

Figura 1. Poluição hídrica por retiradas e efluentes superficiais. Fonte: ANA

Enunciado #1 (*). Suponha que sua **FIRMA** de engenharia ambiental é contratada para avaliar o **ORÇAMENTO DE UM PROJETO** usando o indicador de sustentabilidade hídrica (Tucci, 2017, adotando a Figura 1) em futuros assentamentos urbanos do ano 2050 em duas (2) subbacias hidrográficas selecionadas, com abastecimento superficial para demanda hídrica urbana, de preferência que seja do banco de dados abertos CABRa (<https://zenodo.org/record/4655204#.YmqHgtPMKt9>), e que pertençam a duas bacias diferentes do PNRBH (<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/bacias-hidrograficas>). Sua **FIRMA** faz uma suposição simples: um trecho de rio que, ao passar por futura área urbana, com retirada de água à montante e com retorno de esgotos à jusante desse trecho, precisará estimar vazão sustentável (adaptado de Tucci, 2017, Indicador de Sustentabilidade Hídrica Urbana, Rev. Gestão de Água de América Latina, <https://doi.org/10.21168/reg.v14e7>) como a Equação 1 (abaixo):

$$Q_s = \frac{\alpha \cdot q[(1 - \mu\beta)C_n - C_s]}{(C_s - C_i)} \tag{Equação 1}$$

A vazão Q_s é determinada em função da meta relacionada ao parâmetro de qualidade que caracteriza as condições ambientais. Neste caso, espera-se para a classe 2 do CONAMA que o corpo d'água tenha até 5 mg/L (C_s). Um valor em condições naturais (C_i) espera-se que tenha da ordem de 2mg/L. A concentração do esgoto 'in natura' é da ordem entre 300 e 400 mg/L (C_n). A fração de fluxo de retorno (α) varia entre 0,6 e 0,8. A demanda esperada é da ordem de 160 a 200 L/dia/habitante. A equação fica dependente apenas da proporção de esgoto coletado e tratado e da redução de carga. Caso $\mu\beta = 1$ onde se tem todo esgoto coletado e redução de 100% da carga, a equação seria incoerente. Isto ocorre porque se aceita um nível de qualidade inferior a qualidade natural. Esta equação tem ajuste onde o maior valor de $\mu = 1 - C_s/C_n$ é nível de redução de carga equivalente a atender a concentração meta do corpo hídrico. O valor de Q_s (μ, β) ou seja é função dos níveis de coleta e tratamento.

Considerando **os dados usados**, no limite de um serviço esperado de 65 a 95% de coleta e 30 a 85% de tratamento, **pede-se** (a) **fazer** um croqui/layout mostrando todas as variáveis e parâmetros da equação anterior, mostrando uma planta baixa do problema, (b) **justificar** com seu memorial de cálculo se, para alta coleta de esgoto e alta eficiência de tratamento, a vazão sustentável seria de aprox. 2,81m3/hab/dia, e para um cenário de baixa coleta (Beta = 0 %) e sem tratamento ($\mu = 0\%$), a vazão sustentável aumenta para 15,71 m3/hab/dia, (c) **responder**: como este indicador de sustentabilidade hídrica urbana mostra que a demanda de água para controle de qualidade é sempre superior a demanda consuntiva (de água), **ou não? Por que?**; (d)

justificar por que Q_s^* , corrigido, considerando as cargas poluidoras da drenagem de águas pluviais e de lixiviado de resíduos sólidos de lixões mal manejados na cidade, seria **maior** que o Q_s da equação 1 ?, e) **justificar** o ORÇAMENTO DO RELATÓRIO PROFISSIONAL DE SUA FIRMA DE ENGENHARIA se fizer essa análise em duas (2) subbacias hidrográficas selecionadas (CABRa x PNRBH). **Dicas:** Seguir os passos orientados em sala de aula.

HydroPol2D – Distributed Hydrodynamic and Water Quality Model: Challenges and Opportunities in Poorly-Gauged Catchments

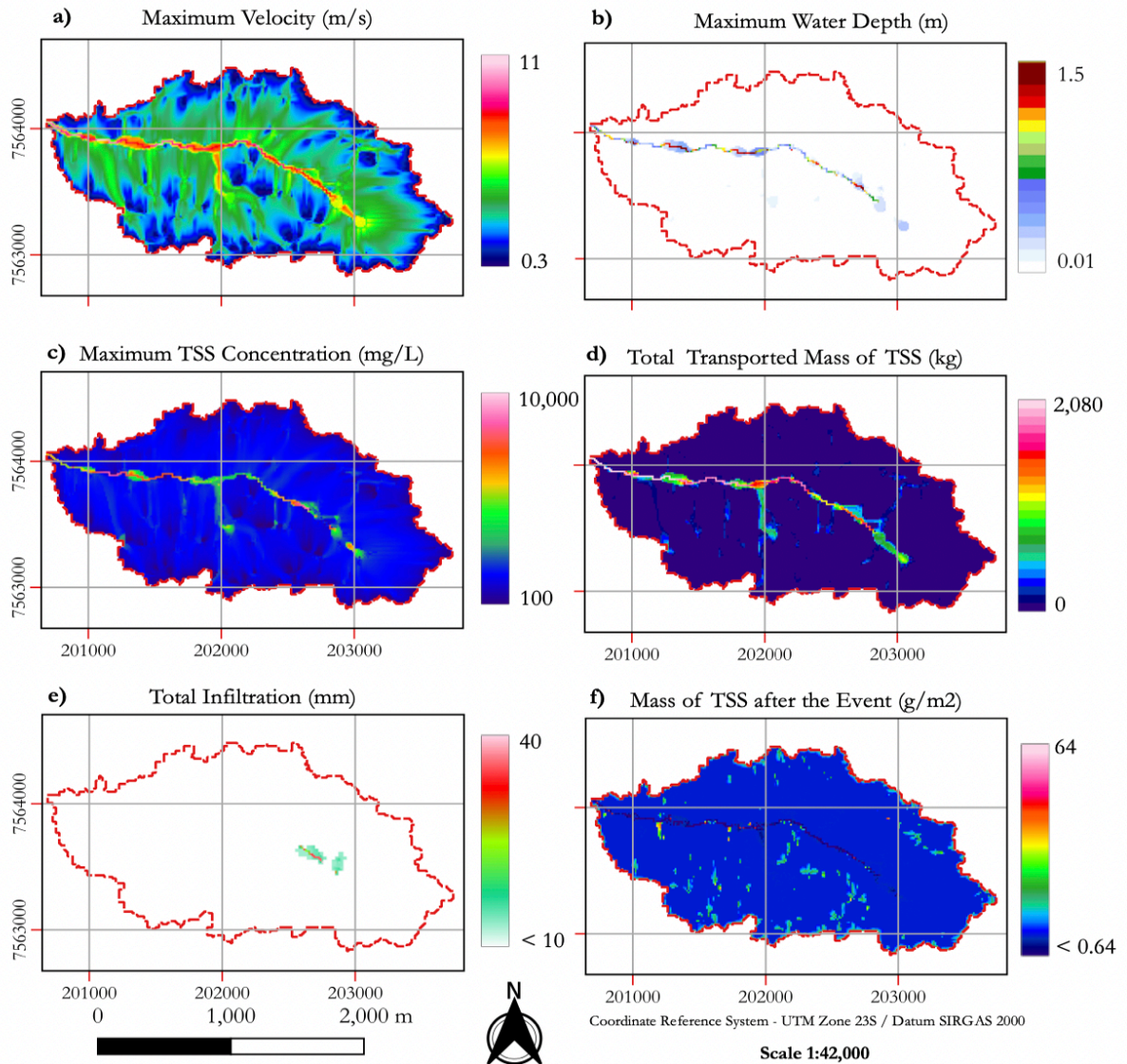


Figure 12: Simulation results with baseline scenario parameters, where a) is the maximum velocity, b) is the map of maximum depths, c) the maximum instantaneous concentration of TSS, d) is the map that represents the total mass that passed through each cell. The catchment boundaries is given by the red dashed lines.

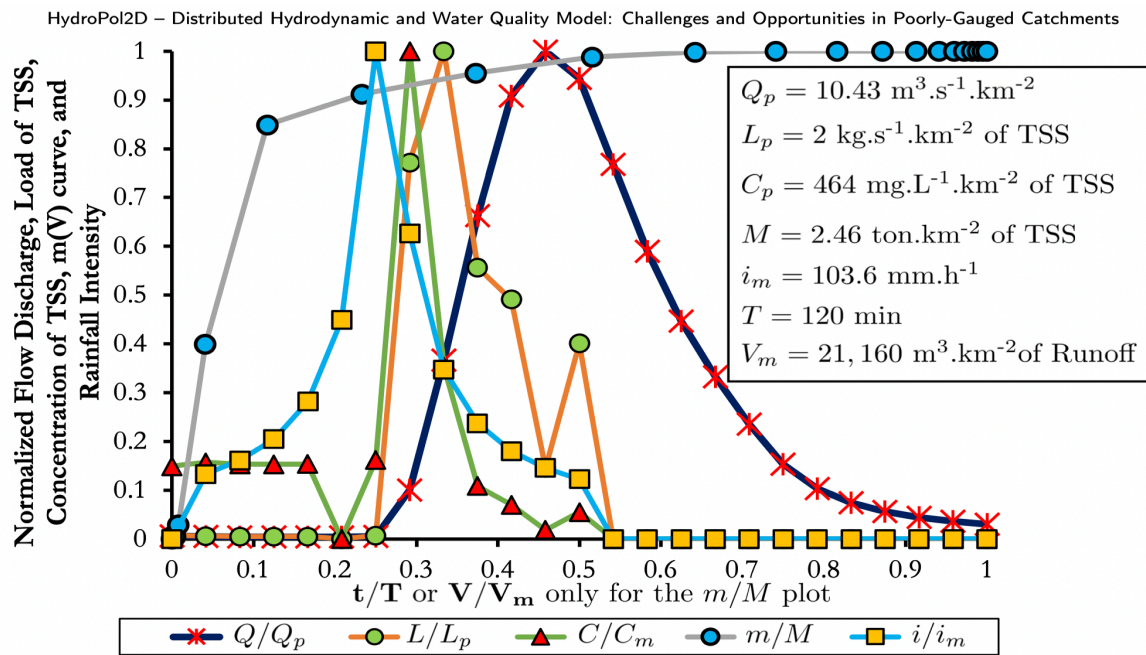
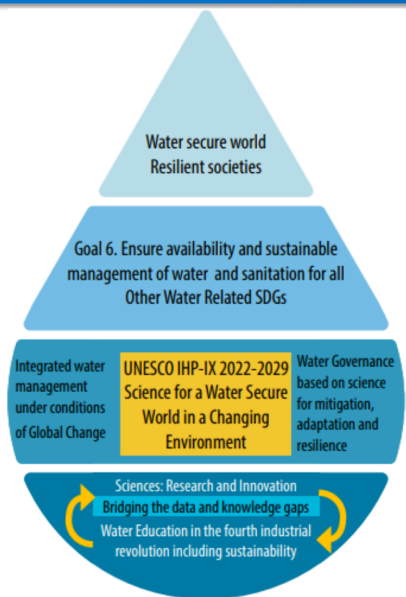


Figure 13: Normalized modeling results, where all values are divided by their next maximum values and are typically divided by the watershed area of 3.20 km². Q is the flow discharge, Q_p is the peak flow, L is the pollutant load, L_p is the maximum pollutant load, C is the pollutant concentration, C_p is the maximum pollutant concentration m is the washed pollutant mass, M is the total mass of pollutant washed, i is the rainfall intensity, i_m is the maximum rainfall intensity, t is the time and T is the total duration.

Enunciado #2(*) Suponha que a Figura 2(superior) são telas de jogo educacional para popularização da recuperação de bacias impactadas pela poluição difusa da drenagem de águas pluviais que consideram que $Q_s^* > Q_s$. **Justificar orçamento de Projeto** de levar esse jogo a Escolas Públicas dos 5570 municípios brasileiros, explicando o gráfico e um Croqui das componentes que influenciam no Q_s^* (com base na Equação 1, ampliada) . Fonte: Gomes Jr et al (2023; <https://arxiv.org/pdf/2304.11099.pdf>)

Intergovernmental Hydrological Programme (9th Phase of IHP 2022-2029)



- **5 Priority Areas**
 1. Scientific research and innovation
 2. Water Education in the Fourth Industrial Revolution including Sustainability
 3. Bridging the data-knowledge gap
 4. Integrated water resources management under conditions of global change
 5. Water Governance based on science for mitigation, adaptation and resilience
- **34 expected outputs**
 - The Strategic Plan has been approved with its 5 priority areas and 34 expected outputs by the IHP Council in its 24th Session last June
- **150 Key activities**
 - Operational Implementation Plan endorsed at the 25th Session of the IHP Council 26-29 April 2022

Figura 3. Síntese da Fase IX do PHI-UNESCO 2023-2029.

Enunciado #3(*): Imagine que o Jogo Educacional é implementado em escolas públicas dos 5570 municípios brasileiros, e como parte de uma adaptação à versão anterior do Plano Nacional de Recursos Hídricos (https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/pnrh_2022_para_baixar_e_imprimir.pdf), ligado ao Plano Operacional da Fase IX do PHI-UNESCO (Figura 3). Os alunos das escolas dos 5570 municípios usam o Jogo para situações reais, conforme relatos de moradores e vizinhos locais. Suponha que num desses casos, o Jogo Educacional precisa contextualizar este caso particular. Moradores da bacia urbana local relatam que, em média, a cada 2 anos, sofrem com extravasamentos repentinos do canal de drenagem urbana, construído de paredes de concreto (n -Manning = 0,014), com 4,6 Km de comprimento total, cuja seção transversal é retangular uniforme de 1,8 m de largura e 1,3 m de altura e cuja declividade média longitudinal é de 1%. A bacia tem um coeficiente médio de escoamento de 0,45. **Sua firma de engenharia ambiental é contratada para:** (a) **desenvolver** um croqui ou layout do problema e possíveis medidas mitigadoras, (b) **apresentar** bases técnicas de verificação hidráulica que justifiquem que o atual canal está subdimensionado e não impede esses extravasamentos frequentes, (c) **projetar** com memorial de cálculo devidamente apresentado, uma medida mitigadora emergencial, rebaixando o fundo do canal existente até uma profundidade que mitigue estes extravasamentos frequentes. Justificar o memorial de cálculo, hipóteses e uso magnitudes; (d) **justificar** quanto custaria um relatório profissional deste tipo de problemas se forem aplicados nas subbacias selecionadas anteriormente do banco de dados CABRa x PNRBH. Observação: para os pontos “a”, “b” e “c” deste enunciado seguir os passos orientados em sala de aula e adotar as seguintes suposições:

I_{max} (mm/h) = 1380 Tr (ano) $^{0,31/(21+Duracao(min))^{0,85}}$; V (m/s) = $1/n \cdot (Am/Pm)^{2/3} S^{1/2}$; Q (m³/s) = $V \cdot Am$; Q_{max} (m³/s) = $C \cdot I_{max}$ (mm/h). $Abacia$ (ha) / 360; sendo Am : área molhada, Pm : perímetro molhado.

Enunciado #4(*). Sua **FIRMA** de engenharia ambiental foi recontratada para projetar medidas mitigadoras mais duradouras do enunciado anterior e mais sustentáveis para atender o Plano Diretor 2040. Este sugere um canal **renaturalizado**, e com urbanização controlada, com mudanças e adaptações futuras em relação aos valores presentes de projeto; p.ex. no coeficiente de escoamento médio da bacia (de +22%), n - Manning maior (de +500%) oriundo de material diferente de concreto a partir de uma concepção hidráulica mais ambiental e próxima das condições naturais. Ainda este novo projeto contempla: tempo de retorno de projeto maior (50 anos), incorporar curvas e meandros, diminuindo a declividade longitudinal pela metade e ter seção transversal composta do canal, subdivida em calha principal (com igual largura ao canal atual, porém com profundidade máxima diferente) e mais duas áreas de várzeas construídas de +10m de largura cada uma, medidas a partir do canal principal, que acompanham o canal principal, e que entram em funcionamento hidráulico cada vez que o canal principal superar a profundidade de de 1,5m. Sem incluir mudanças nas curvas IDF locais: (a) **apresentar** croqui/layout do problema e soluções de medidas mitigadoras pretendidas (planta baixa, perfil longitudinal e seção transversal), (b) **determinar** a nova vazão máxima de projeto conforme a futura condição de bacia, (c) **projetar** o futuro canal **renaturalizado**, determinando as profundidades máximas (no canal principal e nas suas várzeas construídas) que atenda a vazão máxima de projeto. **Justificar** o memorial de cálculo, hipóteses e uso magnitudes. (d) **Justificar** quanto custaria um relatório profissional deste tipo de problemas, se forem aplicados às duas (2) subbacias selecionadas anteriormente do banco de dados CABRa x PNRBH. Seguir os passos orientados em sala de aula.

Enunciado #5(*). Após entrar em vigor a Lei 14.546, de 2023 (http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/L14546.htm), que estabelece medidas de prevenção a desperdícios e de aproveitamento das águas de chuva e de reúso não potável das águas cinzas, foi vetado o dispositivo do projeto de lei (PL 175/2020; <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/140558>) que restringia a utilização das águas das chuvas. O veto deverá ser analisado por senadores e deputados em sessão conjunta. Uma possível justificativa é ligada à **falta de cultura e de educação ambiental apropriada nas escolas sobre o tema de reuso de águas**. Pede-se: **redatar** (entre 8 a 12 linhas) como propor uma Versão 2.0 do Jogo Educacional, alinhado com PNRH-2022-2040, PHI-UNESCO IX 2023-2029, e PNRBH, de maneira de influenciar as gerações de alunos e professores para que esse (hoje) veto seja incorporado na ampliação da Lei 14.546 até 2030 para contribuir com os ODS.