perspectiva/>> . Acesso em: 04 ago.2021

MARQUES, Anelise Kappes et al; **Avaliação do potencial de lixiviação e o risco de poluição hídrica por agroquímicos utilizados na cultura de arroz no Tocantins**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

ROSSMAN, L.A. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1. United States Environmental Protection Agency (EPA), 2015.

SANTOS, Marina. **Proposição e avaliação de sistemas de baixo impacto ambiental para fins de mitigação de cheias em áreas urbanas**. Viçosa, 2020.

SEGURA, Francisco. **Modelagem numérica no ensino de fenômenos dinâmicos: Um exemplo na farmacologia**. São Carlos, 2019.

SILVA, Pedro. **Análise de técnicas compensatórias de drenagem urbana para atenuação de inundações em uma sub-bacia do rio Jiquiá no Recife**. Recife, 2010.

SILVA, Roney Elias da et al. **Levantamento malacológico da Bacia Hidrográfica do Lago Soledade, Ouro Branco, (Minas Gerais, Brasil)**. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v. 36, n. 5, p. 437-444, 1994.

TUCCI, Carlos. **Drenagem Urbana**. São Paulo, Ciência e Cultura, 2003.

TUCCI, Carlos. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2001.

TSUJI, Thays. **Monitoramento e modelagem das águas de drenagem pluvial no núcleo urbano da bacia do Ribeirão Riacho Fundo, Brasília – DF**. Brasília, 2018.