

Universidade Brasil
Campus de Fernandópolis

MARCELO DA SILVA MIGUELÃO

MAQUETE DE BACIA HIDROGRÁFICA APLICADA AO ENSINO
DA MATEMÁTICA ASSOCIADA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

MODEL OF HYDROGRAPHIC BASIN APPLIED TO THE TEACHING OF
MATHEMATICS ASSOCIATED WITH ENVIRONMENTAL EDUCATION

Fernandópolis, SP
2017

Marcelo da Silva Miguelão

MAQUETE DE BACIA HIDROGRÁFICA APLICADA AO ENSINO DA
MATEMÁTICA ASSOCIADA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Orientador: Prof. Dr. Luiz Sergio Vanzela

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Fernandópolis, SP

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

M577m Miguelão, Marcelo da Silva
Maquete de bacia hidrográfica aplicada ao ensino da matemática associada a educação ambiental / Marcelo da Silva Miguelão. – Fernandópolis, 2017.
82 f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade de Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Profº Drº Luiz Sérgio Vanzela

1. Ciclo hidrológico. 2. Modelagem matemática. 3 Recursos hídricos. I.Título.

CDD 333.916

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "MAQUETE DE BACIA HIDROGRÁFICA APLICADA AO ENSINO DA MATEMÁTICA ASSOCIADA À EDUCAÇÃO AMBIENTAL"

Autor(es):

Discente: Marcelo da Silva Miguelão

Orientador: Luiz Sergio Vanzela

Assinatura:

Assinatura:


Data: 30/novembro/2017

TERMO DE APROVAÇÃO

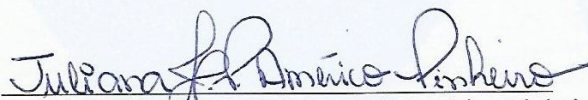
MARCELO DA SILVA MIGUELÃO

**MAQUETE DE BACIA HIDROGRÁFICA APLICADA AO ENSINO DA
MATEMÁTICA ASSOCIADA À EDUCAÇÃO AMBIENTAL**


Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a) Luiz Sergio Vanzela (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Juliana Heloisa Pinê Américo Pinheiro



Prof(a). Dr(a). Gláucia Rosângela Peglow Borges de Castro

Fernandópolis, 30 de novembro de 2017.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Luiz Sergio Vanzela

Dedicatória

Aos meu familiares e amigos, principalmente minha esposa, meus pais e minha irmã, que me ajudaram e acreditaram sempre e de maneira incondicional no sucesso de meu trabalho. Dedico.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela oportunidade da realização de um sonho. Por Ele sempre dar o equilíbrio necessário nas horas de dificuldade, onde tudo parecia ser perdido. Agradeço à minha família por viver este sonho comigo e por fazer de tudo para que ele se tornasse realidade. Agradeço especialmente à minha esposa Patrícia, por não poupar nenhum tipo de esforço e sacrifício para que pudesse alcançar meu objetivo. Agradeço minha mãe, com suas ideias e criatividade ímpares, as quais puderam proporcionar a efetividade deste projeto. À minha querida irmã e meu tão amado pai, por sempre encontrarem as palavras certas quando o desânimo rondava os meus dias, por apoiarem incondicionalmente todo este período. Agradeço ao professor e amigo Luiz Sergio Vanzela por ser tão presente neste trabalho, proporcionando absolutamente todo o necessário para que fosse possível transformar este projeto em realidade através de sua orientação, de seus conselhos, e principalmente seu companheirismo. Agradeço a todos os professores do programa de pós-graduação *Strictu Sensu* em Ciências Ambientais da Universidade Brasil pelas aulas, discussões e momentos de reflexão sobre os mais diversos temas e assuntos, contribuindo efetivamente para minha melhor formação intelectual.

“A matemática é o alfabeto com o qual Deus escreveu o Universo.”

Galileu Galilei

MAQUETE DE BACIA HIDROGRÁFICA APLICADA AO ENSINO DA MATEMÁTICA ASSOCIADA A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

RESUMO

A matemática é uma disciplina que exige a habilidade de abstração para posterior aplicação dos conceitos apresentados. Esta habilidade pode ser estimulada pela aplicação em situações concretas relacionadas a fenômenos naturais. Um dos processos naturais que se enquadram neste tipo de situação é o ciclo hidrológico. A modelagem matemática da precipitação da chuva, escoamento da água superficial e infiltração em uma bacia hidrográfica abrange vários conteúdos do currículo da matemática, podendo contribuir significativamente com o aprendizado de vários conceitos e gerando a possibilidade de relacioná-los e aplicá-los em outras situações. Com isso, neste trabalho, objetivou-se a construção de uma maquete aplicável para o ensino da matemática associada a educação ambiental. Para isso foram projetadas e confeccionadas peças de acrílico, no formato de um jogo facilmente montável, que permite simular o escoamento superficial em uma bacia hidrográfica. O modelo hidrológico selecionado para o experimento é o racional (recomendado para bacias com área inferior a 2 km²), onde a vazão “Q” (expressa em litros por segundo) é pré-determinada utilizando a equação $Q=(C \cdot i \cdot A)$, em que “C” é o coeficiente de escoamento superficial, “i” é a intensidade máxima de chuva (expressa em milímetros por segundo) e “A” é a área de drenagem da bacia (expressa em metros quadrados). A maquete foi projetada com área “A” de 0,5151 m², em acrílico e composta das seguintes partes: 1-Bandeja superior (simula a precipitação), 2-Bandeja inferior (coleta a água infiltrada), 3-Suportes das bandejas superior e inferior (sustentam as bandejas), 4-Hastes de metal (conectam os suportes superior e inferior), 5-Suporte da bacia (sustenta o corpo da bacia), 6-Corpo da bacia (composta de várias placas perfuradas, permitindo que parte da precipitação da bandeja superior infiltre para a bandeja inferior) e 7-Calha de escoamento (permite que a água não infiltrada para a bandeja inferior, seja canalizada e medida por proveta graduada). Após calibrações em laboratório, com as partes da bacia nos cenários 01 e 03, obteve-se que a aplicação de 5 litros de água no cenário 01 resulta em $i=0,55\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, $C=0,10$ (equivalente a uma bacia hidrográfica preservada) e $Q=0,02833\text{ L s}^{-1}$ e no cenário 03 $i=0,54\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$, $C=0,36$ (equivalente a uma bacia hidrográfica agricultada) e $Q=0,10013\text{ L s}^{-1}$. Com os parâmetros iniciais calibrados, a dinâmica de um laboratório de aula prática de matemática associado com educação ambiental poderia ser realizada da seguinte forma: (a) Realiza-se um cálculo prévio com valores calibrados de “i”, “C” e “A” com o modelo racional, obtendo-se $Q=(0,10 \cdot 0,55 \cdot 0,5151)=0,02833\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ para o cenário 01 e $Q=(0,36 \cdot 0,54 \cdot 0,5151)=0,10014\text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ para o cenário 03; (b) Em seguida, com aplicação de 5 litros de água na bandeja superior resultará em escoamento coletado e medido na proveta de $Q=0,02756\text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ para o cenário 01 e $Q=0,10699\text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ para o cenário 03 (c) Compara-se então os valores calculados e medidos experimentalmente, demonstrando a validade do modelo matemático e o impacto no aumento dos picos de cheias e transporte superficial de poluentes.

Assim, conclui-se que esta dinâmica de aula proporcionará aos alunos um melhor entendimento da matemática associada a conscientização ambiental, melhorando a fixação dos alunos nos conteúdos ensinados.

Palavras-chave: ciclo hidrológico, modelagem matemática, recursos hídricos

MODEL OF HYDROGRAPHIC BASIN APPLIED TO THE TEACHING OF MATHEMATICS ASSOCIATED WITH ENVIRONMENTAL EDUCATION

ABSTRACT

Mathematics is a discipline that requires the ability of abstraction for later application of the presented concepts. This ability can be stimulated by application in concrete situations related to natural phenomena. One of the natural processes that fit into this type of situation is the hydrological cycle. The mathematical modeling of rainfall, surface water flow and infiltration in a watershed encompasses various contents of the mathematics curriculum, and can contribute significantly to the learning of several concepts and generating the possibility of relating them and applying them in other situations. With this, in this work, the objective was the construction of an applicable model for the teaching of mathematics associated with environmental education. For this, acrylic pieces were designed and made in the form of an easily mountable set, which allows simulating surface runoff in a river basin. The hydrological model selected for the experiment is the rational (recommended for basins with an area less than 2km²), where the flow rate "Q" (expressed in liters per second) is predetermined using the equation $Q = (C \cdot i \cdot A)$, in that "C" is the runoff coefficient, "i" is the maximum rainfall intensity (expressed in millimeters per second) and "A" is the basin drainage area (expressed in square meters). The model was designed with an area "A" of 0.5151m², in acrylic and composed of the following parts: 1-Upper tray (simulates precipitation), 2-Lower tray (collecting water infiltrated), 3-Supports of upper and 4-Metal rods (connect upper and lower brackets), 5-Basin support (holds basin body), 6-Basin body (composed of several perforated plates, allowing part of from the upper infiltration tray to the lower tray) and 7-Flowchart (allows non-infiltrated water to the bottom tray to be piped and measured by graduated cylinder). After calibrations in the laboratory, with the parts of the basin in scenarios 01 and 03, it was obtained that the application of 5 liters of water in scenario 01 results in $i = 0.55\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$, $C = 0.10$ (equivalent to a preserved basin) and $Q = 0.02833\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ and in scenario 03 $i = 0.54\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$, $C = 0.36$ (equivalent to a hydrographic basin) and $Q = 0.10013\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$. With the initial parameters calibrated, the dynamics of a laboratory of practical math class associated with environmental education could be performed as follows: (a) A previous calculation is performed with calibrated values of "i", "C" and "A" With the rational model, yielding $Q = (0.10 \cdot 0.55 \cdot 0.5151) = 0.02833\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ for scenario 01 and $Q = (0.36 \cdot 0.54 \cdot 0, 5151) = 0.10014\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ for scenario 03; (b) Then, with the application of 5 liters of water in the upper tray, the collected and measured flow in the test tube of $Q = 0.02756\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ for scenario 01 and $Q = 0,10699\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ for the (c) It compares the calculated and experimentally measured values, demonstrating the validity of the mathematical model and the impact on the increase of the peaks of floods and surface transport of pollutants. Thus, it is concluded that this classroom dynamics will provide students with a better understanding of the mathematics associated with environmental awareness, improving the learning of the taught contents.

Key words: hydrological cycle, mathematical modeling, water resources

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo Hidrológico	21
Figura 2. Porcentagem de População Mundial x Porcentagem de Água Doce por Continente	23
Figura 3. Bacias Hidrográficas Brasileiras.....	24
Figura 4. Disponibilidade hídrica superficial no Brasil.	25
Figura 5. Corte transversal através de 3 bacias adjacentes hipotéticas.....	29
Figura 6. Bacia Hidrográfica	29
Figura 7. Mapa Comparativo Ensino de Matemática no PISA 2015.....	36
Figura 8: Detalhe da localização da bacia hidrográfica utilizada como modelo para o projeto.	44
Figura 9. Detalhe da vista frontal e lateral do equipamento, onde após uma precipitação simulada, seria possível medir os volumes escoados pela superfície (Q) e infiltrados nos furos das placas (I).....	45
Figura 10. Detalhe das partes da maquete e o equipamento montado.....	46
Figura 11. Detalhe da bandeja superior já construída.....	48
Figura 12. Detalhe da bandeja inferior já construída.....	48
Figura 13. Detalhe dos suportes superior (a) e inferior (b) das bandejas da maquete já finalizadas.....	49
Figura 14. Detalhe das hastes já finalizadas.....	49
Figura 15. Detalhe do corpo da bacia já finalizado.....	50
Figura 16. Detalhe da planta da bacia hidrográfica na escala da maquete.....	51
Figura 17. Detalhe da numeração das peças do corpo da bacia.	51
Figura 18. Detalhe dos parafusos com porcas utilizados na junção das peças do corpo da bacia.....	52
Figura 19. Detalhe das peças 8, 8.1 e 8.2 do corpo da bacia com três diferentes variações de densidades de furos.....	52
Figura 20. Detalha da calha de saída de água já finalizada.....	53
Figura 21. Detalhe dos suportes de madeira de inclinação do corpo da bacia.	54
Figura 22. Equações de ajuste da intensidade de precipitação - i e coeficiente de escoamento superficial - C , para as configurações de bacias nos cenários 01 (a, b), 02 (c, d) e 03 (e, f).....	56
Figura 23. Detalhe da bandeja inferior sobre o suporte da bandeja inferior.....	58

Figura 24. Detalhe dos suportes de madeira já alocados abaixo da bandeja inferior.	59
Figura 25. Detalhe do corpo da bacia já sobre a base do corpo da bacia.....	59
Figura 26. Detalhe das hastes encaixadas nos cantos do suporte da bandeja inferior	60
Figura 27. Detalhe do suporte da bandeja superior encaixado nas hastes.....	60
Figura 28. Detalhe da bandeja superior sobre o suporte da bandeja superior.	61
Figura 29: Deposição de água na bandeja superior.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fatores condicionantes do escoamento	32
Tabela 2. Valores de coeficiente de escoamento relacionados a ocupação do solo.....	33
Tabela 3. Detalhe dos cálculos utilizados na determinação das variáveis de saída.....	55
Tabela 4. Variáveis calibradas para valores de volume de entrada (V_{en}).....	57
Tabela 5. Medidas Experimentais Cenário 01	63
Tabela 6. Medidas Experimentais Cenário 03.....	63
Tabela 7: Vazão na saída da bacia para os cenários 01 e 03 calculadas a partir do modelo racional e medidas experimentalmente na maquete.	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INEP – Instituto de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef)

OMS - Organização Mundial da Saúde (OMS)

ONU - Organização das Nações Unidas (ONU)

ANA - Agência Nacional de Águas

CNRH - Conselho Nacional de Recurso Hídricos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

PISA - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. Objetivo	20
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1. Recursos Hídricos	21
2.1.1. Recursos Hídricos no Brasil	24
2.2. Bacias Hidrográficas.....	28
2.2.1. Características Fisiográficas: Infiltração de Água no Solo e Escoamento Superficial.....	29
2.2.2. Vazão de cheia: método racional	32
2.3. Ensino de Matemática, Educação Ambiental e Interdisciplinaridade.	34
3. MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1. Local do desenvolvimento	43
3.2. Metodologia.....	43
3.2.1. Projeto	43
3.2.2. Construção	47
3.2.3. Calibração	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1. Montagem do equipamento	58
4.2. Realização do Experimento.....	61
4.3. Apresentação dos resultados	63
4.4. Discussão.....	65
5. CONCLUSÃO.....	70
Referências	72
ANEXO A	76

1. INTRODUÇÃO

A matemática é uma disciplina que exige, na maioria das vezes, a habilidade de abstração para posterior aplicação dos conceitos apresentados. Esta habilidade pode ser estimulada por meio da sua aplicação em situações concretas, como a modelagem matemática relacionada a fenômenos naturais. Desta maneira, a matemática torna-se um conhecimento contextualizado, com utilidades para as mais variadas situações do cotidiano. No entanto, a realidade do ensino de matemática praticado atualmente na maioria das escolas brasileiras revela que muito deve ser feito para que seja possível melhorar o aprendizado dos alunos.

O Brasil acumula fracasso após fracasso nas avaliações externas, como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), e nas avaliações internas, como o Exame Nacional do Ensino Médio. Nestas duas avaliações, as notas em matemática ficam muito aquém do que se espera para um país que tenha intenções de alcançar o desenvolvimento.

De acordo com o relatório anual Brasil no PISA 2015 (OCDE, 2016), dos seis níveis de proficiência em matemática estabelecidos, sendo o nível 1 para o mais básico e o nível 6 para o mais avançado, 26,51% dos estudantes brasileiros estão no nível 1 e 43,74% estão abaixo do nível 1. A média para os países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) é de 14,89% para o nível 1 e 8,47% para abaixo do nível 1. Dos 70 países avaliados pelo PISA 2015, o Brasil obteve 377 pontos, ocupando apenas a 65ª posição em matemática. Atrás do Brasil estão apenas República da Macedônia com 371 pontos, Tunísia com 367 pontos, Kosovo com 362 pontos, Argélia com 360 pontos e República Dominicana com 328 pontos (OCDE, 2016).

Os dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) mostram que as notas em matemática do ENEM demonstram tendência de declínio. Desde 2012, a média de notas em matemática caíram 39,1 pontos (BRASIL, 2017).

Neste sentido, a aplicação de metodologias que possam contextualizar os conceitos matemáticos aplicados ao cotidiano dos alunos é um bom começo para se buscar uma nova maneira de se ensinar matemática.

Do ponto de vista da motivação contextualizada, a matemática que se ensina hoje nas escolas é morta. Poderia ser tratada como um fato histórico. Muitos dirão: mas a Matemática está viva, está-se produzindo mais Matemática nestes últimos 20 anos do que em toda a história da humanidade. Sem dúvidas. Mas essa produção é produto de uma dinâmica interna da ciência e da tecnologia e da própria Matemática. Naturalmente muito intensa, mas não como fonte primária de motivação. Interessa à criança, ao jovem e ao aprendiz em geral aquilo que tem apelo às suas percepções materiais e intelectuais mais imediatas. Por isso é que proponho um enfoque ligado a situações, mais imediatas (D'AMBRÓSIO, 1986).

Segundo Buriasco (1988), outro fato que também contribui para a dificuldade no aprendizado de matemática é o modelo onde a cópia e a repetição dos procedimentos são os principais meios para se obter bons resultados. Ainda segundo o autor, esta ação faz com que o conhecimento matemático fique reduzido apenas a seguir instruções de enunciados de problemas, como se fazê-los corretamente implicasse em compreender o que se faz.

Partindo-se deste cenário, torna-se necessário a discussão de novas metodologias para o ensino de matemática. A contextualização de processos, a utilização de meios práticos e a interdisciplinaridade podem ser um caminho a ser tomado. Vieira (1997) estabelece que as ações dos estudantes são motivadas por situações e vivências, sendo mais interessantes à medida que mais sejam contextualizadas. Desta maneira, trazer esta vivência para o ensino das disciplinas escolares pode fazer com que o rendimento dos alunos seja melhor em todos os aspectos.

Quando se afirma que o ensino de Matemática no Brasil vive uma crise profunda é devido à existência de inúmeras mazelas. São currículos desatualizados, livros de baixa qualidade, aulas baseadas no instrucionismo, conteúdos descontextualizados, que não permitam espaço ao estudante realizar pesquisas e de realizar autoria própria, ou seja, viver a prática ativamente da Matemática (BRUM, 2013).

Na busca desse cenário contextualizado, a modelagem matemática aplicada a fenômenos naturais se mostra como uma alternativa interessante. Aplicar modelos matemáticos à fenômeno ligado ao dia a dia dos alunos, como

o ciclo hidrológico, pode trazer várias contribuições neste sentido. Com este enfoque, além da aplicação dos conhecimentos matemáticos, é possível também o desenvolvimento da educação ambiental.

Assim, a utilização da educação ambiental como tema gerador de problemas e de situações concretas para a aplicação de conceitos e ferramentas matemáticas é uma grande aliada. Vários problemas e modelos matemáticos podem ser desenvolvidos a partir da observação e estudo de casos relacionados ao meio ambiente.

Segundo Carvalho (2001), a educação ambiental tem sido incorporada como uma prática inovadora em diferentes vertentes, destacando-se a sua internalização como objeto de políticas públicas de educação e de meio ambiente, como mediação educativa e um amplo conjunto de práticas de desenvolvimento social.

No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) trazem a educação ambiental como tema transversal, podendo ser abordado de várias formas, sob vários aspectos e em disciplinas diferentes. Desta maneira, a educação ambiental deve ser efetivada por meio da interdisciplinaridade, uma vez que o estudo do tema Meio Ambiente remete à necessidade de se recorrer a conhecimentos relativos de diversas áreas do conhecimento e do saber (BRASIL, 1998).

Trabalhar de forma transversal significa buscar a transformação dos conceitos, a explicitação de valores e a inclusão de procedimentos, sempre vinculados à realidade cotidiana da sociedade, de modo que obtenha cidadãos mais participantes. Cada professor, dentro da especificidade de sua área, deve adequar o tratamento dos conteúdos para contemplar o Tema Meio Ambiente, assim como os demais Temas Transversais. Essa adequação pressupõe um compromisso com as relações interpessoais no âmbito da escola, para haver explicitação dos valores que se quer transmitir e coerência entre estes e os experimentados na vivência escolar, buscando desenvolver a capacidade de todos para intervir na realidade e transformá-la, tendo essa capacidade relação direta com o acesso ao conhecimento acumulado pela humanidade (BRASIL, 1998).

Sendo assim, a utilização de uma maquete interativa para o estudo do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica, que demonstre os fatores que

determinam o escoamento e a infiltração da água no solo proporcionando o estudo de vários temas como o gerenciamento de recursos hídricos, uso e ocupação do solo, preservação da vegetação nativa, prevenção de enchentes e a obtenção de modelos matemáticos que descrevam, com alguma precisão, os fenômenos relacionados ao escoamento, vazão e cheia da bacia hidrográfica, podem atingir os objetivos de uma aula mais contextualizada, próxima da realidade, aplicável ao cotidiano do aluno e interdisciplinar.

A busca e utilização de metodologias que visem a compreensão e aprendizado de matemática por meio de situações reais da natureza podem tornar-se um grande depósito de possibilidades para que seja possível aprender matemática de maneira mais significativa, agregando valores relacionados à educação ambiental.

Esta nova prática pedagógica pode gerar novas formas e novos conceitos no ensino das ciências exatas, promovendo a busca do conhecimento e estimulando os alunos a compreenderem melhor a natureza, a sociedade e o mundo onde vivem.

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi construir uma maquete interativa para uso experimental onde é possível simular chuvas em uma bacia hidrográfica, efetuar cálculos com modelos empíricos e com os dados obtidos experimentalmente e analisar as variantes ambientais relacionadas à ocupação da bacia hidrográfica, recursos hídricos, vegetação e impactos gerados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Recursos Hídricos

A água é um recurso renovável essencial para a existência e manutenção da vida no planeta Terra (ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 2014). Ainda de acordo com o mesmo autor, ela está presente em toda a natureza em seus três estados físicos: sólido (nas geleiras), líquido (oceanos, mares, rios, lagos e lagoas) e gasoso (atmosfera), e influencia diretamente processos biogeoquímicos nos ecossistemas aquáticos e terrestres.

O ciclo hidrológico (Figura 1) vem mantendo durante milênios a disponibilidade de água no planeta Terra, seja nos oceanos, lençóis freáticos, rios, lagos, lagoas, na composição do solo e na atmosfera. Sendo assim, o ciclo hidrológico ocupa papel central na dinâmica da renovação dos recursos hídricos do planeta. Esse ciclo pode ser simplificado da seguinte forma: a água evapora devido a absorção de calor ou devido à transpiração de animais e plantas, ascendendo para as camadas mais altas da atmosfera onde se condensa ou precipita sobre a superfície terrestre.

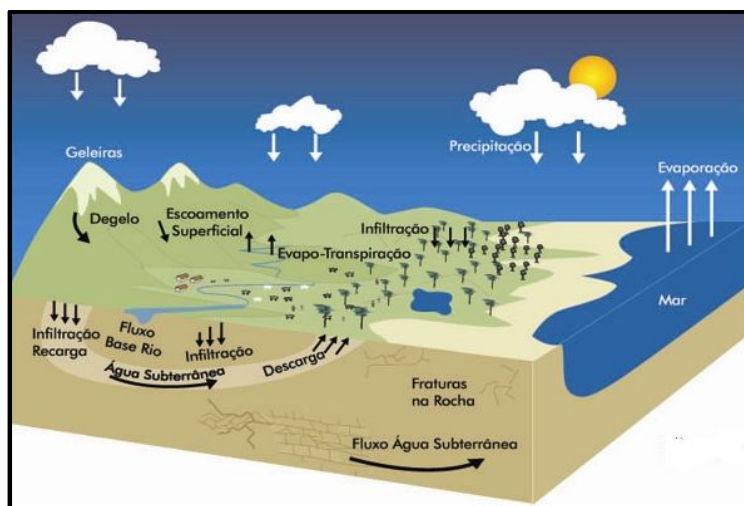


Figura 1. Ciclo Hidrológico
Fonte: MMA (2007)

Uma característica importante deste ciclo é o fato de que a água evaporada em determinada região do planeta pode se precipitar em outra região distante daquela de origem. Alguns exemplos dessa situação são as massas evaporadas na região da floresta amazônica que precipitam na região sudeste

do Brasil e também as massas evaporadas em regiões do oceano pacífico que chegam até a América do Sul. Este fato, aliado com outros fatores, determinam a distribuição irregular destes recursos sobre a superfície do planeta (ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 2014).

A ciência responsável pelo estudo da distribuição dos recursos hídricos na Terra, suas características físicas, químicas, sua qualidade, seu perfil de circulação e suas relações com o meio ambiente é a hidrologia. Segundo Tucci (2001), a hidrologia é uma ciência que está voltada para a representação dos processos físicos que ocorrem na bacia hidrográfica, baseando-se na observação dos fenômenos envolvidos.

Os recursos hídricos representam a disponibilidade de água doce no planeta para os mais diversos usos por parte dos seres humanos. Dentre estes usos destaca-se a agricultura, pecuária, geração de energia, dessedentação animal, navegação, utilização na indústria, comércio, uso doméstico, entre outros. Mas normalmente, a utilidade mais nobre deste precioso recurso está relacionada com o consumo humano.

O volume total de água disponível no planeta Terra não varia, ou seja, não aumenta e não diminui. Apenas sua distribuição pela superfície do planeta e o estado físico em que se apresenta podem variar. Segundo Grassi (2001), aproximadamente 97,5% da água presente na Terra é salgada (oceanos), sendo imprópria para o consumo humano. Dos 2,5% do total de água doce presente no planeta, 98,8% estão em áreas de difícil acesso (geleiras, picos montanhosos, calotas polares e no subsolo), cerca de 0,9% compõe a umidade do solo e apenas 0,3% está presente na superfície em rios, lagos e lagoas, o que representa 0,007% do total da água do planeta Terra.

Além do baixo percentual de água doce disponível na superfície com fácil acesso, esta água não está distribuída de maneira homogênea pela superfície do planeta, o que gera desigualdade e dificuldade de acesso para algumas populações (Figura 2).

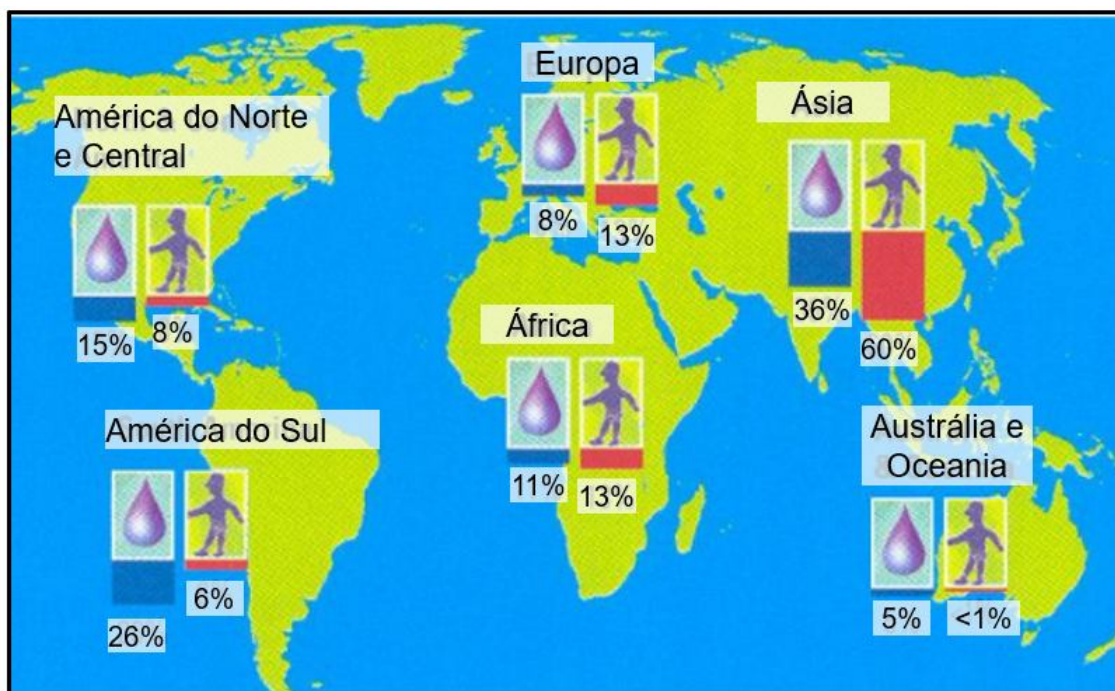


Figura 2. Porcentagem de População Mundial x Porcentagem de Água Doce por Continente
 Fonte: Adaptado de The United Nations World Water Development Report (2003)

Outro problema grave é a contaminação de uma parcela considerável deste recurso devido a ação antrópica. Este fato diminui ainda mais sua disponibilidade, afetando diretamente a vida e a saúde das pessoas.

A contaminação da água se dá, principalmente, pelo uso indiscriminado defensivos na agricultura e na pecuária, por metais pesados e substâncias derivadas das indústrias, o descarte de esgoto sem tratamento adequado, desmatamento, ocupação irregular de áreas de mananciais e o descarte irregular dos resíduos sólidos (TUNDISI, 2003).

De acordo com o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) e a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de um terço da população mundial (2,4 bilhões de pessoas) não possuem acesso a água potável. Projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que, se os modelos de gerenciamento de recursos hídricos continuarem da mesma forma, em 2025 cerca da metade da população mundial não terá acesso a água limpa e de qualidade (ONU, 2015). O mesmo autor destaca ainda que no Brasil, a taxa de acesso da população à água potável é, segundo a Unicef e OMS, perto de 94%. A falta de governança relacionada aos recursos hídricos aliada ao desenvolvimento insustentável vem comprometendo a qualidade e

disponibilidade dos recursos hídricos, influenciando de maneira negativa o desenvolvimento de benefícios sociais e econômicos.

As projeções referentes à demanda por água no planeta apontam para um aumento de até 55% na demanda total até 2050, devido a necessidade de produzir globalmente 60% mais alimentos na agricultura e de cerca de 400% de aumento na demanda de água para a indústria manufatureira (ONU, 2015).

Os dados indicam um aumento considerável no consumo de água para o abastecimento da população mundial nos próximos trinta e três anos. Desta forma, torna-se visível o grau de importância que deve ser dado à gestão e uso racional dos recursos hídricos, para que, em um futuro próximo, não exista uma escassez ainda maior de água no planeta.

2.1.1. Recursos Hídricos no Brasil

De toda água doce superficial presente no planeta, o Brasil detém cerca de 13% deste recurso, distribuídos irregularmente pelo território (ANA, 2013), sendo que 81% está Região da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas, onde encontra-se um pequeno contingente populacional (cerca de 5%) e a menor demanda. Nas regiões das bacias hidrográficas banhadas pelo Oceano Atlântico, onde concentram-se aproximadamente 45,5% da população do país, estão disponíveis apenas 2,7% dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2013) (Figuras 3 e 4).

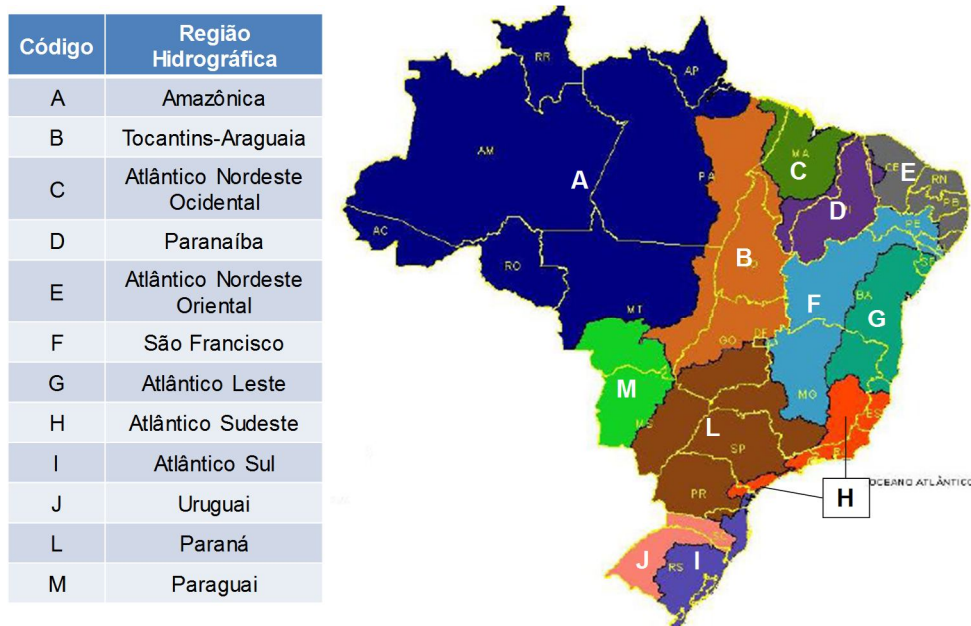


Figura 3. Bacias Hidrográficas Brasileiras

Fonte: Conselho Nacional de Recurso Hídricos (CNRH, 2003)

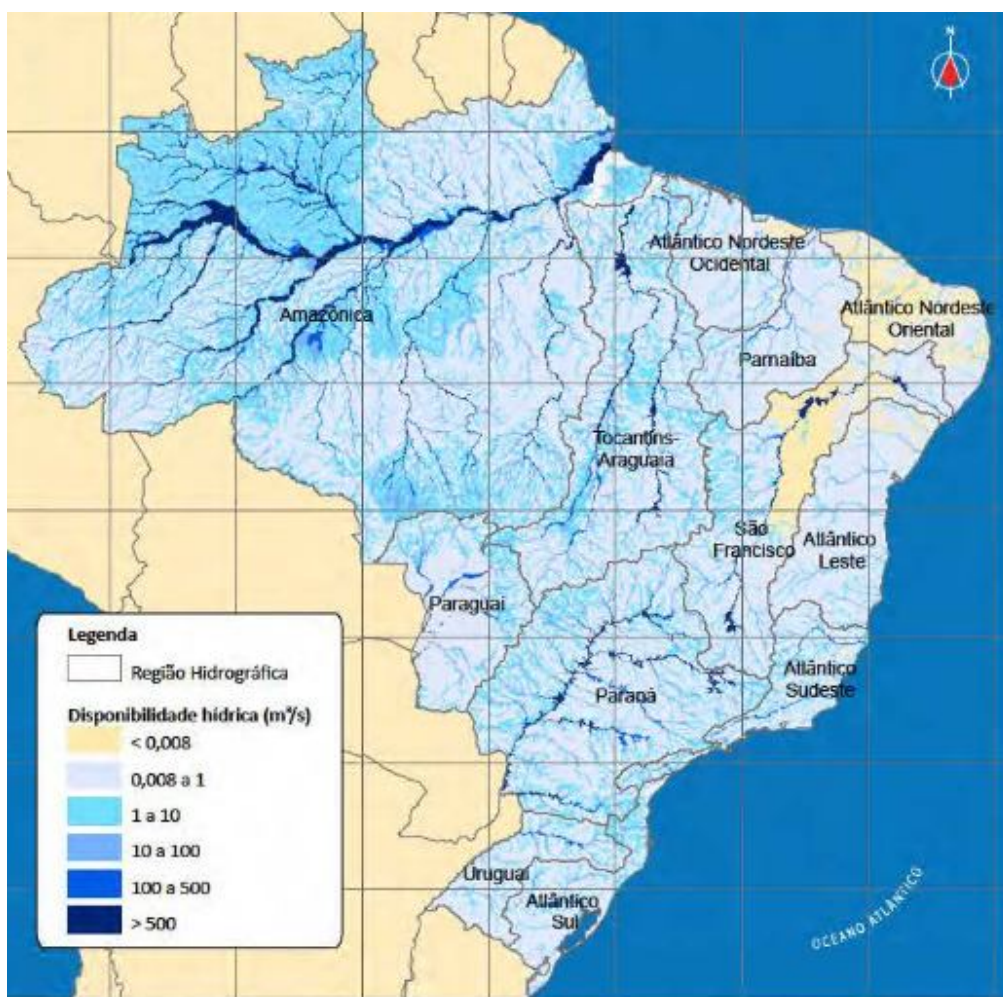


Figura 4. Disponibilidade hídrica superficial no Brasil.
Fonte: ANA (2013)

Embora o Brasil tenha situação confortável, quando observada a quantidade de seus recursos hídricos em comparação com outros países do mundo (ANA, 2013), o desperdício de água por parte da população, seu uso indiscriminado na agropecuária e na indústria, a perda ocorrida nos encanamentos das casas e na rede de distribuição das cidades, a poluição das reservas subterrâneas e das águas superficiais e a irregularidade na sua distribuição pelo território brasileiro, não garantem o acesso para a totalidade da população.

De acordo com o IBGE (2011), o esgoto é o principal vilão na poluição dos recursos hídricos. Os dados mostram que 47,8% da população brasileira não possui rede de coleta de esgoto. A falta de saneamento básico faz com que o esgoto sem tratamento seja jogado nos cursos de água (rios, córregos, lagos,

lagoas) promovendo sua contaminação e degradação, trazendo graves consequências sociais e ambientais.

Dentro da perspectiva da degradação ambiental dos recursos hídricos, a agricultura e pecuária também contribuem para um quadro preocupante. Para a EMBRAPA (1998), as atividades pecuárias apresentam um forte potencial de contaminação decorrente da elevada concentração da produção animal, com alta produção de dejetos sem o tratamento e o manejo adequado, resultando em seu transporte aos rios, lagos, lagoas e lençol freático.

Também, a agricultura intensiva com o uso inadequado de insumos, fertilizantes, inseticidas e herbicidas e o alto grau de mecanização sem manejo conservacionista do solo, podem contaminar as fontes de água superficiais e subterrâneas com substâncias tóxicas, nutrientes solúveis em água e sedimentos (TOLEDO; FERREIRA, 2000).

No âmbito jurídico, o governo federal criou em 8 de Janeiro de 1997 a Lei nº 9.433, conhecida como Lei das Águas (BRASIL, 1997). Esta lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). É o primeiro marco regulatório no Brasil em relação ao uso, apropriação e preservação dos recursos hídricos.

Art. 1º: A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. (BRASIL, 1997)

A partir dos objetivos da Lei das Águas fica evidente a preocupação referente ao uso e preservação dos recursos hídricos disponíveis no Brasil.

Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;

II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. (BRASIL, 1997)

No ano de 1999, na abertura do seminário “Água, o desafio do próximo milênio”, foi lançado o projeto que traria as bases de implementação da Agência Nacional de Águas (ANA). O projeto foi aprovado pelo Congresso Nacional em 7 de junho de 2000 e sancionado pelo presidente da república em exercício, Marco Antônio de Oliveira Maciel, em 17 de julho do mesmo ano.

Com a implementação da Lei das Águas e da Agência Nacional de Águas, os estudos sobre a disponibilidade, qualidade, usos, distribuição e acesso aos recursos hídricos no Brasil tiveram um grande impulso, devido aos novos investimentos e incentivos na área. A partir destes novos estudos foi possível o levantamento de dados atualizados e a implementação de novas tecnologias que possibilitaram a avaliação de vários aspectos importantes sobre a preservação e uso racional e adequado dos recursos hídricos em todo Brasil. Além disso, estes novos dados permitiram a elaboração de novas políticas públicas voltadas para a garantia do direito da população brasileira ao acesso a água.

Desta forma, as novas pesquisas relacionadas a água, ao ciclo hidrológico e à hidrologia fizeram com que as bacias hidrográficas se tornassem o objeto fundamental de análise dos recursos hídricos por todas as regiões do território brasileiro. A observação das mais diferentes relações existentes entre o clima, topografia, precipitação, tipo de solo, vegetação entre outros tantos aspectos na região da bacia hidrográfica são decisivos para a determinação de importantes aspectos referentes a água, como sua qualidade, distribuição, disponibilidade, além de permitir a criação de métodos e estratégias que visem as mais diferentes formas de preservação destes recursos.

2.2. Bacias Hidrográficas

O estudo do ciclo hidrológico é de fundamental importância para avaliar e monitorar a disponibilidade de recursos hídricos disponíveis na Terra. Neste sentido, as bacias hidrográficas representam a unidade geográfica onde ocorre a captação de água pela precipitação, etapa final deste ciclo. Segundo Garcez e Alvarez (1988), bacia hidrográfica é uma área definida e fechada topograficamente num ponto do curso de água, de forma que toda a vazão afluente possa ser medida ou descarregada para este ponto, chamado de exutório.

No Brasil, com a criação da Lei das Águas, as bacias hidrográficas tornaram-se a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Assim, o estudo das bacias hidrográficas brasileiras se tornou fundamental para a implementação de políticas públicas que atendam as demandas de uso e conservação dos recursos hídricos de acordo com a lei.

A bacia hidrográfica, demarcada por elementos topográficos de diferentes níveis altimétricos, distribuem o fluxo de água da chuva para diferentes regiões presentes dentro da própria bacia. É possível observar fluxos superficiais e também a penetração de água no solo, abastecendo os lençóis freáticos e aquíferos subterrâneos. O ponto onde a vazão superficial se concentra é chamado de seção exutória ou exutório, ou ainda foz da bacia.

Segundo Villela e Mattos (1975), a bacia é delimitada pelos chamados divisores de águas ou divisores topográficos, que separam o fluxo de água que irá escoar ou penetrar no subsolo de bacias que são vizinhas. Estes divisores circundam o entorno da bacia, separando-a de outras que estão ao seu redor. A área plana entre os divisores topográficos que delimitam a bacia hidrográfica é chamada de área de drenagem (Figura 5 e figura 6)

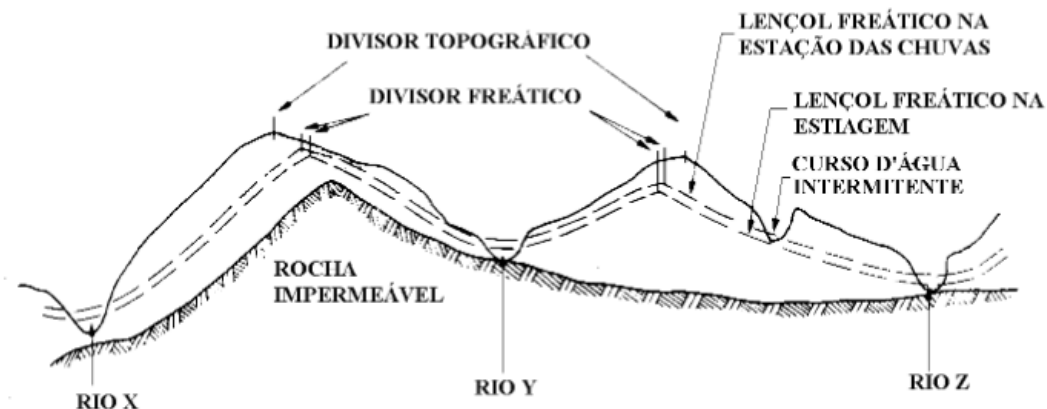


Figura 5. Corte transversal de 3 bacias adjacentes hipotéticas.
Fonte: Villela e Mattos (1975)

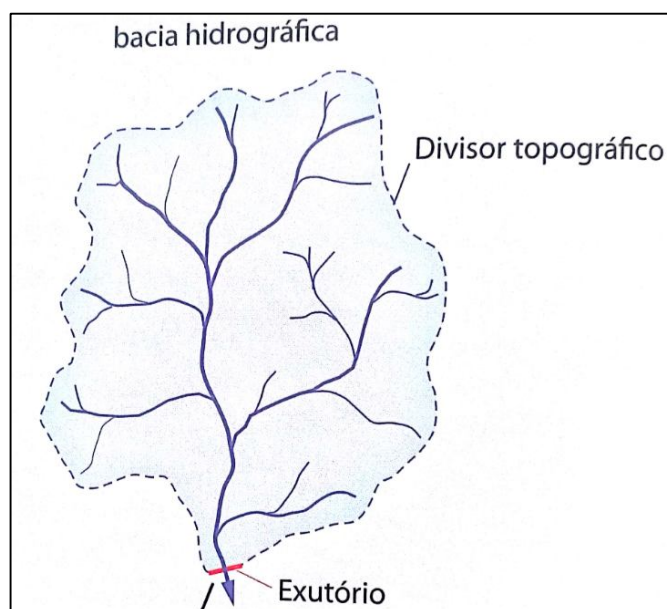


Figura 6. Bacia Hidrográfica
Fonte: Teixeira *et al.* (2009)

2.2.1. Características Fisiográficas: Infiltração de Água no Solo e Escoamento Superficial

A infiltração de água no solo é um fator importante para a dinâmica ambiental. Este fenômeno contribui diretamente para o crescimento da vegetação, para o armazenamento de água nos aquíferos e lençóis freáticos, para regulação do fluxo de água nos rios durante períodos de seca, para reduzir o escoamento superficial, para reduzir cheias e evitar o aparecimento de erosões (COLLISCHONN; TASSI, 2011).

Existem vários fatores que podem influenciar a velocidade e o volume de água infiltrada no solo. O tipo de solo e sua topografia são dois aspectos importantes nesta análise. Solos com características arenosas, com exposição de rochas bastante fraturadas e com presença de materiais porosos e permeáveis facilitam a penetração de água (TEIXEIRA *et al.*, 2009). No entanto, solos argilosos ou solos com exposição de rochas cristalinas com pouca presença de fraturas não favorecem a infiltração de água (TEIXEIRA *et al.*, 2009).

A topografia do terreno também está relacionada com a maior ou menor capacidade de infiltração de água no solo. Terrenos que possuem maior declividade tendem a favorecer o escoamento superficial, diminuindo a taxa de penetração de água no solo.

As formas e o tipo de vegetação também influenciam diretamente a infiltração da água no solo. A presença das raízes das plantas facilita o processo. Outro fator que também contribui é o fato de as folhas dos vegetais sofrerem o primeiro impacto das gotas de chuva, distribuindo a água pelo solo com menor energia ou até mesmo por gotejamento (dependendo do porte das plantas) o que também facilita sua infiltração (TEIXEIRA *et al.*, 2009). Este efeito é chamado de interceptação e também pode ocorrer, de acordo com Tucci (2004), através de barreiras naturais ou artificiais presentes na bacia, que acumulam algum volume de água precipitada, o que acarreta diminuição na velocidade de escoamento superficial, facilitando a infiltração.

Segundo Furtado e Konig (2008), a infiltração das águas das chuvas é inversamente proporcional ao volume de cobertura vegetal existente sobre o solo. Desta maneira, quanto maior for a cobertura vegetal, menor será a ocorrência de escoamento superficial direto (maior infiltração), garantindo assim maior proteção ao solo. Este fato evita o carreamento de partículas sólidas do solo para os rios, proporcionando a estas bacias uma melhor qualidade das águas.

A forma como ocorrem as precipitações também podem alterar a forma como ocorre a recarga dos lençóis freáticos em uma bacia hidrográfica. Uma distribuição regular de chuvas em toda a extensão da bacia favorece a infiltração de água no solo. Chuvas com boa distribuição ao longo do tempo, ou seja, que não sejam chuvas torrenciais (grandes volumes de água que precipitam em um

curto intervalo de tempo), também são responsáveis por bons níveis de penetração de água no solo, pois a taxa de infiltração acompanha a taxa de precipitação (TEIXEIRA *et al.*, 2009).

Outro fator importante que também deve ser levado em consideração ao se analisar a penetração de água no solo está relacionado com a sua ocupação. Com o aumento e crescimento não planejado das cidades, áreas de preservação ambiental são ocupadas de maneira irregular causando grande perda do potencial de recarga subterrânea da bacia hidrográfica.

Nas cidades, devido ao alto grau de impermeabilização do solo (pela presença das construções e asfaltamento de ruas) e também com a deficiência na captação das águas nas galerias pluviais (sistema de captação pluvial mal dimensionado, entupimento de galerias por lixo, baixa vazão nos cursos d'água de descarga), a água não consegue penetrar no solo e conseqüentemente escoará superficialmente podendo causar, nas regiões mais baixas (onde ocorre a convergência dos canais de escoamento) inundações que podem ter conseqüências catastróficas para os moradores desta região. Estas enchentes podem causar a proliferação de doenças, destruição de casas, contaminação dos cursos d'água, prejuízos materiais e até mortes.

Além da ocupação urbana, o desmatamento e a agricultura desenvolvida sem os devidos cuidados (falta de curvas de nível e redes de captação de água, entre outros) também podem contribuir para uma menor absorção de água no solo, causando erosões, comprometendo a qualidade do solo com seu empobrecimento e contribuindo para o assoreamento dos rios e córregos (o que faz com que sua vazão seja prejudicada), além de causar danos nos ecossistemas aquáticos. Segundo Paiva (2003), o assoreamento pode trazer prejuízos aos recursos hídricos pois pode diminuir a navegabilidade dos rios, trazer a inviabilidade do seu aproveitamento para abastecimento e irrigação e acarretar enchentes.

Desta maneira, sob aspectos gerais, a Tabela 1 indica alguns dos fatores mais importantes que interferem na relação infiltração/escoamento superficial das águas em uma bacia hidrográfica.

Tabela 1. Fatores condicionantes do escoamento

Grupo	Tipo	Fator
Climáticos	Precipitação	Modalidade (chuva, neve, granizo, orvalho, neblina ou geada), distribuição no tempo e no espaço, frequência de ocorrência, direção dominante das tempestades, precipitação precedente e umidade do solo
	Evaporação	Temperatura, vento, pressão atmosférica, natureza e superfície de evaporação
	Transpiração	Temperatura, radiação solar, vento, humidade do ar e do solo e tipo de vegetação
Fisiográficos	Características da bacia	Geométricas – forma, tamanho, declive, orientação e elevação. Físicas – cobertura e utilização do solo, tipo de solo, infiltração, permeabilidade, topografia e capacidade de formar toalhas subterrâneas.
	Características dos cursos d'água	Capacidade de escoamento – dimensão e forma da seção transversal, declive, rugosidade, características da rede hidrográfica e comprometimento do curso de água. Capacidade de armazenamento.

Fonte: CHOW, *et al.*, 1988

2.2.2. Vazão de cheia: método racional

A vazão de cheia pode ser entendida como a vazão máxima de escoamento que uma bacia hidrográfica pode atingir. Vários métodos foram desenvolvidos ao longo dos anos para a determinação desta vazão. Dentre estes métodos, muitas fórmulas empíricas, que levam em consideração características físicas da bacia e fatores climáticos (PINTO *et al.*, 1976), além de métodos estatísticos.

Segundo Garcez e Alvarez (1988), estes métodos permitem a previsão de enchentes e vazões em pontos determinados dos cursos de água de uma bacia, possibilitando estimar a vazão mais frequente esperada (média), determinar as alturas fluviométricas e velocidades de escoamento, estudar a propagação de ondas de inundação ao longo dos cursos de água e determinar os volumes de água disponíveis durante determinado intervalo de tempo.

Um dos modelos mais simples para a previsão de vazão de cheia e infiltração é modelo racional. Este método é considerando um método indireto, sendo utilizado pela primeira vez 1851 por Mulvaney e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (TOMAZ, 2002).

De acordo com Garcez e Alvarez (1988) o método racional constitui-se de um método indireto para a previsão de enchentes. A fórmula racional é descrita matematicamente abaixo (Equação 1).

$$Q = \frac{C \cdot i_m \cdot A}{360} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

Q – pico de vazão em m³/s.

C – coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento (adimensional).

i_m – intensidade média de precipitação sobre toda a área drenada em mm/hora

A – área da bacia em m².

Segundo Tomaz (2002), o método racional deve ser aplicado apenas em bacias de área de drenagem inferior a 3km². De acordo com o mesmo autor, as hipóteses utilizadas no método racional são as de que

1 - toda a bacia contribui com o escoamento superficial;

2 - a chuva é distribuída uniformemente sobre toda a área da bacia;

3 - todas as perdas estão incorporadas ao coeficiente de escoamento superficial.

O coeficiente de deflúvio ou coeficiente de escoamento (C) é a razão entre o volume total de escoamento superficial no evento e o volume total precipitado (TUCCI, 2004). A Equação 2 representa o cálculo do coeficiente de escoamento:

$$C = \frac{V_e}{P} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

V_e – Volume escoado

P – Precipitação total

Um dos fatores determinantes para o valor do coeficiente de escoamento é o uso e ocupação do solo. Na Tabela 2 estão os diferentes valores de coeficiente de escoamento para diferentes tipos de ocupação do solo:

Tabela 2. Valores de coeficiente de escoamento relacionados a ocupação do solo

Zona	Valor de C
------	------------

Edificação muito densa: partes centrais, densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas.	0,70 a 0,95
Edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menos densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas.	0,60 a 0,70
Edificações com poucas superfícies livres: pares residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas.	0,50 a 0,60
Edificações com muitas superfícies livres: partes residenciais com ruas macadamizadas ou pavimentadas	0,25 a 0,50
Subúrbios com alguma habitação: partes de arrabaldes e suburbanos com pequena densidade de construção.	0,10 a 0,25
Matas, parques e campos de esportes: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques ajardinados, campos de esportes sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Tomaz, (2002)

A intensidade de chuva (i_m) é a precipitação por unidade de tempo (TUCCI, 2004). As unidades utilizadas mais frequentemente para a intensidade de chuva é o mm/hora ou mm/minuto (TOMAZ, 2002). A Equação 3 representa o cálculo da intensidade de chuva:

$$i_m = \frac{P}{t} \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

P – Precipitação total (em milímetros por hora)

t – Duração da chuva (em horas)

Este modelo foi adotado para os cálculos relativos à maquete da bacia hidrográfica por ser o mais adequado à situação pois apresenta os requisitos exigidos para sua aplicação: pequena bacia hidrográfica, chuva uniforme sobre toda a bacia e perdas associadas apenas ao escoamento superficial.

2.3. Ensino de Matemática, Educação Ambiental e Interdisciplinaridade.

A matemática é uma das disciplinas mais importantes do currículo escolar. O aprendizado de matemática é capaz de proporcionar ao aluno o desenvolvimento do raciocínio lógico, a capacidade de criar rotinas, métodos e estratégias para a resolução de problemas e a sistematização de regras e conceitos aplicáveis em outras áreas do conhecimento. Promove habilidades relacionadas à interpretação de situações e a observação de fenômenos da

natureza, além da aplicação cotidiana. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais, o ensino de matemática deve seguir alguns princípios, dentre os quais destaca-se:

— A Matemática é componente importante na construção da cidadania, na medida em que a sociedade se utiliza, cada vez mais, de conhecimentos científicos e recursos tecnológicos, dos quais os cidadãos devem se apropriar.

— A Matemática precisa estar ao alcance de todos e a democratização do seu ensino deve ser meta prioritária do trabalho docente.

— A atividade matemática escolar não é “olhar para coisas prontas e definitivas”, mas a construção e a apropriação de um conhecimento pelo aluno, que se servirá dele para compreender e transformar sua realidade (BRASIL, 2000).

Desta maneira, o conhecimento básico em matemática, também conhecido como letramento matemático, é de fundamental importância para o exercício da cidadania. De acordo com o relatório do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA, 2015), pode-se dizer que:

Letramento matemático é a capacidade de formular, empregar e interpretar a matemática em uma série de contextos, o que inclui raciocinar matematicamente e utilizar conceitos, procedimentos, fatos e ferramentas matemáticas para descrever, explicar e prever fenômenos. Isso ajuda os indivíduos a reconhecer o papel que a matemática desempenha no mundo e faz com que cidadãos construtivos, engajados e reflexivos possam fazer julgamentos bem fundamentados e tomar as decisões necessárias (OCDE 2016).

No entanto, o ensino de matemática no Brasil vem passando por uma crise sem precedentes. Os péssimos resultados brasileiros nas avaliações externas e também no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) demonstram que o ensino de matemática nas escolas brasileiras é um desafio que deve ser enfrentado.

De acordo com o relatório anual Brasil no PISA 2015 (OCDE, 2016), dos seis níveis de proficiência em matemática estabelecidos, 26,51% dos estudantes brasileiros estão no nível 1 e 43,74% estão abaixo do nível 1. A média para os

“O desempenho médio dos estudantes em matemática no PISA 2015 foi 377, inferior ao desempenho observado em 2012 (389). Além disso, cerca de 70% deles se situaram abaixo do nível 2 na escala de proficiência do PISA, que varia do nível 1 (menor proficiência) ao nível 6 (maior proficiência). Conclui-se que é muito importante que professores e toda comunidade escolar reflitam sobre os resultados de matemática apresentados nesse relatório com vistas à melhoria da qualidade da educação dos jovens brasileiros de 15 anos.” (OCDE, 2016)

Partindo-se deste cenário, torna-se necessário a discussão de novas metodologias para o ensino de matemática. A contextualização de processos, a utilização de meios práticos e a interdisciplinaridade podem ser um caminho a ser tomado na busca de um melhor ensino aprendido.

Vieira (1997) estabelece que as ações dos estudantes são motivadas por situações e vivências, sendo mais interessantes à medida que mais sejam contextualizadas. Desta maneira, trazer esta vivência para o ensino das disciplinas escolares pode fazer com que o rendimento dos alunos seja melhor em todos os aspectos.

Esta nova abordagem para o ensino de matemática vai de encontro com novas ideias referentes à chamada modelagem matemática. A modelagem matemática nasceu de sua aplicação em situações reais, onde pode ser obtido um modelo que descreve através da utilização de símbolos, fórmulas, gráficos, tabelas, diagramas, representações geométricas, programas de computador, entre outras formas (linguagem matemática), uma representação da realidade (SILVEIRA; MIOLA, 2008).

De acordo com Almeida e Silva (2012), a modelagem matemática pode ser entendida como um método pedagógico alternativo onde problemas que não são matemáticos podem ser matematicamente resolvidos. Ainda segundo o autor, a atividade de modelagem matemática se origina em uma situação inicial, o chamado problema, e tem por objetivo a solução para este problema, sendo sua obtenção mediada por um conjunto de procedimentos. Este conjunto de procedimentos, segundo Almeida e Silva (2012), se referem à busca de informações, identificação de variáveis, elaboração de hipóteses e a construção de um modelo matemático que o descreva.

De acordo com Bassanezi (2002), “a modelagem eficiente permite fazer previsões, tomar decisões, explicar e entender, enfim, participar do mundo real com a capacidade de influenciar em suas mudanças”. Este modelo de ensino de matemática possui foco não apenas no resultado final, mas sim no conjunto de procedimentos e técnicas adotadas para sua elaboração.

... o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem sucedido, mas caminhar seguindo etapas em que o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado.... (BASSANEZI, 2002)

Segundo Silveira e Miola (2008), a utilização da modelagem matemática é importante pois carrega consigo aspectos importantes como o questionamento da realidade, o fator motivacional e o fator de aprendizagem.

O questionamento da realidade é o fator primordial para o sucesso da modelagem matemática e, nesse sentido, é o que traz as maiores vantagens. Esta etapa exige o envolvimento político, social, ambiental, econômico, que contribui para a formação da autonomia da pessoa (SILVEIRA; MIOLA, 2008). Logo, observa-se o grau de envolvimento de situações que são propostas para a utilização da modelagem matemática. Estes questionamentos acerca do problema envolvido podem gerar novos conhecimentos interdisciplinares e, conseqüentemente, alimentar novas discussões sobre novos modelos em outras diferentes situações.

O fator motivacional é consequência deste questionamento. Uma vez envolvido, o indivíduo pode interferir diretamente no assunto, podendo vislumbrar novos horizontes de aprendizado, além de uma nova dinâmica implementada em sala de aula, tornando-a mais agradável e passível de participação direta dos alunos (SILVEIRA; MIOLA, 2008). Esta motivação serve como combustível para novos questionamentos, fazendo então desta prática um círculo virtuoso, onde uma situação pode servir de trampolim para outras situações.

Conseqüentemente o fator de aprendizagem torna-se evidente pois, ao relacionar os conteúdos de matemática com situações cotidianas, o conhecimento torna-se significativo, o que faz com que o aluno aprenda e não se esqueça tão facilmente do que foi estudado (SILVEIRA; MIOLA, 2008).

A execução da modelagem matemática passa por cinco etapas principais, de acordo com Silveira e Miola (2008): escolha de uma temática, levantamento de dados, formulação de hipóteses, simplificação do problema e validação do modelo proposto. Ao passar por estas cinco etapas, o aluno tem a oportunidade de desenvolver inúmeras habilidades, contextualizar o conhecimento, aprender novos fenômenos, novas instrumentos e relacioná-los com seus novos conhecimentos e a sua realidade. Observa-se, então, a importância da aplicação da modelagem matemática, sendo possível vislumbrá-la como uma metodologia que pode despertar nos alunos várias outras habilidades e competências relacionadas a outros conteúdos de outras disciplinas.

Neste sentido, a utilização da educação ambiental como tema gerador de problemas e de situações concretas para a utilização de conceitos e ferramentas matemáticas é uma grande aliada. Vários problemas e modelos matemáticos podem ser desenvolvidos a partir da observação e estudo de casos relacionados ao meio ambiente.

O conceito de educação ambiental é relativamente novo. A Conferência Intergovernamental de Tbilisi, antiga União Soviética, em 1977, organizada pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) pode ser considerada o marco inicial para a educação ambiental. Esta conferência ocorreu após a Conferência de Estocolmo (Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente) na Suíça, em 1972, organizada pela ONU (Organização das Nações Unidas).

Em Estocolmo, foram firmados vários acordos entre os países envolvidos, dentre eles, a melhoria do meio ambiente para as gerações presentes e futuras, que passaram a constituírem um objetivo urgente para a humanidade.

A Conferência de Tbilisi teve, como objetivo, promover meios e metodologias que permitissem alcançar as metas traçadas na Conferência de Estocolmo. A Declaração de Tbilisi carrega inúmeros aspectos importantes relacionados ao sucesso destas metas. Dentre eles, destaca-se:

Para o sucesso desse empreendimento, novas estratégias precisam ser adotadas com urgência e incorporadas ao progresso, o que representa, especialmente nos países em desenvolvimento, requisito prévio para todo avanço nessa direção. A solidariedade e a igualdade

nas relações entre as nações devem constituir a base da nova ordem internacional, contribuindo para que se reúnam, o quanto antes, todos os recursos existentes. Mediante a utilização dos descobrimentos da ciência e da tecnologia, a educação deve desempenhar uma função capital com vistas a despertar a consciência e o melhor entendimento dos problemas que afetam o meio ambiente. Essa educação deverá fomentar a formação de comportamentos positivos em relação ao meio ambiente, bem como a utilização dos recursos existentes pelas nações (UNESCO, 1977).

Segundo Oliveira (2005), a educação ambiental é um processo de ensino e aprendizagem que visa formar e desenvolver atitudes racionais e responsáveis com o objetivo fundamental de criar novos modelos de relacionamento entre o homem e o meio ambiente. Neste aspecto, pode-se dizer que a educação ambiental é um fator fundamental no exercício da cidadania, uma vez que é impossível dissociar os problemas relacionados ao meio ambiente do cotidiano do sujeito.

No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) trazem a educação ambiental como tema transversal, ou seja, pode ser abordado de várias formas, sob vários aspectos e em disciplinas diferentes. Desta maneira, a educação ambiental deve ser efetivada através da interdisciplinaridade, uma vez que o estudo do tema Meio Ambiente remete à necessidade de se recorrer a conhecimentos relativos de diversas áreas do conhecimento e do saber (BRASIL, 1998). Fazenda (2003) relacionou a interdisciplinaridade com o conhecimento:

Se o conhecimento fosse absoluto a educação poderia constituir-se numa mera transmissão e memorização de conteúdos, mas, como é dinâmico, há necessidade da crítica, do diálogo, da comunicação, da interdisciplinaridade (FAZENDA, 2003).

A interdisciplinaridade busca a relação entre os vários conteúdos escolares com o cotidiano do aluno e seu papel na sociedade. Segundo Nóbrega e Cleophas (2016), a interdisciplinaridade tornou-se importante e necessária para a compreensão da realidade por parte dos educandos pois esta prática faz com que os alunos passem a pensar e refletir não somente sobre os conteúdos,

mas também sobre o que fazer com eles. Ainda segundo Nóbrega e Cleophas (2016) “ao ‘trazer o mundo’ para a sala de aula, muitas práticas pedagógicas fazem o caminho inverso: levam a sala de aula para o mundo”.

Na interdisciplinaridade, por sua vez, o envolvimento dos participantes torna-se mais profundo, gerando consequências mais amplas. Pressupõe a convergência de duas ou mais áreas do conhecimento, pertencentes ou não à mesma classe, que contribua para o avanço das fronteiras da ciência e tecnologia, transfira métodos de uma área para outra, gerando novos conhecimentos ou novas disciplinas. A biotecnologia, a nanotecnologia e as Ciências Ambientais são exemplos de novos campos de conhecimento que surgem da própria prática interdisciplinar, ensejada por questões complexas e concretas. A interdisciplinaridade emerge como um processo em construção para cada grupo, e o ensino e a pesquisa terão suas conformações diferenciadas em relação aos elementos que vão constituir o objeto e as equipes de pesquisa. (PHILIPPI JR; SOBRAL; FERNANDES; SAMPAIO, 2013)

A busca da interdisciplinaridade através da utilização da educação ambiental pode ser entendida como uma forma de realizar a transformação de conceitos teóricos em conceitos aplicáveis, uma vez que este processo aproxima os alunos de um contexto dialógico, fundamentado no entendimento de suas ações e na sua apropriação do conhecimento, utilizando-se de conteúdos das mais diversas disciplinas, relacionando-os à questões e discussões que são de interesse de toda a sociedade. Logo, a educação ambiental torna-se um universo amplo para a exploração da contextualização dos conhecimentos curriculares e da interdisciplinaridade:

Pressuposto de que natureza é uma unidade complexa e a vida o seu processo de auto-organização; a certeza de que somos seres naturais e de que redefinimos nosso modo de existir na natureza pela própria dinâmica societária na história natural (não estritamente biológica); o entendimento de que os agentes sociais são constituídos por mediações múltiplas: logo, não podem ser pensados exclusivamente em termos mentais, ditos racionais ou não – somos entes sociais cuja liberdade e individualidade se forma na existência coletiva; a definição de educação como práxis e processo dialógico, crítico,

problematizador e transformador nas condições objetivas e subjetivas que constituem a realidade; a finalidade de buscar a transformação social, o que engloba indivíduos e grupos em novas estruturas institucionais, como base para a construção democrática de “sociedades sustentáveis” e novos modos de se viver na natureza (LOUREIRO, 2007).

Desta maneira, a elaboração de metodologias para o ensino de matemática que se utilizem da modelagem matemática, da interdisciplinaridade, e tenham como base temas gerados em solução de problemas ambientais tornam-se interessantes para a prática pedagógica nas escolas. De acordo com Gonçalves *et. al* (2014) a interdisciplinaridade é palavra chave na organização do trabalho pedagógico em matemática, uma vez que esta articula várias disciplinas do currículo escolar, o que enriquece e potencializa as ações voltadas para o aprendizado crítico do sujeito.

Neste caso, a utilização de uma maquete interativa para o estudo do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica, que demonstre os fatores que determinam o escoamento e a infiltração da água no solo, poderá proporcionar o estudo de vários temas: o gerenciamento de recursos hídricos, uso e ocupação do solo, preservação da vegetação nativa, prevenção de enchentes e a obtenção de modelos matemáticos que descrevam, com alguma precisão, os fenômenos relacionados ao escoamento, vazão e cheia da bacia hidrográfica.

Estes conhecimentos agregados ao ensino de matemática trazem enormes benefícios pois a matemática pode então ser vista como um instrumento de uso prático e não apenas como um conhecimento distante, inalcançável e inútil. Busca-se a utilização da interdisciplinaridade, da contextualidade, do diálogo entre o aluno e conhecimento para sua efetiva construção,

Esta nova prática pedagógica pode gerar novas formas e novos conceitos no ensino das ciências exatas, promovendo a busca do conhecimento e estimulando os alunos a compreenderem melhor a natureza, a sociedade e o mundo onde vivem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do desenvolvimento

A maquete foi desenvolvida no Laboratório de Hidrologia da Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis – SP (Fazenda de Ensino e Pesquisa), no período de abril de 2016 a julho de 2017.

3.2. Metodologia

Todo desenvolvimento da maquete visou permitir a realização de um experimento simples, onde o resultado tem por objetivo a discussão e aprendizado de dois conceitos básicos: a importância da aplicação da matemática para a análise e estudo dos processos naturais (como na engenharia hidrológica) e a conscientização dos impactos ambientais gerados pelas atividades antrópicas no ciclo hidrológico na bacia hidrográfica.

O experimento foi concebido para permitir que os alunos projetem o cálculo de uma vazão na foz de uma bacia hidrográfica após um evento chuvoso utilizando o modelo matemático e hidrológico denominado método racional. Em seguida, realizam uma simulação prática onde possam medir a vazão a partir da mesma chuva utilizada no cálculo da vazão esperada.

Assim, ao comparar os valores calculados e simulados é possível observar sua proximidade numérica, demonstrando a funcionalidade da matemática na solução de fenômenos naturais e permitindo também a avaliação dos impactos relacionados ao desmatamento nas vazões das bacias a partir de variações em parâmetros do experimento.

A conclusão da maquete final e da concepção da metodologia do experimento passou por 3 fases: (1) projeto, (2) construção e (3) calibração.

3.2.1. Projeto

Como modelo para a maquete, utilizou-se uma bacia hidrográfica real de 10,05 km², localizada no município de União de Minas, Triângulo Mineiro (Figura 8).

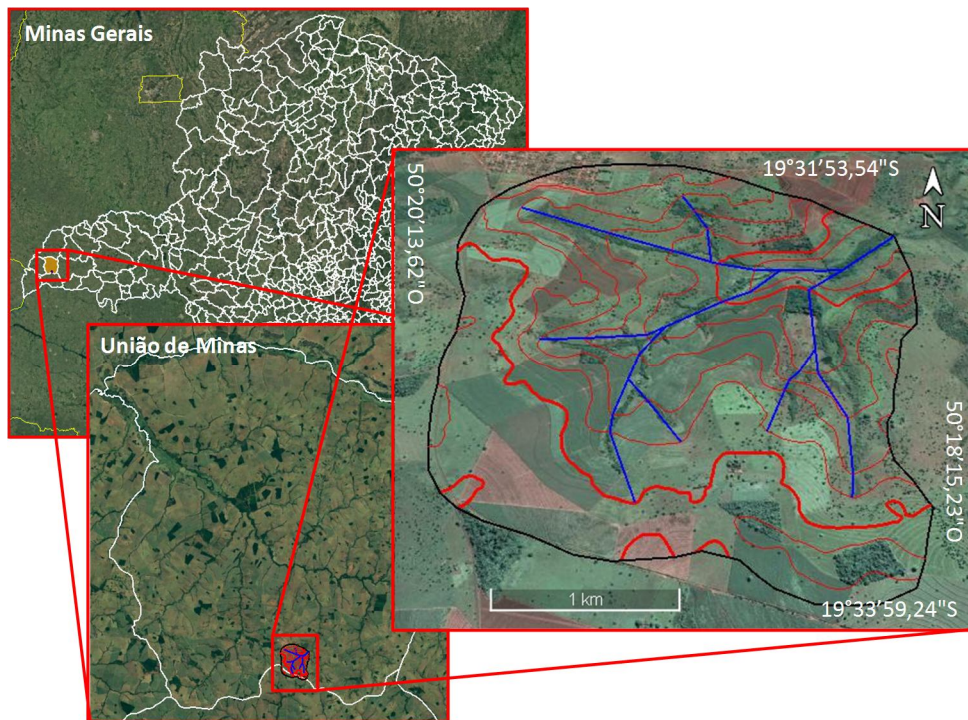


Figura 8: Detalhe da localização da bacia hidrográfica localizada no município de União de Minas – MG, utilizada como modelo para o projeto.

Esta bacia foi escolhida como modelo devido ao fato da existência de sua planta planialtimétrica em arquivo digital, além de seu formato ser mais adequado para sua inscrição em uma base retangular. A planta real da bacia hidrográfica foi reduzida em $5,12 \cdot 10^{-8}$ vezes para que a mesma ocupasse uma área factível para manipulação em um experimento prático.

A concepção do funcionamento da maquete teve como referência o princípio de que seja possível a obtenção do cálculo da vazão esperada na saída da bacia a partir de um evento chuvoso utilizando-se o método racional (Equação 4).

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (\text{Equação 4})$$

em que:

Q - Vazão na saída ($L \cdot s^{-1}$);

C - Coeficiente de escoamento superficial;

i - Intensidade de precipitação ($mm \cdot s^{-1}$).

A - Área de drenagem da bacia (m^2);

Assim, para ser possível a comparação entre os valores calculados e medidos, o projeto das partes da maquete foi orientado com o objetivo de que o equipamento permitisse a medição do volume de água escoado na saída da bacia após uma precipitação simulada (Figura 9).

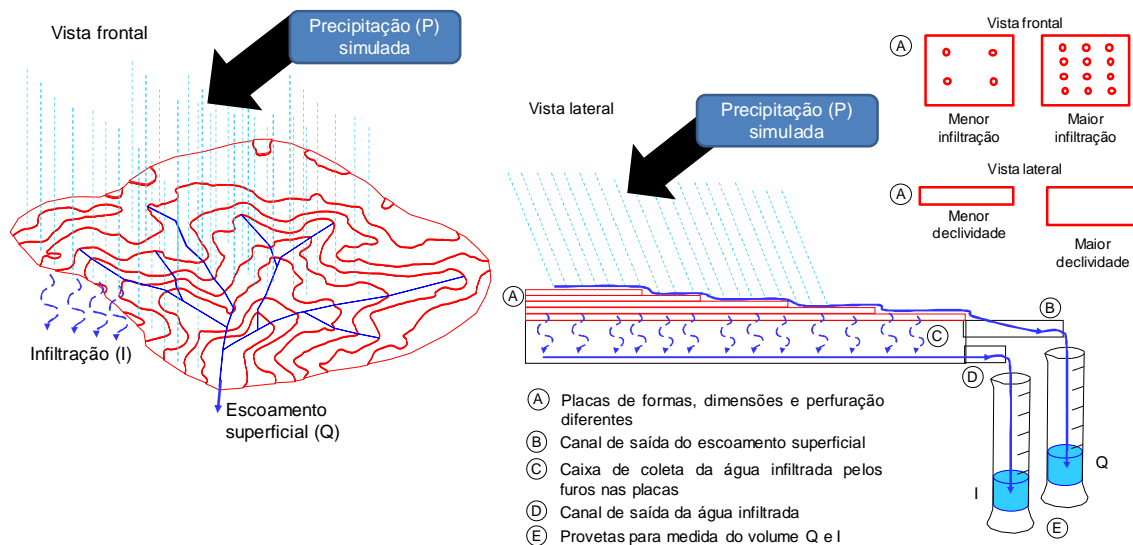
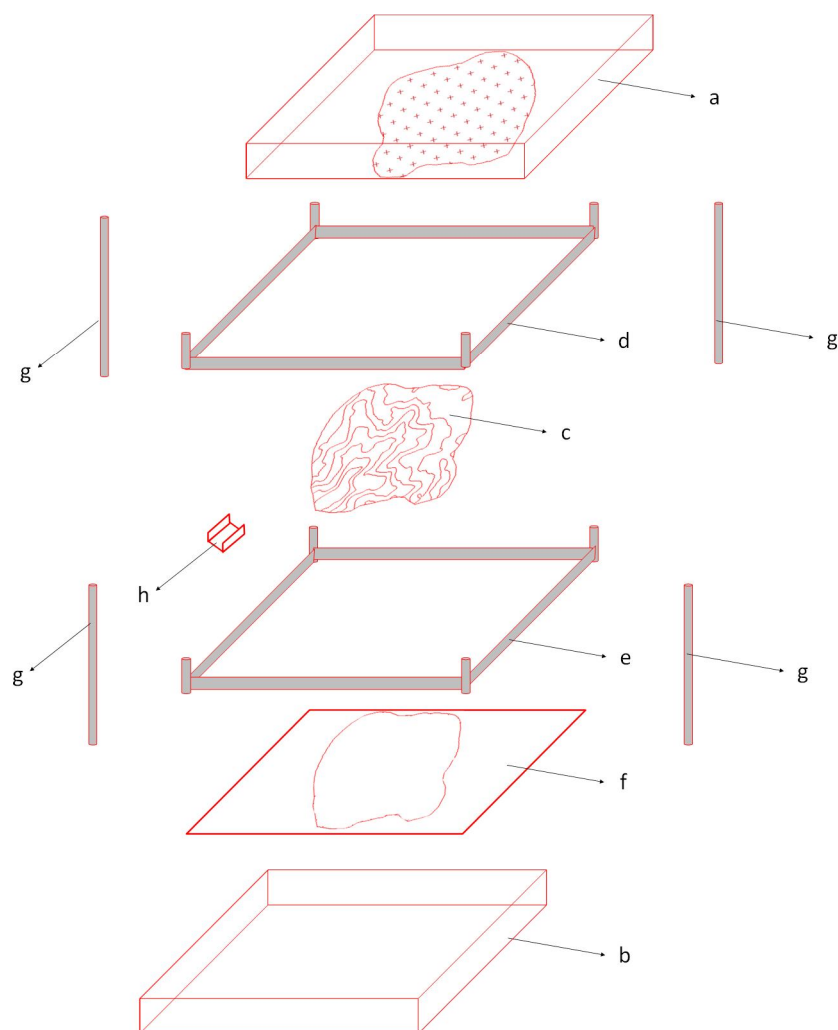


Figura 9. Detalhe da vista frontal e lateral do equipamento, onde após uma precipitação simulada, seria possível medir os volumes escoados pela superfície (Q) e infiltrados nos furos das placas (I).

De posse da planta reduzida da bacia, foi elaborado o projeto básico, que após vários esboços, atingiu a versão final apresentada na Figura 10:

Partes da maquete



Equipamento montado

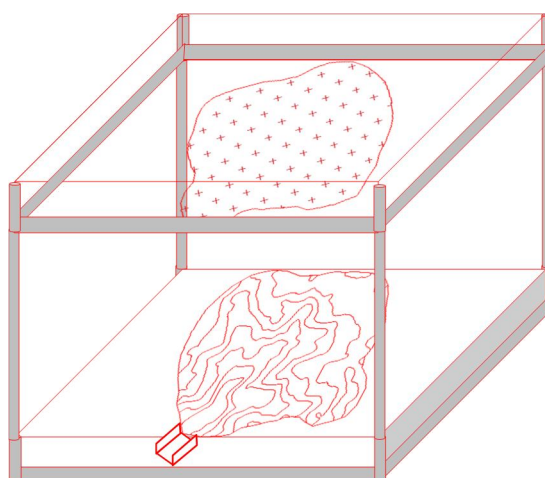


Figura 10. Detalhe das partes da maquete da bacia hidrográfica e o equipamento montado

Pela Figura 10, pode ser verificado que a maquete foi projetada com as seguintes partes: (a) bandeja superior, (b) bandeja inferior, (c) corpo da bacia, (d) suporte da bandeja superior, (e) suporte da bandeja inferior, (f) base do corpo da bacia, (g) hastes que conectam os suportes das bandejas superior e inferior e (h) calha de saída de água.

A água é colocada na bandeja superior (que é perfurada exatamente no formato do corpo da bacia), que precipita sobre o corpo da bacia. Parte da água infiltra, sendo coletada na bandeja inferior. Outra parte escoar sobre o corpo da bacia (que possui uma certa inclinação) e é canalizada por meio de uma calha para sua coleta e posterior medição de seu volume através de uma proveta.

3.2.2. Construção

A construção da maquete foi realizada a partir do projeto final. Foram escolhidos para a sua construção materiais de fácil manipulação e que não oferecessem riscos de acidentes, além de sua viabilidade econômica. A construção das partes da maquete será detalhadamente descrita a seguir.

a) Bandejas superior e inferior

Para a bandeja superior construiu-se uma caixa de acrílico transparente de espessura 3mm com dimensões de 91cm x 75cm e altura de 10cm, perfurada na face inferior, com furos de 1mm de diâmetro, distribuídos sob o mesmo formato do corpo da bacia (Figura 11). Esta peça é responsável por receber a água que será utilizada para simular a precipitação.



Figura 11. Detalhe da bandeja superior já construída.

A bandeja inferior foi construída em caixa de acrílico transparente de espessura 3mm com dimensões de 91cm x 75 cm e altura de 10 cm, aberta na face superior e com um dreno na parte inferior (Figura 12). Na bandeja inferior é coletada a água de infiltração, que é direcionada para o dreno.

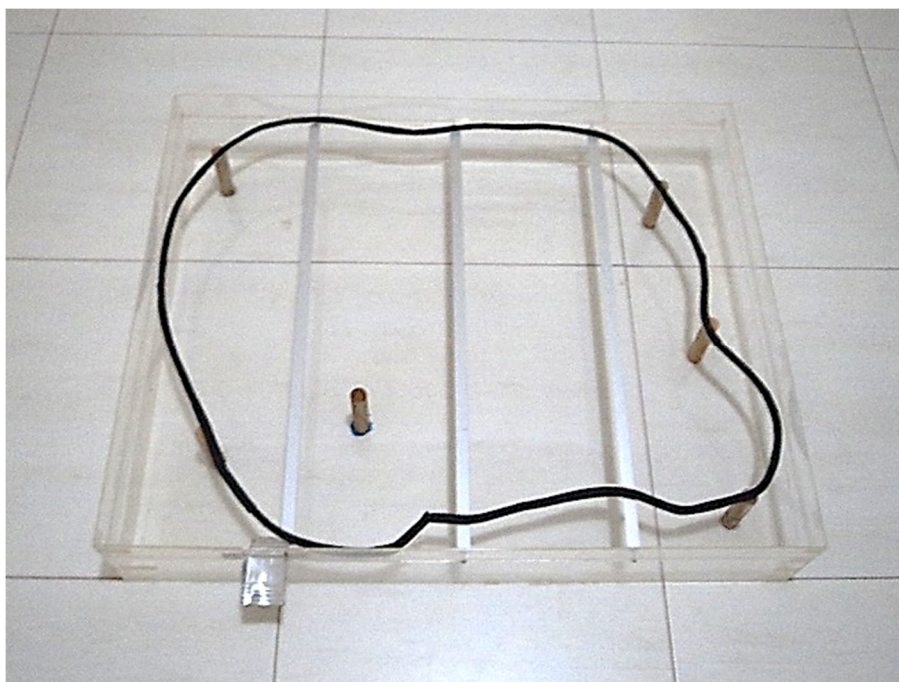


Figura 12. Detalhe da bandeja Inferior já construída.

Foram utilizados apoios em alumínio de 75cm de comprimento e 1,5cm de largura e alguns suportes de madeira de 10cm de altura presos no fundo da bandeja inferior, sendo responsáveis pela sustentação do corpo da bacia. As bandejas de acrílico foram feitas por uma empresa especializada em artefatos de acrílico.

b) Suportes das bandejas superior e inferior

Os suportes superior e inferior das bandejas foram construídos em metal, com dimensões 91cm x 75cm, que servem para encaixar e fixar as bandejas superior e inferior (Figura 13). Estes suportes foram feitos por um profissional serralheiro.

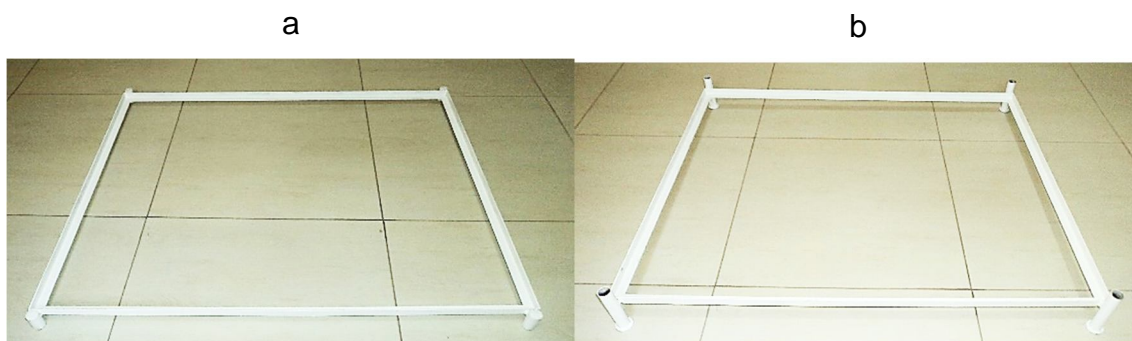


Figura 13. Detalhe dos suportes superior (a) e inferior (b) das bandejas da maquete já finalizadas.

c) Hastes

As quatro hastes que fixam os suportes das bandejas superior e inferior foram construídas em metal de 50cm de comprimento e 1,5cm de diâmetro (Figura 14). Assim como os suportes superior e inferior, foram feitos por profissional serralheiro.



Figura 14. Detalhe das hastes já finalizadas.

d) Base do corpo da bacia

A base do corpo da bacia foi construída em acrílico transparente com 3mm de espessura, com um recorte no formato da bacia e preso sobre a bandeja inferior, sendo responsável por sustentar o corpo da bacia. Para minimizar a infiltração de água pelas bordas do corpo da bacia, uma barreira de vedação em EVA foi fixada ao redor do recorte.

e) Corpo da bacia

O corpo da bacia, parte principal da maquete, foi constituída de 8 peças de acrílico de coloração escura e translúcido com 1mm de espessura, recortadas de acordo com o formato das curvas de nível do terreno. Esta parte representa um modelo miniaturizado da bacia hidrográfica real (Figura 15).



Figura 15. Detalhe do corpo da bacia já finalizado.

O corpo da bacia foi construído a partir de um molde plotado em papel A1 (Figura 16) onde as partes da bacia, delimitadas pelas curvas de nível, foram recortadas e coladas sobre placas de acrílico. Foram utilizadas para a produção

do corpo da bacia duas placas de 0,80m x 2,00m. Este material foi escolhido por ser mais maleável e de fácil manipulação.

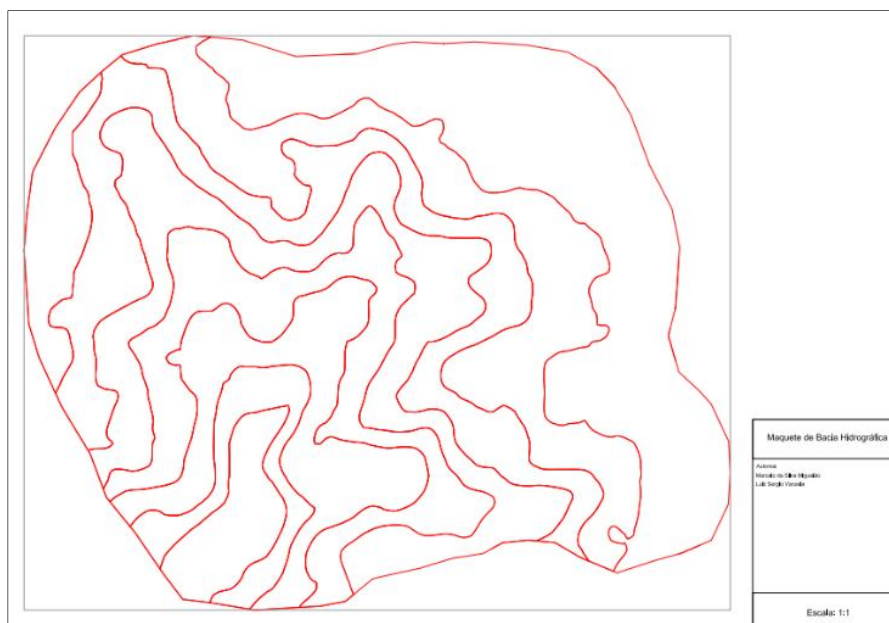


Figura 16. Detalhe da planta da bacia hidrográfica na escala da maquete.

As peças obtidas pelos moldes possuem a numeração de 1 até 8, conforme a Figura 17.

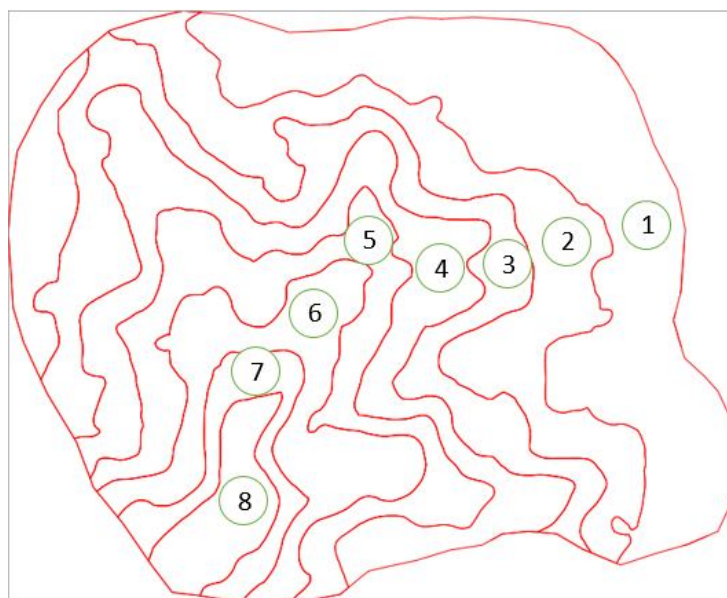


Figura 17. Detalhe da numeração das peças do corpo da bacia.

As peças do corpo da bacia são unidas por pequenos parafusos com pequenas porcas de 1,2 mm de diâmetro. Os furos para os encaixes em cada

placa foram feitos de modo a permitir a melhor fixação possível entre elas, evitando a infiltração de água pelos encaixes (Figura 18).



Figura 18. Detalhe dos parafusos com porcas utilizados na junção das peças do corpo da bacia.

A infiltração de água através do corpo da bacia ocorre através de furos que as placas possuem. Estes furos foram feitos com furadeira de broca 1mm e distribuídos pelas placas. Um experimento prévio com placas do mesmo material de dimensões 10cm x 10cm permitiu a projeção aproximada da densidade de furos necessária para a infiltração da água.

As placas 8 e 7 foram triplicadas possuindo 3 peças com densidades diferentes de furos (Figura 19) visando a obtenção de simulações com três diferentes tipos de escoamento superficial. Estas novas peças foram enumeradas: 8.1; 8.2; 7.1 e 7.2.



Figura 19. Detalhe das peças 8, 8.1 e 8.2 do corpo da bacia com três diferentes variações de densidades de furos.

f) Calha de saída de água

A calha de saída de água foi construída em metal e permite a captação da água escoada superficialmente (Figura 20).

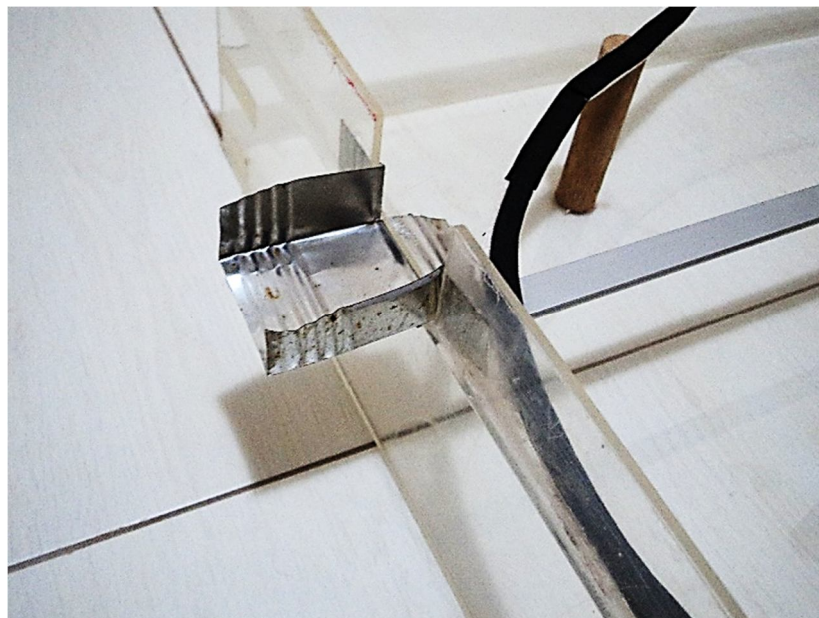


Figura 20. Detalhe da calha de saída de água já finalizada.

g) Peças auxiliares

Outros três suportes de madeira, dois deles com dimensões 1,8cm x 10cm x 5cm (numeração 1 e 2) e um com 1,8cm x 10cm x 3cm (numeração 3), são utilizados para dar inclinação ao corpo da bacia (Figura 21).



Figura 21. Detalhe dos suportes de madeira de inclinação do corpo da bacia.

3.2.3. Calibração

Esta fase do desenvolvimento da maquete teve como finalidade a obtenção de uma tabela padronizada com valores de vazão da bacia (Q) resultantes, em função da combinação entre as variáveis coeficiente de escoamento superficial (C) e intensidade de precipitação (i) pré-estabelecidos. Este procedimento permitiu, a partir de dados de entrada “ C ” e “ i ”, que seja demonstrada a funcionalidade do modelo matemático e hidrológico na estimativa da vazão da bacia (Q).

Foram realizados 3 testes com configurações diferentes de peças do corpo da bacia, visando a obtenção de variações no escoamento superficial com o objetivo de simular desde bacias hidrográficas preservadas até bacias hidrográficas com alto grau de antropização. As configurações de peças do corpo da bacia foram: bacia no cenário 01 (corpo da bacia montada com as peças padrão + peça 8.2), bacia no cenário 02 (corpo da bacia montada com todas as peças padrão) e bacia no cenário 03 (corpo da bacia montada com as peças padrão + peças 7.1 e 8.1).

Nas configurações das bacias nos cenários 01, 02 e 03 foram realizadas simulações com volumes de entrada (a ser aplicado na bandeja superior) de 1, 2, 5 e 10 litros. Ao todo foram realizados 3 testes para cada volume de entrada, sendo possível obter uma média de todas as variáveis.

Os dados coletados por meio do experimento foram o tempo de precipitação e o volume escoado. O tempo de precipitação é definido como o tempo total entre o início e o final da chuva simulada e o volume escoado é o volume de água capitada pela calha. Os instrumentos utilizados para as medidas foram um cronômetro e uma proveta graduada de 1 litro.

A partir dos dados de volume de entrada (V_{en}), do volume escoado (V_{es}) e o tempo medido (Δt) determinou-se as seguintes variáveis, pelas respectivas equações (Tabela 3).

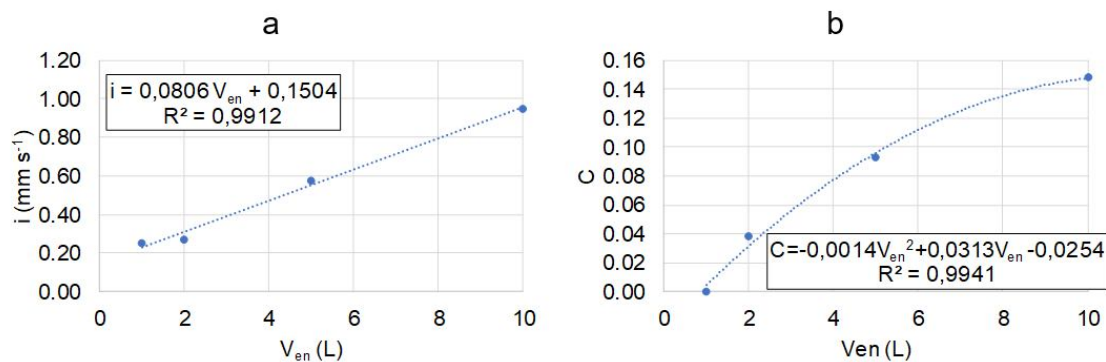
Tabela 3. Detalhe dos cálculos utilizados na determinação das variáveis de saída.

Variável	Equação	Dados
Precipitação - P (mm)	$P = \frac{V_{en}}{A}$	V_{en} – volume de entrada (L); A – área da bacia hidrográfica (=0,5151 m ²).
Intensidade de precipitação - i (mm s ⁻¹)	$i = \frac{P}{\Delta t}$	Δt – intervalo de tempo entre o início e término da precipitação (s).
Coeficiente de escoamento superficial - C (decimal)	$C = \frac{V_{es}}{V_{en}}$	V_{es} – volume escoado superficialmente na bacia (L).
Vazão na saída da bacia – Q (L s ⁻¹)	$Q = C \cdot i \cdot A$	Ver anteriores

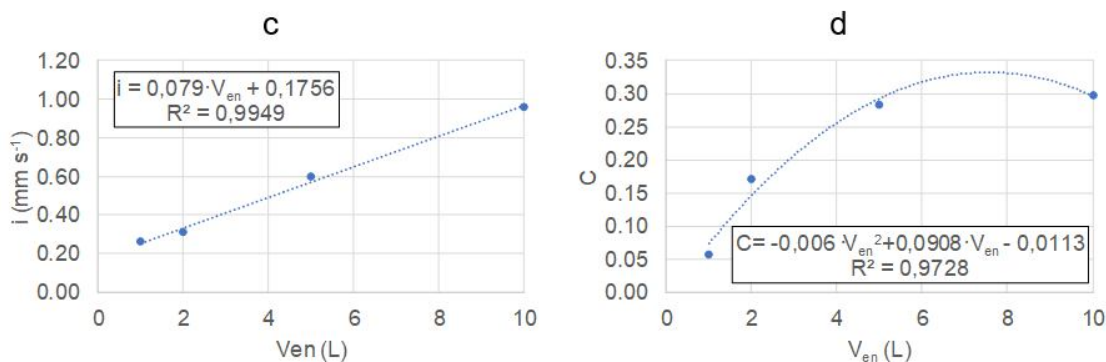
De posse de todas as variáveis de entrada e de saída determinou-se as médias das 3 repetições para cada volume de entrada testado em cada uma das 3 configurações de bacia. Em seguida realizou-se a regressão das variáveis “i” e “C” em função do “ V_{en} ”, obtendo-se os ajustes apresentados na Figura 22.

A partir das equações obtidas pelas regressões foi realizado o ajuste dos dados, o que permitiu definir para a maquete os dados esperados de “C” e “i” para valores pré-estabelecidos de “ V_{en} ” (volume de entrada), conforme a Tabela 4.

Cenário 01: Bacias Hidrográficas Preservadas



Cenário 02: Bacias Hidrográficas com Baixo a Médio Grau de Antropização



Cenário 03: Bacias Hidrográficas com Alto Grau de Antropização

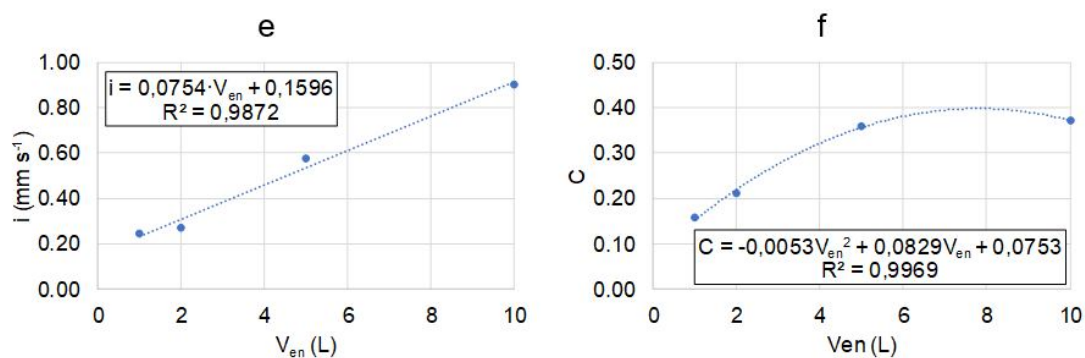


Figura 22. Equações de ajuste da intensidade de precipitação - i e coeficiente de escoamento superficial - C , para as configurações de bacias nos cenários 01 (a, b), 02 (c, d) e 03 (e, f).

Tabela 4. Variáveis calibradas para valores de volume de entrada (V_{en}).

Configuração	V_{en} (L)	P (mm)	i (mm s^{-1})	C	Q (L s^{-1})	Condição Simulada
Bacia no cenário 01	2,5	5	0,35	0,04	0,00721	Bacias hidrográficas preservadas
	3,0	6	0,39	0,06	0,01205	
	3,5	7	0,43	0,07	0,01550	
	4,0	8	0,47	0,08	0,01937	
	4,5	9	0,51	0,09	0,02364	
	5,0	10	0,55	0,10	0,02833	
Bacia no cenário 02	2,5	5	0,37	0,18	0,03430	Bacias hidrográficas com baixo e médio grau de antropização
	3,0	6	0,41	0,21	0,04435	
	3,5	7	0,45	0,23	0,05331	
	4,0	8	0,49	0,26	0,06562	
	4,5	9	0,53	0,28	0,07643	
	5,0	10	0,57	0,29	0,08514	
Bacia no cenário 03	4,5	9	0,50	0,34	0,08756	Bacias hidrográficas com alto grau de antropização
	5,0	10	0,54	0,36	0,10013	
	5,5	11	0,57	0,37	0,10862	
	6,0	12	0,61	0,38	0,11939	
	6,5	13	0,65	0,39	0,13057	
	7,0	14	0,69	0,40	0,14215	

OBS: V_{en} (volume de entrada), P (precipitação); i (intensidade de precipitação); C (coeficiente de escoamento superficial); Q (vazão esperada na saída).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso da maquete em um laboratório de matemática e educação ambiental passa pelas seguintes etapas: (1) montagem do equipamento, (2) realização do experimento e (3) apresentação dos resultados.

4.1. Montagem do equipamento

A montagem da maquete é simples e intuitiva, seguindo os procedimentos a seguir:

a) Colocar a bandeja inferior sobre o suporte da bandeja inferior (Figura 23).

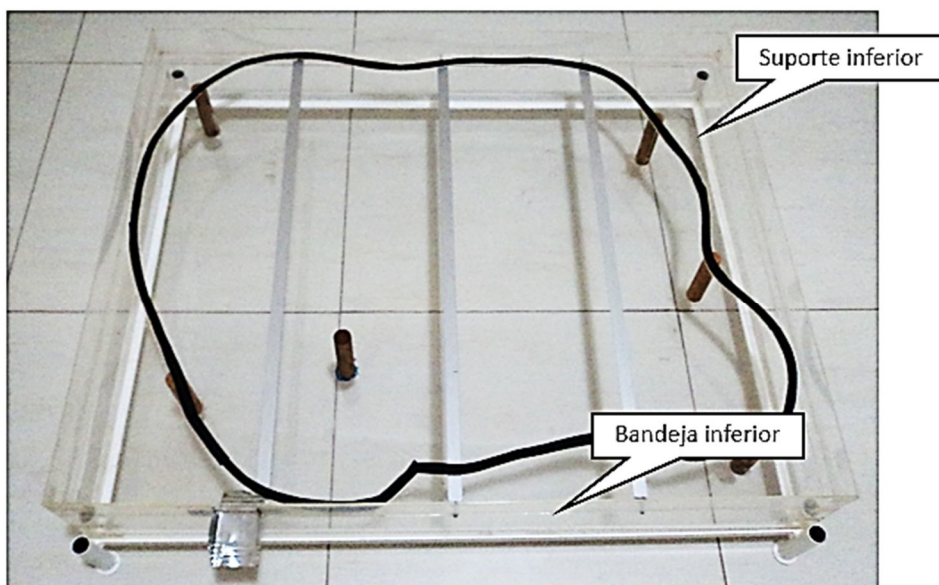


Figura 23. Detalhe da bandeja inferior sobre o suporte da bandeja inferior.

b) Encaixar os suportes de madeira 1 e 2 nos pontos A e B e o suporte 3 no ponto C, com o objetivo de promover inclinação na bacia (Figura 24).

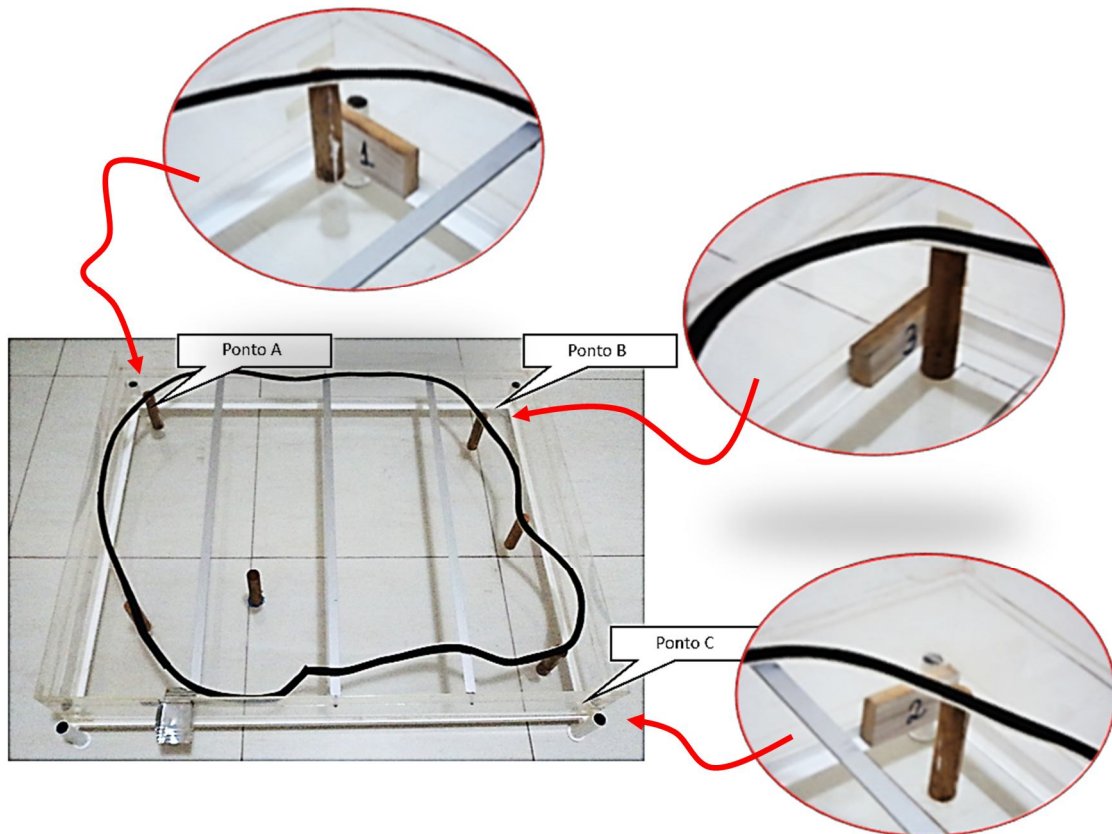


Figura 24. Detalhe dos suportes de madeira já alocados abaixo da bandeja inferior.

c) Colocar o corpo da bacia sobre a bandeja inferior de modo que esta fique totalmente apoiada sobre a base do corpo da bacia (Figura 25).

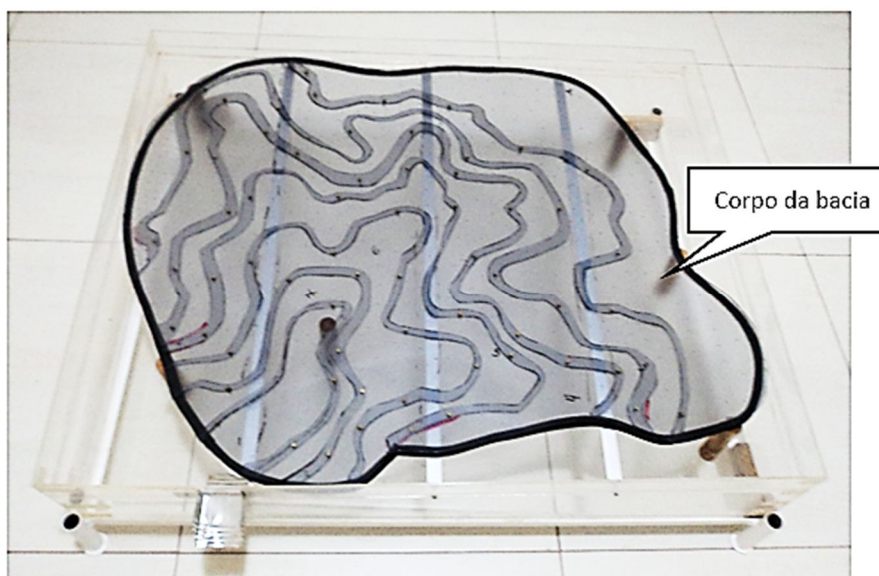


Figura 25. Detalhe do corpo da bacia já sobre a base do corpo da bacia.

d) Encaixar as hastes de metal nos cantos do suporte da bandeja inferior (Figura 26).

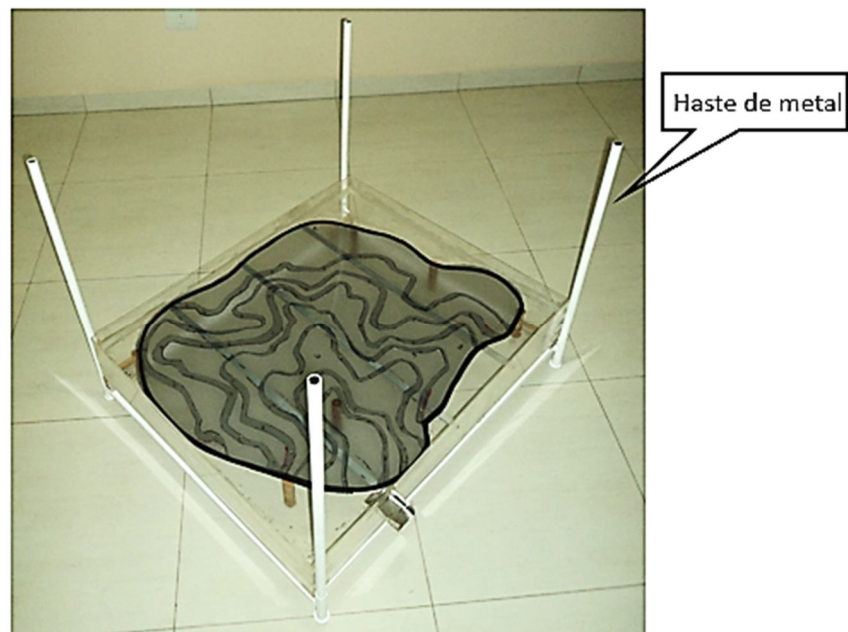


Figura 26. Detalhe das hastes encaixadas nos cantos do suporte da bandeja inferior

e) Encaixar o suporte da bandeja superior nas hastes (Figura 27).

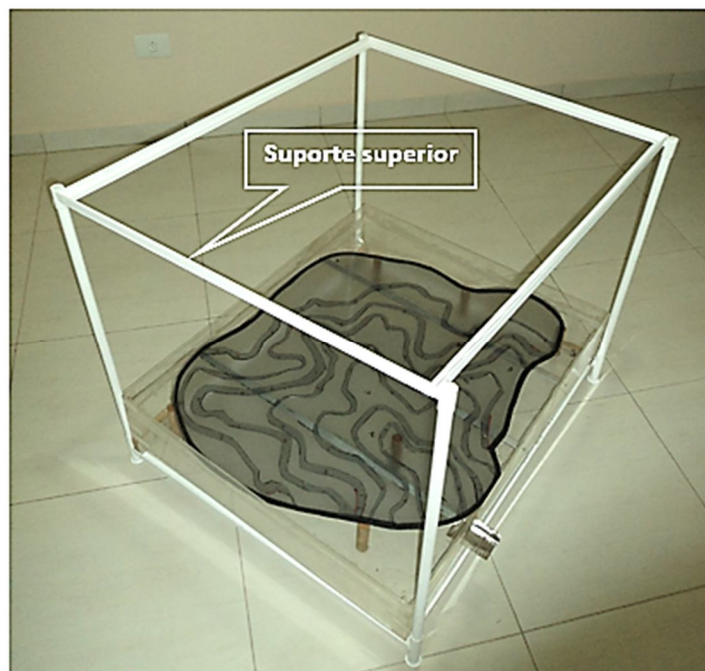


Figura 27. Detalhe do suporte da bandeja superior encaixado nas hastes.

f) Acondicionar a bandeja superior sobre o suporte da bandeja superior (Figura 28).



Figura 28. Detalhe da bandeja superior sobre o suporte da bandeja superior.

Com essa última etapa, a maquete estará montada e pronta para a realização do laboratório de matemática associado a educação ambiental.

4.2. Realização do Experimento

A realização do experimento tem dois objetivos básicos: (1) demonstrar que a teoria (vazão calculada pelo método racional) resulta nos mesmos valores obtidos no experimento prático (permite demonstrar que a matemática pode ser aplicada para a modelagem de processos naturais); (2) demonstrar que o uso antrópico de uma bacia hidrográfica (demonstrado pela troca das peças da bacia) proporciona o aumento do coeficiente de escoamento, que por sua vez, resulta em aumento nas vazões de saída, com consequências negativas para o ambiente.

Assim, sugere-se que se faça duas simulações: a primeira com a bacia no cenário 01 (bacia hidrográfica em condições preservadas ou conservadas) e a segunda no cenário 03 (bacia hidrográfica com alto grau de antropização).

Após a montagem do experimento, como descrito anteriormente, inicia-se a coleta dos dados. Os dados a serem coletados são o tempo de precipitação e o volume de água escoado. Para a coleta de dados são necessários os seguintes materiais: 1 balde; 1 cronômetro e 1 proveta graduada (1 litro ou maior).

Um experimento deve ser realizado com a bacia no cenário 01 (corpo da bacia montada com as peças padrão + peça 8.2) e cenário 03 (corpo da bacia montada com as peças padrão + peças 7.1 e 8.1) com aplicação de volume de entrada de 5 litros na bandeja superior. Desta maneira, são simuladas as bacias com coeficiente de escoamento de 0,10 (bacia preservada) e 0,36 (bacia com alto grau de antropização) respectivamente (ver a Tabela 2). O volume de 5 litros deve ser depositado através de um balde na bandeja superior, tomando-se o cuidado para evitar perdas (Figura 29).



Figura 29: Deposição de água na bandeja superior

Iniciando-se a precipitação, um cronômetro deve ser acionado para que seja medido seu tempo. Define-se por tempo de precipitação o intervalo de tempo desde o início da chuva até seu final (o cronômetro apenas poderá ser travado quando não houver mais água caindo da bandeja superior).

Após a precipitação, certo volume de água será infiltrado e outro volume escoará pela superfície do corpo da bacia, que será captado pela calha. Logo abaixo desta calha deve ser colocado um balde ou recipiente para que seja realizada a coleta e a medição do volume escoado (Tabela 5 e tabela 6).

Tabela 5. Medidas Experimentais Cenário 01

V_{en} (L)	Δt (s)	V_{es} (L)
5	16,50	0,42
5	16,90	0,50
5	17,40	0,48
Média	16,93	0,47

Tabela 6. Medidas Experimentais Cenário 03

V_{en} (L)	Δt (s)	V_{es} (L)
5	16,32	1,70
5	16,54	1,80
5	17,61	1,90
Média	16,82	1,80

V_{en} (volume de entrada); Δt (tempo de precipitação); V_{es} (volume escoado).

4.3. Apresentação dos resultados

De posse dos dados experimentais, o próximo passo consta em compará-los com os resultados previamente obtidos pelos cálculos através do modelo racional. Os valores utilizados para estes cálculos foram obtidos na tabela de calibração (Tabela 4).

Cálculos para o Cenário 01 (bacia hidrográfica preservada):

$$C = 0,10; i = 0,55 \text{ mm s}^{-1} \text{ (Tabela 4); } A = 0,5151 \text{ m}^2$$

$$Q = C \cdot i \cdot A = 0,10 \cdot 0,55 \cdot 0,5151 = 0,02833 \text{ L s}^{-1}$$

Cálculos para o Cenário 03 (bacias hidrográficas com alto grau de antropização):

$$C = 0,36; i = 0,54 \text{ mm s}^{-1} \text{ (Tabela 4); } A = 0,5151 \text{ m}^2$$

$$Q = C \cdot i \cdot A = 0,36 \cdot 0,54 \cdot 0,5151 = 0,10014 \text{ L s}^{-1}$$

Utilizando-se os dados medidos experimentalmente (Tabela 5 e 6), pode-se então calcular a vazão escoada a partir da simulação experimental para os cenários 01 e 03.

Cálculos para o Cenário 01 (bacia hidrográfica preservada):

$$Q = \frac{V_{es}}{\Delta t} = \frac{0,47}{16,93} = 0,02756 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

Cálculos para o Cenário 03 (bacias hidrográficas com alto grau de antropização):

$$Q = \frac{V_{es}}{\Delta t} = \frac{1,80}{16,82} = 0,10699 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

Então realiza-se a comparação entre os dados previamente calculados pelo modelo racional com os dados medidos experimentalmente, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 7: Vazão na saída da bacia para os cenários 01 e 03 calculadas a partir do modelo racional e medidas experimentalmente na maquete.

Cenário	Q_{calc} (L s ⁻¹)	Q_{med} (L s ⁻¹)	Condição simulada
01	0,02833	0,02756	Bacias hidrográficas preservadas
03	0,10014	0,10699	Bacias hidrográficas com alto grau de antropização
Aumento (%)	253%	288%	-

OBS: Q_{calc} (vazão calculada pelo modelo racional); Q_{med} (vazão medida experimentalmente).

A partir dos resultados da prática acima descrita pode-se, então, atingir os dois objetivos básicos do ensino da matemática associado a educação ambiental. O primeiro refere-se ao fato do resultado proporcionado pelo modelo matemático e hidrológico se aproximar dos resultados medidos experimentalmente. Desta maneira comprova-se a utilização do modelo racional como um modelo robusto para a previsão de cheias, podendo ser aplicado em projetos de obras hidráulicas.

O segundo refere-se ao impacto do desmatamento da bacia hidrográfica, que proporcionou no experimento um aumento da vazão escoada em mais de 2 vezes e meia, fato explicado pelo aumento do coeficiente de escoamento superficial e conseqüente redução da infiltração.

O aumento da vazão escoada pode resultar em problemas para a bacia hidrográfica. De acordo com Bertol *et al.* (2007), o aumento do escoamento superficial provoca a erosão hídrica do solo e o carreamento de nutrientes e de partículas do solo para os mananciais de água. Assim, existe o empobrecimento do solo, com abertura de sulcos e perdas de nutrientes e também a degradação dos recursos hídricos, com o assoreamento e contaminação por excesso de nutrientes que podem causar desequilíbrio no ecossistema aquático. O aumento do escoamento superficial aumenta a velocidade dos processos erosivos.

Além disso, o aumento do coeficiente de escoamento provoca incremento na quantidade de água recebida pelos corpos d'água, resultando em cheias mais intensas. Caso os rios e córregos da bacia não possuam uma vazão que possa dar caminho a este maior fluxo de água, é provável que ocorra enchentes maiores, causando elevação dos níveis de água a ponto de ocasionar prejuízos,

como alagamento de áreas cultiváveis, pastagens e até mesmo na área urbana (BERTOL *et al.*, 2007)

Assim, é importante levantar a discussão com os alunos sobre a importância da preservação de áreas da bacia hidrográfica que podem contribuir para a diminuição destes problemas, como as áreas de preservação permanente (APP's). A preservação das matas ciliares ao redor dos rios, córregos e nascentes contribui para a diminuição do escoamento superficial, pois a mata absorve parte da energia da água da chuva, facilitando a infiltração e diminuindo a velocidade e volume de escoamento.

Essas discussões, assim como outras que possam surgir, centradas no aspecto ambiental, são favoráveis ao desenvolvimento da reflexão sobre a preservação e o gerenciamento dos recursos naturais disponíveis no planeta. Estas reflexões devem ser estimuladas na escola, de maneira que se tornem cada vez mais presentes no dia a dia dos alunos, pois grandes esforços científicos e tecnológicos estão voltados neste momento para a criação de técnicas, mecanismos e equipamentos que estejam em sintonia com as transformações da sociedade e do meio ambiente e que possam contribuir para a utilização cada vez mais racional e menos agressiva dos recursos naturais.

Desta maneira, o experimento é útil por trazer o conhecimento de ferramentas e modelos matemáticos precisos e relacioná-los com conceitos importantes de preservação dos recursos naturais, o que contribui significativamente para a educação ambiental focada na gestão ambiental.

4.4. Discussão

O uso do dispositivo apresentado pode ajudar a compreensão de vários fundamentos matemáticos envolvidos em uma situação real, o que contextualiza o conhecimento, envolve os alunos, motiva e gera um ambiente de aprendizado com perspectivas mais aprofundadas.

O experimento proposto pela maquete traz conhecimentos relativos a várias áreas do conhecimento da matemática. Dentre estes conhecimentos é possível observar a presença da modelagem matemática, a aplicação de fórmulas, o desenvolvimento do raciocínio lógico, o levantamento de hipóteses, a aplicação de transformação de unidades, o conceito de equação, o tratamento

estatístico de valores, a análise de dados de uma situação real e a verificação e validação de todo um modelo proposto.

Estes conteúdos apresentados de maneira agregada, possuindo uma correlação direta, facilita o aprendizado do aluno. Na maioria das vezes estes conceitos matemáticos são ensinados de maneira independente, sem serem relacionados, em situações meramente numéricas, sem fundamento aparente que explique o motivo de se aprendê-los. Esta situação gera o desinteresse do aluno em aprender matemática, pois a apropriação deste conhecimento, na sua visão, não possui utilidade.

Sendo assim, metodologias de ensino que tenham em essência a característica de organizar todos estes conhecimentos em situações de aplicações reais podem trazer melhores resultados de aprendizado quando comparados com o ensino tradicional realizado hoje na maioria das escolas.

De acordo com Groenwald e Fillipsen (2002), a contextualização no ensino de matemática é de fundamental importância:

“Não é mais possível apresentar a Matemática aos alunos de forma descontextualizada, sem levar em conta que a origem e o fim da Matemática é responder às demandas de situações-problema da vida diária.”
(GROENWALD, FILLIPSEN, 2002)

Segundo D’Ambrósio (2001):

“O cotidiano está impregnado dos saberes e fazeres próprios da cultura. A todo instante, os indivíduos estão comparando, classificando, quantificando, medindo, explicando, generalizando, inferindo e, de algum modo, avaliando, usando os instrumentos materiais e intelectuais que são próprios à sua cultura (...) contextualizar a Matemática é essencial para todos. Afinal, como deixar de relacionar os Elementos de Euclides com o panorama cultural da Grécia Antiga? Ou a adoção da numeração indo-arábica na Europa como florescimento do mercantilismo nos séculos XIV e XV?”
(D’AMBROSIO, 2001)

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) também articulam a ideia da contextualização dos conhecimentos matemáticos para gerar a melhoria do aprendizado:

“O conhecimento matemático formalizado precisa, necessariamente, ser transferido para se tornar possível de ser ensinado, aprendido; ou seja, a obra e o pensamento do matemático teórico não são passíveis de comunicação direta aos alunos.(...) Esse processo de transformação do saber científico em saber escolar não passa apenas por mudanças de natureza epistemológica, mas é influenciado por condições de ordem social, e cultural que resultam na elaboração de saberes intermediários, como aproximações provisórias, necessárias e intelectualmente formadoras. É o que se pode chamar de contextualização do saber.” (BRASIL, 1997)

Os autores acima citados mostram a necessidade de se ensinar matemática utilizando-se da contextualização dos conceitos a serem aplicados. Assim, a utilização de metodologias que atendam a este requisito é um caminho possível de ser trilhado na busca de se atingir maiores níveis de aprendizado em matemática. Neste sentido, a utilização de fenômenos da natureza para a aplicação matemática torna-se um elemento importante a ser explorado.

Aliada à projeção de um melhor caminho para a compreensão de conceitos e ferramentas matemáticas e até mesmo ao entendimento do caráter matemático da natureza, o experimento proposto agrega valores relacionados à educação ambiental. Ao realizar as análises relativas ao escoamento de água na bacia hidrográfica através dos resultados numéricos obtidos pelo experimento e pelos cálculos realizados, os alunos poderão refletir sobre os problemas ambientais relacionados a estes fenômenos.

Dentro de uma sociedade onde a preocupação com a utilização e gerenciamento dos recursos naturais é cada vez maior, é importante ressaltar o papel fundamental da educação ambiental neste contexto de formação da cidadania do educando:

“A Educação Ambiental é relacionada aqui como fundamental na formação do cidadão. Esta extrapola os muros da escola e deve ser

oferecida em todos os seguimentos da sociedade com caráter permanente num processo dinâmico e integrativo induzindo mudanças de atitudes e formação de uma nova consciência na relação homem/natureza” (FERNANDES, 2010).

Assim, a educação ambiental deve ser entendida como uma educação que inclua não somente o aspecto relacionado à proteção do meio ambiente, mas sim “uma educação que se caracterize pelas suas dimensões socioeconômicas, culturais, políticas, históricas entre outras” (FERNANDES, 2010).

Este posicionamento da educação ambiental para o gerenciamento dos recursos é consequência da demanda cada vez maior da humanidade por recursos como a água, alimentos, minerais, geração de energia, entre outros. Logo, saber utilizar os recursos naturais disponíveis de maneira que seja possível aliar o crescimento econômico e social ao uso racional destes, sem que exista sua degradação e falência, é a base fundamental da sustentabilidade.

A escola deve passar por este processo de inovação junto a mediação dos conteúdos para que seja possível atingir os objetivos de aprendizado das disciplinas curriculares junto com a educação ambiental.

Esta inovação, chamada de inovação pedagógica, passa por mudanças relacionadas à atitude do professor que implica reflexão, criatividade, sentido crítico e autocrítico, que incluem também novas formas de organizar o espaço letivo e o papel desempenhado por aluno e professor (FINO, 2006).

A partir deste pensamento, pode-se dizer que estas inovações são mudanças nas práticas educativas, que devem passar pela maneira como o aluno aprende, que devem ser assessoradas pelo professor, que tem a responsabilidade de criar contextos de aprendizagem favoráveis (CÂNDIDO; SILVEIRA, 2013).

Assim, a utilização de métodos pedagógicos e didáticos que possam melhorar a dinâmica das aulas, como a utilização de experimentos que simulem fenômenos reais, é um caminho rico, cheio de possibilidades e recursos valiosos para a diversificação das aulas, no intuito de promover um ambiente de ensino aprendido de mais qualidade.

Dentro deste contexto, a metodologia de ensino de matemática proposta a partir da utilização da maquete da bacia hidrográfica, baseando-se em uma

situação real da aplicação matemática associada à educação ambiental, estabelece um parâmetro de ensino que abrange um forte aspecto de contextualização. O aluno consegue enxergar a aplicação prática do seu conhecimento em algo próximo de seu dia a dia, estimulando o desenvolvimento de habilidades e competências interdisciplinares e específicas.

Desta maneira, pode afirmar que a utilização do experimento proposto pode contribuir de maneira positiva com as novas demandas para o ensino de matemática e educação ambiental, agregando conceitos, aplicando conhecimentos, aproximando teoria e prática e estabelecendo um paralelo com outras áreas do saber, como a física, a biologia, a geografia, entre outros.

5. CONCLUSÃO

O experimento da maquete de bacia hidrográfica foi eficaz para os objetivos para o qual foi proposto: uma ferramenta de auxílio para o ensino de conceitos fundamentais de matemática com aplicação real e com conseqüentes reflexões sobre elementos do meio ambiente, promovendo a educação ambiental.

Os resultados obtidos no modelo matemático aplicado e as medições experimentais demonstram que o experimento é confiável, com um bom grau de precisão. Deve-se ressaltar também a facilidade para a obtenção do dispositivo, que pode ser construído com materiais de fácil acesso e baixo custo. Além disso, a facilidade para o uso em sala de aula contemplada pela sua simplicidade de funcionamento e montagem, contribuem para o bom andamento da atividade, tornando-se, então, uma metodologia com grandes vantagens.

Com isso, é possível conciliar o ensino de vários conceitos matemáticos, muitos deles abstratos, com situações reais do dia a dia do aluno, contribuindo positivamente para seu aprendizado mais significativo, contextualizado, construtivo e aplicável.

Estas novas metodologias são importantes para que seja possível a construção e mediação do conhecimento nas escolas, partindo-se do pressuposto de que as aulas das disciplinas escolares necessitam, em alguns casos, de uma profunda reflexão e revisão de conceitos e métodos de ensino. Isso é necessário para que a escola possa sempre cumprir seu papel principal, que é ser fornecedora do saber e do conhecimento, promovendo a transformação da sociedade, tornando-a mais justa e democrática.

Desta maneira, é provável que o aluno perceba que é possível agir e gerenciar os mais diversos conhecimentos recebidos na escola e aplicá-los de maneira efetiva, tornando-se então um cidadão consciente de sua posição na sociedade e no meio ambiente, de suas atitudes, de suas obrigações e responsabilidades.

Pode-se concluir então que a utilização da maquete em aulas experimentais pode ser considerada como um instrumento metodológico interessante e muito útil sob a perspectiva do ensino de matemática, com a utilização da modelagem matemática e a contextualização do uso dos recursos matemáticos, agregando valores junto com a educação ambiental, tornando-se

também uma ferramenta de fomento a discussões que promovam a gestão ambiental.

Recomenda-se a utilização do dispositivo para as séries do ensino fundamental 2, ensino médio e superior, sendo possível atender com sua utilização as demandas pedagógicas presentes nestes três níveis de ensino.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, **Recursos Hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**, 2014.

Agência Nacional de Águas (ANA), **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**, 2013.

ALMEIDA, L. M. W. ; SILVA, K.A. P. **Semiótica e as ações cognitivas dos alunos em atividades de modelagem matemática: um olhar sobre os modos de inferência**. Ciência e Educação (UNESP. Impresso), v.18, p. 623-642, 2012.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2002.

BERTOL, O. J., RIZZI, N. E., BERTOL, I., ROLOFF, G. **Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, Agosto, 2007, p. 781-792, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, Brasil .

BRASIL, Lei 9433/1997, **Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**.

BRASIL. Ministério da Educação (INEP). **ENEM 2016: Resultado Individual**. Brasília (BRASIL): MEC, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática**. Brasília (BRASIL): MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN): Temas Transversais**. Brasília (BRASIL): MEC, 1998.

BRUM, W. P., **Crise No Ensino De Matemática? Os Amplificadores Que Potencializam O Fracasso Da Aprendizagem** – VI Congresso Internacional de Ensino de Matemática – ULBRA – Canoas, RS – 2013

BURIASCO, C. R. **Matemática De Fora E De Dentro Da Escola: Do Bloqueio À Transição**. UNESP – Universidade Estadual paulista – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Campus de Rio Claro S.P. 1988

CÂNDIDO, F. F., SILVEIRA, A. M. P., **Inovação Pedagógica: Novas Formas de Relacionamento e Atuação na Aprendizagem Significativa**.

CARVALHO, I. **A Invenção Ecológica**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001.

CHOW V.T, Maidment D.R. and Mays L.W. **Applied Hydrology**. McGraw-Hill Publishing Company (1988).

COLLISCHONN, W., TASSI, R., **Introduzindo Hidrologia**, IPH/UFRGS, 2011.

D'AMBRÓSIO, U., **Da realidade à ação - reflexões sobre educação e matemática**. São Paulo: Summus/Unicamp, 1986.

D'AMBROSIO, U.. **Educação Matemática: da teoria à prática**. Campinas, Papyrus, 2001 (Coleção Perspectiva em Educação Matemática).

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); **Centro Nacional de Pesquisas de Aves e Suínos, Manejo de dejetos de suínos**, 1998.

FAZENDA, I. C. A.. **Interdisciplinaridade: qual o sentido**. São Paulo: Papyrus, 2003.

FERNANDES, D. N., **A importância da educação ambiental na construção da cidadania**. Revista OKARA: Geografia em debate, v.4, n.1-2, p. 77-84, 2010. João Pessoa, PB, DGEOC/CCEN/UFPB.

FINO, C. N., **Inovação e invariante (cultural)**. In: Actas do VII Colóquio sobre Questões Curriculares. Braga: Universidade do Minho, 2006.

FURTADO, D.A.; KONIG A. **Gestão Integrada de Recursos Hídricos**. Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008

GARCEZ, L. N., ALVAREZ, G. A., **Hidrologia**, 2ª Edição, São Paulo, Edgard Blucher, 1988.

GONÇALVES, H. J. L.; SANTOS, P. G. F.; PERALTA, D. A.; **Ensino de Matemática: A Necessária Superação de Modismos**. Educação Matemática em Revista. Artigo Teórico. Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2014.

GRASSI, M. T., **Águas do Planeta Terra**, Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição especial – Maio 2001, p. 31 - 40

GROENWALD, C. L. O.; FILIPPSEN, R. M. J.; **O meio ambiente e a sala de aula**. Educação Matemática em Revista. (SBME), n.13, p36-40, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2011.

LOUREIRO, C. F. B.; **Pensamento crítico, tradição marxista e a questão ambiental: ampliando os debates**. In: LOUREIRO, C. F. B (Org.). A Questão ambiental no pensamento crítico. Rio de Janeiro: Quartet, 2007b. p. 13-67.

NÓBREGA, M. L. S., CLEOPHAS, M. G., **A educação ambiental como proposta de formação de professores reflexivos: das práticas contextualizadas à ambientalização no ensino de ciências**. Inter-Ação, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 605-628.

OCDE (2016), PISA 2015 **Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy**.

OLIVEIRA, H. M. A. **Perspectiva dos educadores sobre o meio ambiente e a educação ambiental**. Niterói: Universidade Federal Fluminense; 2005.

Organização das Nações Unidas (ONU), **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, 2015.

PAIVA, E. M. C. D. **Métodos de estimativa da produção de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas.** In: PAVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2003. cap.13, p.365-394.

PHILIPPI JR, A., SOBRAL, M. C., FERNANDES, V., SAMPAIO, C. A. C., **Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e ciências ambientais.** RBPG, Brasília, v. 10, n. 21, p. 509 - 533, outubro de 2013.

PINTO, N.L. de S. **Hidrologia Básica.** São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

SILVEIRA, E., MIOLA, R. J., **Metodologia do Ensino de Matemática e Física: Professor Pesquisador em Educação Matemática – Curitiba.** Editora IBPEX, 2008.

TEIXEIRA, W; FAIRCHILD, T. R., TOLEDO, M. C. M., TAIOLI, F.; **Decifrando o Planeta Terra,** Companhia Editora Nacional, 2009.

TOLEDO, L. G., FERREIRA, C. J. A., **Impactos das Atividades Agrícolas na Qualidade da Água.** Revista Plantio Direto, Passo Fundo, N° 58, 2000.

TOMAZ, P. **Cálculos Hidrológicos e Hidráulicos para Obras Municipais: Piscinões, Galerias, Bueiros, Canais.** Métodos SCS, Denver, Santa Bárbara, Racional, TR-55. São Paulo: Editora Navegar, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência E Aplicação.** 2. ed. Porto Alegre, RG: UFRGS, 2001. 943 p.

TUCCI, C. E. M., **Hidrologia, Ciência e Aplicação Volume 4,** UFRGS 2004.

TUNDISI, J. G., **Recursos Hídricos, O Futuro dos Recursos # 1,** outubro de 2003

UNESCO, **Declaração de Tbilisi,** 1972.

VIERA, A M. **Matemática y medio.** Sevilla: Díada, 1997

VILELA, S. M., MATTOS, A., **Hidrologia Aplicada,** Mc Graw Hill, São Pulo.

ANEXO A

ROTEIRO EXPERIMENTAL

MATERIAIS UTILIZADOS:

MAQUETE DE BACIA HIDROGRÁFICA

PROVETA GRADUADA (1 LITRO OU MAIOR)

CRONÔMETRO

BALDE

Objetivos do Experimento:

- Obter a vazão em uma bacia hidrográfica através da simulação de uma chuva e compará-los com os valores obtidos através de cálculos do modelo racional.
- Relacionar o escoamento em uma bacia hidrográfica com fatores de preservação ambiental.

1º Montagem

Montar o aparato experimental seguindo os passos a seguir:

a) Colocar a bandeja inferior sobre o suporte da bandeja inferior (Figura 1).

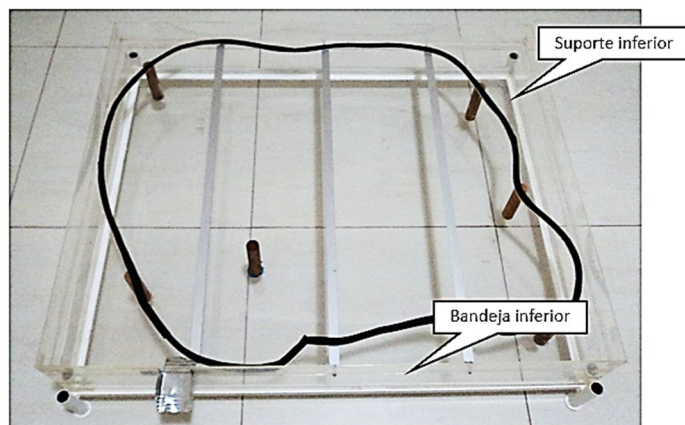


Figura 1. Detalhe da bandeja inferior sobre o suporte da bandeja inferior.

b) Encaixar os suportes de madeira 1 e 2 nos pontos A e B e o suporte 3 no ponto C, com o objetivo de promover inclinação na bacia (Figura 2).

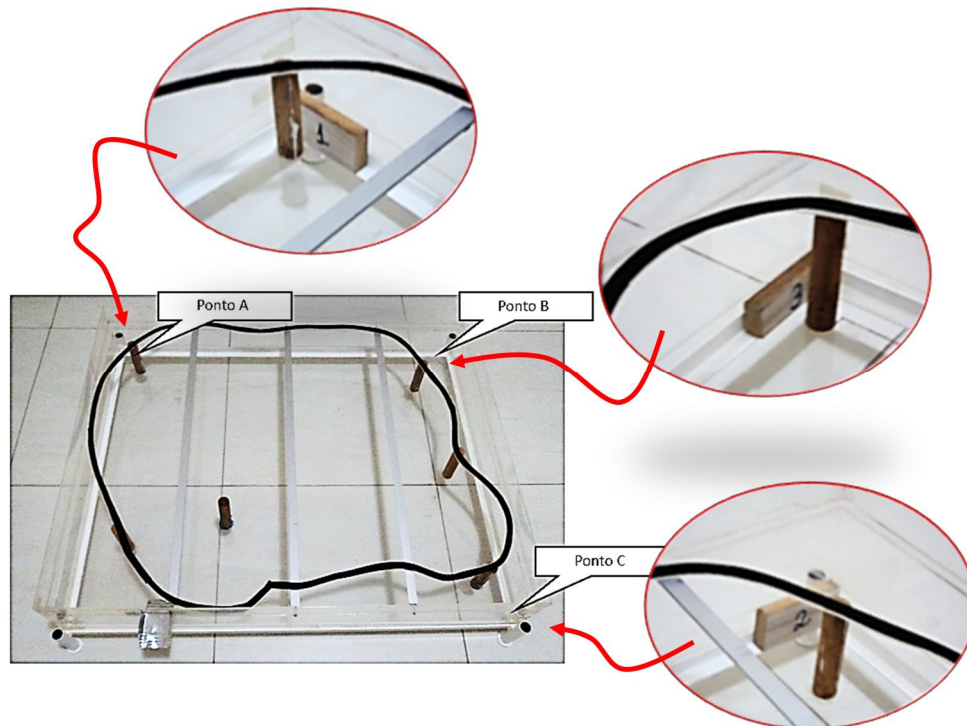


Figura 2. Detalhe dos suportes de madeira já alocados abaixo da bandeja inferior.

c) Montar o corpo da bacia de acordo com o cenário escolhido. As peças são encaixadas por parafuso e porcas conforme a figura 3.

Bacia no cenário 01 (corpo da bacia montada com as peças padrão + peça 8.2)

Bacia no cenário 02 (bacia montada com todas as peças padrão)

Bacia no cenário 03 (corpo da bacia montada com as peças padrão + peças 7.1 e 8.1).



Figura 3. Detalhe dos parafusos com porcas utilizados na junção das peças do corpo da bacia.

d) Colocar o corpo da bacia sobre a bandeja inferior de modo que esta fique totalmente apoiada sobre a base do corpo da bacia (Figura 4).

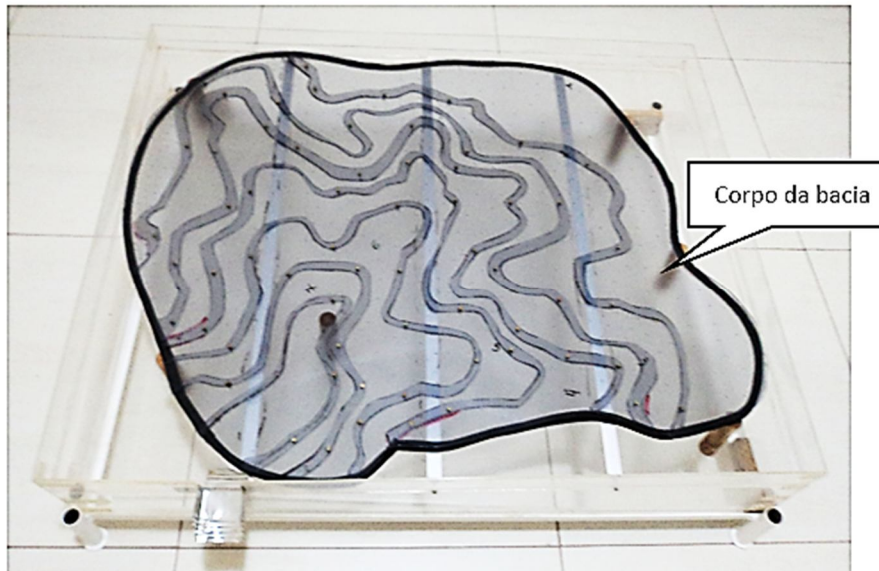


Figura 4. Detalhe do corpo da bacia já sobre a base do corpo da bacia.

e) Encaixar as hastes de metal nos cantos do suporte da bandeja inferior (Figura 5).

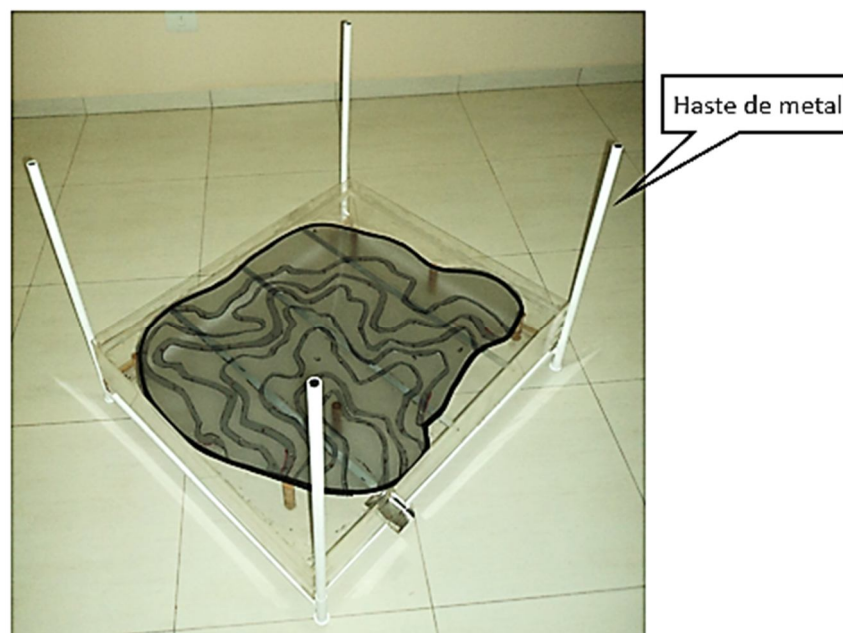


Figura 5. Detalhe das hastes encaixadas nos cantos do suporte da bandeja inferior

f) Encaixar o suporte da bandeja superior nas hastes (Figura 6).

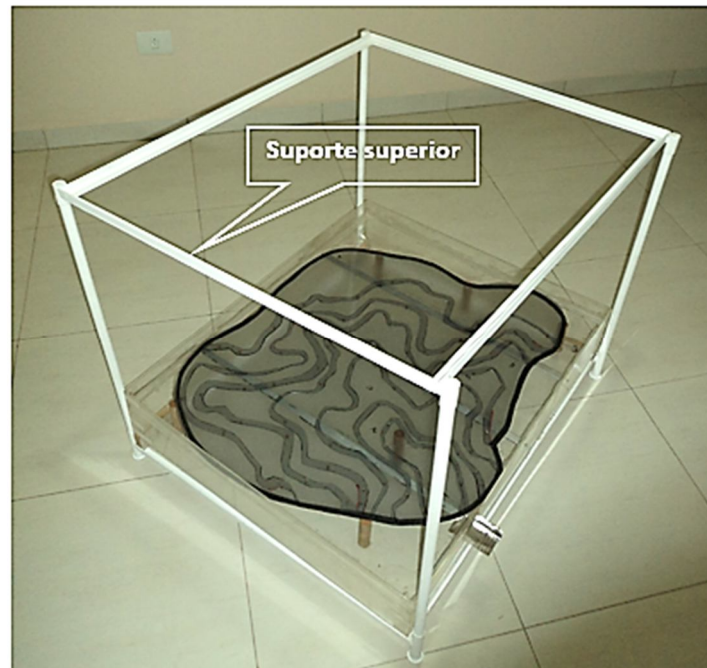


Figura 6. Detalhe do suporte da bandeja superior encaixado nas hastes.

g) Acondicionar a bandeja superior sobre o suporte da bandeja superior (Figura 7).



Figura 7. Detalhe da bandeja superior sobre o suporte da bandeja superior (pronta para uso)

2° Coleta de dados

Os dados coletados através do experimento é o tempo de precipitação e o volume escoado. Deve ser feita três repetições para cada volume de água utilizado (volume de entrada V_{en}) em cada cenário da simulação. Os dados devem ser anotados na tabela 1:

Tabela 1. Medidas Experimentais

Cenário: _____

V_{en} (L)	Δt (s)	V_{es} (L)
Média		

OBS: V_{en} (volume de entrada); Δt (tempo de precipitação); V_{es} (volume escoado).

3° Cálculo da vazão experimental

A partir dos dados obtidos é possível calcular a vazão experimental da bacia. Para isso basta utilizar a equação 1. Deve ser utilizado o valor médio de tempo e de volume escoado (Tabela 1).

$$Q = \frac{V_{es}}{\Delta t} \quad \text{(equação 1)}$$

Onde:

Q – vazão da bacia ($L \cdot s^{-1}$)

V_{es} – volume escoado pela bacia (L)

Δt – tempo de precipitação (s)

Preencher a tabela 2 para cada cenário:

Tabela 2. Vazão Experimental

Cenário: _____

Q_{MED} (L.s⁻¹)

OBS: Q_{MED} (vazão medida experimentalmente)**3° Cálculo da vazão através do modelo racional**

Nesta etapa, são efetuados os cálculos da vazão através do modelo racional (equação 2). A tabela 4 mostra os valores que deverão ser utilizados no modelo racional. Esses valores são valores de calibração da bacia hidrográfica:

$$Q = C.i.A \quad \text{(equação 2)}$$

Onde:

Q – vazão de saída (L.s⁻¹)

C – Coeficiente de escoamento (Tabela 3)

A – área da bacia (0,5151m²)**Tabela 3:** Valores calibrados

Configuração	Ven (L)	P (mm)	i (mm s ⁻¹)	C	Q (L s ⁻¹)	Condição Simulada
Bacia no cenário 01	2,5	5	0,35	0,04	0,00721	Bacias hidrográficas preservadas
	3,0	6	0,39	0,06	0,01205	
	3,5	7	0,43	0,07	0,01550	
	4,0	8	0,47	0,08	0,01937	
	4,5	9	0,51	0,09	0,02364	
Bacia no cenário 02	5,0	10	0,55	0,10	0,02833	Bacias hidrográficas com baixo a médio grau de antropização
	2,5	5	0,37	0,18	0,03430	
	3,0	6	0,41	0,21	0,04435	
	3,5	7	0,45	0,23	0,05331	
	4,0	8	0,49	0,26	0,06562	
Bacia no cenário 03	4,5	9	0,53	0,28	0,07643	Bacias hidrográficas com alto grau de antropização
	5,0	10	0,57	0,29	0,08514	
	4,5	9	0,50	0,34	0,08756	
	5,0	10	0,54	0,36	0,10013	
	5,5	11	0,57	0,37	0,10862	
Bacia no cenário 03	6,0	12	0,61	0,38	0,11939	Bacias hidrográficas com alto grau de antropização
	6,5	13	0,65	0,39	0,13057	
	7,0	14	0,69	0,40	0,14215	

OBS: P (precipitação); i (intensidade de precipitação); C (coeficiente de escoamento superficial); Q (vazão esperada na saída).

Após o cálculo realizado, deve-se preencher a tabela 4:

Tabela 4: Resultados para os cenários simulados partir do Modelo Racional

Cenário: _____

$Q_{\text{CALC}} \text{ (L}\cdot\text{s}^{-1}\text{)}$

OBS: Q_{CALC} (vazão calculada pelo método racional)

4° Comparação dos resultados:

Nesta etapa são comparados os resultados experimentais com os resultados obtidos através do modelo racional. Deve-se preencher a tabela 5:

Tabela 5. Comparativo entre os resultados experimentais e calculados pelo modelo racional.

Cenário	Q_{CALC} (L s ⁻¹)	Q_{MED} (L s ⁻¹)	Condição simulada
Aumento (%)			-

OBS: Q_{CALC} (vazão calculada pelo modelo racional); Q_{MED} (vazão medida experimentalmente).

Com os resultados finais deve-se então:

1. Avaliar o modelo matemático utilizado, observando os valores experimentais e teóricos obtidos, observando-se os valores percentuais de aumento do escoamento.
2. Avaliar os valores do coeficiente de escoamento e seu significado.
3. Avaliar qual a condição da bacia hidrográfica a partir do valor do coeficiente de escoamento: bacia hidrográfica preservada, bacia hidrográfica com baixo a médio grau de antropização, bacia hidrográfica com alto grau de antropização.
4. Relacionar o escoamento superficial com as características de preservação da bacia hidrográfica.
5. Avaliar possíveis problemas relacionados a um maior escoamento na bacia hidrográfica.
6. Propor soluções para os problemas citados anteriormente.