

Módulo 1

Panorama das Obras de Controle de Inundações

Evolução das soluções de drenagem · Piscinões, reservatórios e demais intervenções · Casos de sucesso e lições aprendidas · Contexto do curso e desafios atuais

Sumário

Parte I. Fundamentos da drenagem e dos sistemas

Apresentação	3
1. A bacia hidrográfica como unidade de análise	3
2. Cheia, inundação, alagamento e enxurrada	5
3. Drenagem urbana como sistema e serviço público	6
4. Medidas estruturais e não estruturais	8
5. Da abordagem convencional ao manejo sustentável	8
6. Macro e microdrenagem	9
7. Interface com a drenagem rodoviária	11
8. Roteiro de análise técnica	13
9. Síntese desta Parte I	14
Apêndices da Parte I	14

Parte II. Urbanização, extremos e estudos de caso

Apresentação	17
1. Extremos hidrológicos e risco urbano	17
2. Urbanização, população exposta e resiliência	19
3. Como a urbanização altera a resposta hidrológica	20
4. Estudo de caso: Ribeirão Lajeado	22
5. Estudo de caso: Ribeirão Eusébio	23
6. Da mitigação à convivência com o risco	25
7. Aplicação direta ao DER-SP	26
8. Protocolo para leitura de estudos de caso	26
9. Síntese da Parte II	27
Apêndices da Parte II	28
Registro final da revisão técnica	29
Referências	30

PARTE I

Fundamentos da drenagem e dos sistemas

Bacia hidrográfica, planejamento, abordagens e componentes

Apresentação

O Módulo 1 integra o curso solicitado pelo DER-SP ao IPT para apoiar profissionais que passarão a avaliar, acompanhar e fiscalizar obras de controle de inundações. A ficha do curso situa essa formação como nivelamento técnico. O propósito não é formar projetistas em poucas aulas, mas criar uma base comum para interpretar projetos, memoriais, estudos hidrológicos, condicionantes locais, riscos de implantação e requisitos de operação.

As aulas 1A e 1B organizaram esse primeiro contato em duas escalas. A Aula 1A apresentou a bacia hidrográfica, a terminologia associada às cheias, as medidas estruturais e não estruturais, as abordagens convencional e ambiental, os sistemas de macro e microdrenagem e os cuidados nos pontos de lançamento. A Aula 1B relacionou esses fundamentos à urbanização, aos eventos extremos e a estudos de caso. Esta Parte I consolida os conteúdos conceituais já suficientemente estáveis. Os casos quantitativos serão tratados em volume posterior, depois da obtenção das séries e memórias de cálculo utilizadas pelos autores.

Como usar esta apostila. A leitura deve apoiar a análise técnica, sem substituir normas, manuais, estudos de campo ou responsabilidade profissional. Cada intervenção exige delimitação da bacia contribuinte, dados compatíveis com a escala do problema, verificação de uso e ocupação do solo e articulação entre hidrologia, hidráulica, geotecnia, ambiente, operação e manutenção.

Objetivos de aprendizagem da Parte I

- Reconhecer a bacia hidrográfica como unidade territorial para análise de intervenções de drenagem.
- Distinguir cheia, inundação, alagamento e enxurrada e relacionar cada fenômeno ao diagnóstico adequado.
- Compreender o papel do planejamento, das medidas estruturais e não estruturais e do controle na fonte.
- Identificar os principais componentes da macro e da microdrenagem e suas funções no sistema.
- Examinar a interface entre drenagem urbana e rodoviária, com atenção aos lançamentos, à erosão e ao assoreamento.
- Reconhecer pontos que precisam constar de termos de referência, projetos, memoriais e rotinas de fiscalização.

1. A bacia hidrográfica como unidade de análise

1.1 O território que conduz água para um ponto comum

A Aula 1A iniciou o conteúdo técnico pela bacia hidrográfica. A escolha define a escala do raciocínio. Uma obra localizada em um canal, uma travessia rodoviária, uma galeria ou um reservatório recebe

água de uma área que pode se estender muito além do entorno visível da intervenção. O relevo organiza esse percurso por divisores de água, talvegues, cursos principais e afluentes.

A bacia de contribuição de uma obra corresponde à área que encaminha escoamento para o ponto analisado. Em uma seção de ponte, por exemplo, o cálculo hidrológico precisa considerar os afluentes e as superfícies que contribuem a montante. A dimensão da obra, isoladamente, não define a extensão do estudo. Uma estrutura pequena pode controlar a passagem de água proveniente de uma área extensa, enquanto outra, de maior porte, pode estar associada a uma bacia mais compacta e de resposta rápida.

Na discussão com os participantes, o docente mostrou um estudo rodoviário na região de Penápolis em que a avaliação de duas pontes exigiu examinar bacias próximas de 100 km². O exemplo ilustra uma regra que deve orientar a contratação e a análise: o limite espacial decorre do relevo e do ponto de controle, e não de uma faixa arbitrária traçada ao redor da obra. Para obras lineares, cada travessia e cada ponto de lançamento podem possuir bacias contribuintes próprias.

Aplicação na análise de projetos. A planta de localização da obra não substitui o mapa da bacia. O processo deve apresentar o exutório adotado, os divisores de água, a rede de drenagem, as sub-bacias, as áreas de contribuição e a base topográfica utilizada. Divergências entre delimitação, modelo digital de elevação e observação de campo precisam ser justificadas.

1.2 A delimitação é o começo, não o encerramento do estudo

O contorno da bacia informa de onde a água pode chegar, mas o comportamento hidrológico depende das características encontradas dentro desse limite. Declividade, tipo de solo, cobertura vegetal, áreas impermeáveis, armazenamento superficial, rede de drenagem e intervenções anteriores alteram o tempo e o volume da resposta à chuva. Por isso, duas bacias com áreas semelhantes podem produzir hidrogramas distintos.

A ocupação do solo também muda ao longo da vida útil da infraestrutura. Na aula, Luciano Zanella chamou a atenção para esse aspecto durante a discussão do horizonte de projeto. Uma bacia considerada adequada no presente pode sofrer expansão urbana, substituição de vegetação, intensificação agrícola ou implantação de novas vias. Essas alterações tendem a modificar infiltração, armazenamento, geração de sedimentos e velocidade de concentração do escoamento. O efeito deve ser estimado com cenários documentados, e não por uma taxa universal de crescimento.

A Coleção 10.1 do MapBiomas disponibiliza mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil entre 1985 e 2024. A base ajuda a reconstruir mudanças históricas e a formular cenários, desde que sua resolução, classificação e acurácia sejam compatíveis com a escala do estudo. Para projetos locais, o produto pode precisar de imagens de maior resolução, cadastro municipal, levantamento topográfico e verificação de campo.

Complementação técnica. O ANADEM, citado pelo docente no mesmo bloco da aula, é um modelo digital do terreno com resolução espacial de 30 m, produzido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em cooperação com a ANA. O produto reduz o viés causado pela vegetação no modelo Copernicus GLO-30 e pode apoiar delimitações e análises regionais. A

resolução de 30 m não substitui levantamentos topográficos, modelos de maior detalhe nem a verificação de campo quando a precisão exigida pelo projeto for superior.

Ponto de controle para o termo de referência. Definir a fonte do modelo topográfico, os anos de referência do uso do solo, os cenários futuros, a escala mínima dos mapas, os procedimentos de verificação de campo e os arquivos digitais a entregar. Sem essas condições, torna-se difícil exigir correções depois da contratação.

1.3 Relações entre municípios e intervenções a montante

Os limites municipais raramente coincidem com os divisores de água. A Aula 1A discutiu situações em que decisões de ocupação a montante influenciam inundações em outro município. Nesses casos, uma solução restrita ao território afetado pode reduzir temporariamente o dano local sem atuar sobre o aumento do escoamento produzido na bacia.

A Norma de Referência ANA nº 12/2025 recomenda, no parágrafo único do art. 8º, que o planejamento dos serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas seja articulado com os comitês de bacia. O art. 9º determina a articulação com políticas de desenvolvimento urbano, uso e ocupação do solo, recursos hídricos, ambiente, adaptação climática, defesa civil, saúde e desenvolvimento social. A exigência confirma o raciocínio apresentado na aula: o sistema precisa ser tratado como serviço territorial, com decisões coordenadas entre planejamento, projeto, obra, operação e manutenção.

2. Cheia, inundação, alagamento e enxurrada

Os slides da Aula 1A distinguiram cheia, inundação e alagamento, três situações frequentemente confundidas. A enxurrada foi abordada na Aula 1B e integra esta seção para completar a terminologia empregada no Módulo 1. A distinção orienta o levantamento de causas e a seleção de medidas, pois uma elevação do nível de um rio, um transbordamento para a várzea, o acúmulo de água em uma via e um escoamento superficial de alta energia podem ocorrer durante a mesma chuva, mas representam processos diferentes.

Fenômeno	Caracterização operacional	Elementos para diagnóstico
Cheia ou enchente	Elevação temporária do nível e da vazão dentro da calha, sem transbordamento.	Cotas e vazões do curso d'água, capacidade da seção e evolução temporal do evento.
Inundação	Transbordamento da calha normal e ocupação de áreas marginais ou da planície de inundação.	Bacia contribuinte, níveis, manchas de inundação, profundidade, velocidade e duração.
Alagamento	Acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras áreas urbanas quando a capacidade de drenagem é excedida.	Captação superficial, declividades, obstruções, capacidade de bocas de lobo, galerias e rotas de escoamento.
Enxurrada	Escoamento superficial concentrado e de alta energia, com elevação súbita de vazões, associado ou não a curso d'água.	Intensidade da chuva, relevo, concentração do fluxo, velocidades, arraste e risco às pessoas e estruturas.

Atualização normativa. As caracterizações da tabela têm finalidade operacional e são compatíveis com a terminologia empregada pelo Cemaden e pela Norma de Referência ANA nº 12/2025. No art. 4º, inciso II, a norma relaciona o alagamento ao acúmulo temporário de água em infraestruturas urbanas por insuficiência, obsolescência, falha ou inexistência do sistema de drenagem. O inciso XVII caracteriza a enxurrada como escoamento superficial rápido, concentrado e de alta energia. O inciso XXIII define inundação como transbordamento da calha normal de corpos hídricos provocado por chuvas críticas para a bacia de contribuição.

A distinção ajuda a evitar diagnósticos incompletos. A ampliação de uma galeria pode ser adequada para um ponto de alagamento causado por insuficiência de captação ou transporte. A mesma providência pode transferir vazão para jusante e agravar uma inundação fluvial se a capacidade do receptor não for considerada. Em áreas sujeitas a enxurradas, a velocidade e a rota do fluxo podem ser tão relevantes quanto a lâmina de água.

Leitura de ocorrências. Registros de campo devem informar horário, duração, profundidade aproximada, velocidade aparente, direção do fluxo, obstruções, extravasamentos, nível do curso d'água, chuva observada e danos. Fotografias sem localização, horário e referência espacial têm utilidade limitada para reconstruir o evento.

3. Drenagem urbana como sistema e serviço público

3.1 Do escoamento inevitável ao manejo planejado

A chuva produz escoamento mesmo onde não existe infraestrutura formal. Ruas, lotes, cortes, aterros e rodovias reorganizam os caminhos da água e passam a integrar, de fato, o sistema. O planejamento define se esses caminhos serão conduzidos, armazenados, infiltrados, tratados e lançados com segurança ou se aparecerão como alagamentos, erosões, assoreamento e danos a estruturas.

A Lei nº 11.445/2007 incluiu a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas entre os componentes do saneamento básico. A redação vigente abrange atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem, transporte, retenção ou retenção para amortecimento de cheias, tratamento, disposição final, limpeza e fiscalização preventiva das redes. A Lei nº 14.026/2020 atribuiu à ANA a competência de instituir normas de referência para o setor. Em 2025, a Resolução ANA nº 245 aprovou a Norma de Referência ANA nº 12/2025, que organizou responsabilidades, atividades e componentes dos serviços públicos de DMAPU.

A NR 12/2025 estrutura o serviço em cinco atividades: planejamento, articulação com outros instrumentos e políticas, projetos e execução de obras, operação e manutenção, gestão e administração. A infraestrutura também é organizada em cinco funções: coleta, transporte, amortecimento de vazões e volumes, tratamento e disposição final. Essa estrutura evita reduzir a drenagem à execução de canais, galerias ou reservatórios.

3.2 Plano Diretor de Drenagem e horizonte de planejamento

A Aula 1A apresentou o Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais como referência estratégica para programas, medidas estruturais e não estruturais, cronograma, monitoramento e horizonte de planejamento. A NR 12/2025 o define como instrumento municipal ou regional integrado ao Plano de Saneamento Básico e articulado às políticas urbanas.

Conteúdo ministrado. O Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê, conhecido pela sigla PDMAT, foi apresentado como exemplo concreto de planejamento em escala de bacia. O docente relacionou o plano à concepção de diversos reservatórios de detenção e a intervenções que fazem parte do ambiente de atuação dos participantes. A documentação da SP Águas mostra que as sucessivas etapas do PDMAT combinaram diagnóstico hidrológico e hidráulico, avaliação integrada de alternativas e medidas estruturais e não estruturais para a Bacia do Alto Tietê.

O horizonte futuro deve ser expresso em cenários verificáveis. Isso envolve projeções de ocupação, áreas impermeáveis, mudanças de cobertura do solo, intervenções previstas, condições climáticas de projeto e restrições do sistema receptor. Na aula, um estudo rodoviário foi citado como exemplo de simulação 30 anos à frente. Esse prazo pertence ao caso apresentado e não deve ser convertido em regra universal. O período adequado depende da vida útil, do porte, do nível de risco e dos instrumentos de planejamento aplicáveis.

A NR 12/2025 exige mapeamento atualizado de áreas impermeáveis, áreas vulneráveis, zoneamento de áreas inundáveis, uso dos lotes e interferências com outros sistemas. Também prevê que os dispositivos sejam dimensionados para a chuva de projeto definida no plano de drenagem ou no plano de saneamento. Quando o sistema satura, os extravasamentos devem ser gerenciados para reduzir riscos. Portanto, o projeto precisa considerar desempenho ordinário e comportamento em eventos superiores ao adotado no dimensionamento.

Alerta prático da aula. Luciano Zanella chamou a atenção para contratações em que o detalhamento do projeto é transferido para a etapa de execução, quando alterações de solução, quantitativos, custos e prazos se tornam mais difíceis de administrar. A Lei nº 14.133/2021 define o projeto executivo como o conjunto de elementos necessários à execução completa da obra e admite regimes em que sua elaboração cabe ao contratado, como as contratações integrada e semi-integrada. Em qualquer regime, o termo de referência, o anteprojeto ou o projeto básico deve apresentar dados, condições de contorno, desempenho esperado, riscos e entregáveis compatíveis com o objeto. A advertência da aula dirige-se à insuficiência da base técnica e ao adiamento de decisões essenciais, e não à adoção regular de um regime de contratação previsto em lei.

Questões para avaliação. O projeto está coerente com o plano municipal ou regional? O cenário futuro foi documentado? As vazões e volumes de restrição foram identificados? Há rotas seguras de extravasamento? Operação, manutenção, acesso, energia, sedimentos e resíduos foram considerados desde a concepção?

4. Medidas estruturais e não estruturais

A Aula 1A definiu medidas estruturais como intervenções físicas que modificam o sistema para conter, reter, infiltrar ou conduzir escoamentos. Barragens, diques, canais, galerias, reservatórios e dispositivos de controle na fonte integram esse grupo. Medidas não estruturais atuam principalmente sobre exposição, vulnerabilidade, preparação e uso do território, como zoneamento, regulamentação, sistemas de alerta, planos de contingência, fiscalização, educação e seguros.

A separação é útil para organizar alternativas, mas um programa consistente combina as duas categorias. Um reservatório reduz ou retarda vazões, porém precisa de regras de operação, inspeção, manutenção, monitoramento e comunicação de risco. Um sistema de alerta pode reduzir perdas humanas durante um evento, mas não aumenta a capacidade hidráulica da rede. O desempenho depende da articulação entre obra, gestão e comportamento do território.

Categoria	Função predominante	Exemplos	Limites a verificar
Estrutural	Alterar fisicamente o armazenamento, a infiltração, a condução ou a disposição da água.	Canal, galeria, reservatório, dique, parque inundável, pavimento permeável.	Transferência de impacto, assoreamento, falha operacional, manutenção insuficiente.
Não estrutural	Regular o uso do solo, reduzir exposição e organizar preparação, resposta e manutenção.	Zoneamento, alerta, plano de contingência, cadastro, fiscalização, educação.	Baixa implementação, ausência de dados, descontinuidade administrativa, comunicação deficiente.

A expressão usada na apresentação, segundo a qual medidas não estruturais não modificam o risco natural, precisa ser lida com cuidado. Algumas dessas medidas podem reduzir exposição e vulnerabilidade de forma significativa e, em certos casos, influenciar a geração de escoamento, como regras de impermeabilização e exigências de controle no lote. Para fins didáticos, convém entender que elas não dependem de uma grande obra hidráulica para produzir seus efeitos.

5. Da abordagem convencional ao manejo sustentável

5.1 A lógica de afastamento rápido

A abordagem convencional, denominada higienista nos slides, priorizou durante décadas a retirada rápida das águas das áreas ocupadas. Canais revestidos, retificações e condutos enterrados aumentam a capacidade de transporte local e podem resolver problemas imediatos. A aceleração do fluxo, entretanto, tende a antecipar e ampliar picos a jusante quando não existe amortecimento compatível.

A infraestrutura convencional permanece necessária em muitos contextos. Galerias, canais, bombas e reservatórios atendem funções que não podem ser simplesmente eliminadas. A limitação surge quando o projeto considera apenas a transferência do escoamento e ignora a capacidade do receptor, a

qualidade da água, os sedimentos, a manutenção, os efeitos cumulativos da urbanização e o desempenho em eventos superiores ao de projeto.

Os slides mencionam que soluções convencionais podem custar mais de dez vezes o controle na fonte. Como a apresentação não identifica a obra, o estudo comparativo, a moeda, o horizonte de custos ou as condições analisadas, essa relação não foi convertida em regra nesta apostila. Comparações econômicas devem incluir implantação, desapropriação, energia, limpeza, remoção de sedimentos, reposição de componentes, operação e custos evitados ao longo do ciclo de vida.

5.2 Infraestruturas verde, azul e cinza

O art. 4º, incisos XX a XXII, da NR 12/2025 define as infraestruturas azul, cinza e verde. A infraestrutura cinza reúne obras convencionais destinadas principalmente a reduzir alagamentos, inundações e enxurradas por transferência do escoamento. A infraestrutura verde utiliza soluções baseadas na natureza e busca, além do controle hidrológico, melhorar qualidade da água, microclima, biodiversidade, bem-estar e paisagem. A infraestrutura azul compreende estruturas naturais ou construídas relacionadas ao manejo sustentável, incluindo cursos d'água, áreas úmidas, lagoas, lagos e outros corpos d'água urbanos. As três categorias integram expressamente a terminologia da norma.

Jardins de chuva, canteiros pluviais, valas de infiltração, telhados verdes, alagados construídos, parques lineares e restauração de cursos d'água apareceram na Aula 1A como exemplos. Cada alternativa possui condições de aplicação. Infiltração depende de solo, nível freático, contaminação, estabilidade e manutenção. Áreas vegetadas precisam de seleção adequada de espécies e rotinas de manejo. Parques inundáveis exigem controle de acesso e comunicação de risco. A denominação ambiental não dispensa cálculo, projeto executivo ou plano de operação.

O art. 6º, incisos II e III, da NR 12/2025 determina que a concepção do sistema considere a manutenção da condição de pré-desenvolvimento, de modo a evitar a transferência do escoamento superficial excedente, e o controle na fonte da vazão e do volume. O art. 16, incisos II a IV, exige abordagem baseada na natureza e integração do amortecimento desde a microdrenagem até a macrodrenagem, de forma distribuída na bacia. Essas disposições sustentam a proposta da aula de associar reservatórios e outras obras de maior porte a medidas distribuídas e recuperação ambiental.

Critério de seleção. A solução deve responder ao problema diagnosticado. Área disponível, solo, contaminação, nível freático, declividade, regime de chuvas, carga de sedimentos, segurança, acesso, manutenção, custos e aceitação social influenciam a escolha. Um catálogo de dispositivos não substitui a comparação de alternativas para a bacia.

6. Macro e microdrenagem

6.1 Definições atuais e escala de contribuição

Os slides relacionam a macrodrenagem aos fundos de vale, cursos d'água, canais, grandes galerias e reservatórios. A microdrenagem aparece como a rede local orientada pelo traçado das ruas, responsável

por captar a água de vias e loteamentos e encaminhá-la ao sistema principal. A distinção continua válida como organização funcional.

Há uma atualização necessária quanto ao critério de área. A apresentação indicou 5 km² como referência para macrodrenagem. O art. 4º, incisos XXIV e XXV, da NR 12/2025 associa a macrodrenagem a estruturas de grande porte e bacias geralmente superiores a 1,0 km² e a microdrenagem a infraestruturas de pequeno porte que atuam em bacias geralmente inferiores a 1,0 km². A própria norma acrescenta que o enquadramento varia conforme as características urbanas e hidrológicas. O termo “geralmente” impede tratar o valor como fronteira automática. Função, porte, posição no sistema e contexto local também precisam ser avaliados.

Sistema	Função	Componentes usuais	Referência de escala
Microdrenagem	Captação e condução inicial em escala local.	Sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, tubos de ligação, poços de visita e galerias locais.	Conforme a NR nº 12/2025, geralmente abaixo de 1,0 km ² , com variação local.
Macrodrenagem	Transporte, amortecimento, tratamento e disposição de escoamentos do sistema principal.	Cursos d'água, canais, grandes galerias, reservatórios, barramentos e estruturas associadas.	Conforme a NR nº 12/2025, geralmente acima de 1,0 km ² , incluindo cursos d'água.

6.2 Componentes da microdrenagem

A superfície da via integra o primeiro estágio de condução. A declividade transversal direciona a água para sarjetas; sarjetões organizam a passagem em cruzamentos; bocas de lobo captam o escoamento e o transferem por tubos de ligação; galerias conduzem a vazão; poços de visita permitem inspeção, limpeza e mudanças de direção, declividade ou diâmetro. A posição de cada componente afeta segurança de pedestres, aquaplanagem, conservação do pavimento e funcionamento da rede.

Bocas de lobo e bueiros não devem ser tratados como sinônimos. No meio urbano, a boca de lobo é um dispositivo de captação superficial conectado à rede. Na drenagem rodoviária, bueiros são obras de arte correntes que permitem a passagem de água sob o corpo estradal ou realizam transposições definidas pelo projeto. A distinção precisa aparecer em desenhos, memoriais, quantitativos e inspeções.

A Aula 1A apresentou um caso de loteamento em Lençóis Paulista situado abaixo da cota do corpo receptor, com uso de reservatório e bombeamento. A solução ilustra a dependência operacional de energia, equipamentos, redundância, acesso e manutenção. Quando o escoamento por gravidade não é possível, o projeto deve explicitar cenários de falha e medidas de contingência.

6.3 Componentes da macrodrenagem

Cursos d'água naturais, canais abertos, grandes galerias, reservatórios e barramentos compõem o sistema principal. A escolha entre seção aberta e fechada envolve disponibilidade de área, segurança, interferências, condições ambientais, manutenção e capacidade de inspeção. O manual vigente do

Ministério das Cidades recomenda justificar tecnicamente a adoção de canal fechado e prever acessos para limpeza e manutenção quando essa solução for necessária.

Canais abertos admitem diferentes seções e revestimentos. Solo, enrocamento, gabião, concreto e soluções combinadas produzem respostas distintas quanto a velocidade, estabilidade, rugosidade, infiltração, manutenção e integração ambiental. O revestimento não deve ser escolhido apenas pela capacidade hidráulica. Limites de velocidade, erosão, deposição de sedimentos, estabilidade dos taludes e segurança das áreas adjacentes fazem parte da análise.

6.4 Condutos livres, sobrecarga e segurança

A aula explicou que canais e galerias pluviais são normalmente projetados para escoamento livre. Essa condição significa que a superfície da água permanece submetida à pressão atmosférica. Galerias fechadas podem, contudo, operar sob sobrecarga ou pressurização quando a capacidade é excedida, a saída fica submersa, há obstruções ou ocorre remanso. A possibilidade não transforma a sobrecarga em regime desejável de projeto, mas precisa ser avaliada para compreender extravasamentos, retorno por dispositivos de captação e danos à rede.

A formulação oral de que galerias “nunca funcionam sob pressão” deve, portanto, ser substituída pela indicação de que são concebidas, em regra, para regime livre, com folga e critérios de segurança. A análise hidráulica precisa representar condições de jusante, perdas de carga, transições, poços, entradas, saídas e níveis máximos. Eventos superiores ao de projeto exigem rotas de extravasamento e avaliação de consequências.

Ponto de fiscalização. Verificar cotas de fundo, diâmetros, seções, declividades, condições de montante e jusante, interferências, acessos, dispositivos de inspeção, capacidade de limpeza e compatibilidade entre o executado e o modelo hidráulico. Alterações de obra aparentemente pequenas podem modificar perdas de carga e níveis do sistema.

7. Interface com a drenagem rodoviária

7.1 A rodovia modifica e concentra caminhos de escoamento

Cortes, aterros, pavimento, dispositivos longitudinais e travessias alteram o percurso da água. A rodovia pode interceptar fluxos de encosta, concentrar escoamento superficial, criar barreiras temporárias e descarregar vazões em pontos específicos. O estudo hidrológico precisa delimitar as bacias de cada travessia e de cada lançamento, enquanto o projeto hidráulico dimensiona os dispositivos para condução, transposição, dissipação e proteção do corpo estradal.

Os manuais IPR 715 e IPR 724 do DNIT permanecem entre as referências oficiais vigentes para estudos hidrológicos e drenagem de rodovias. O Álbum IPR 736 apresenta projetos-tipo de dispositivos e recebeu atualizações recentes. Projetos-tipo apoiam padronização, mas não eliminam a necessidade de verificar vazão, geometria, fundação, solo, velocidade, condições de entrada e saída e adaptação ao local.

Durante a aula, o caso de Regente Feijó mostrou uma galeria que recebia contribuições de uma rodovia e de um loteamento. O estudo procurou separar as parcelas de vazão para compreender responsabilidades e orientar o controle da erosão. Para o DER, essa situação reforça a necessidade de registrar contribuições externas à faixa de domínio e efeitos da infraestrutura rodoviária sobre áreas municipais e corpos receptores.

7.2 Obras de extremidade e dissipação de energia

A saída de um sistema concentra vazão e energia em uma área limitada. Se o lançamento ocorre diretamente sobre solo vulnerável, a erosão pode iniciar no ponto de descarga e avançar para montante, comprometendo taludes, aterros, caixas e pavimentos. Dissipadores, bacias, escadas hidráulicas, enrocamentos e proteções de saída reduzem velocidade e distribuem o fluxo, desde que dimensionados e assentados sobre condições geotécnicas compatíveis.

O art. 18 da NR 12/2025 determina que a disposição final ocorra depois de unidades de amortecimento, tratamento e dissipação de energia. O art. 15, incisos V e VI, exige respeito a limites de velocidade conforme o material de revestimento e prevê dispositivos para conter sedimentos, resíduos sólidos e poluentes. O ponto de lançamento deve ser tratado como parte do sistema, e não como término administrativo do projeto.

Inspeção de campo. Procurar erosão junto à saída, socavamento, perda de material de apoio, deslocamento de blocos, ruptura de gabiões, vegetação arrancada, sulcos a jusante, obstrução, deposição de sedimentos e sinais de retorno de água. A causa pode envolver vazão superior à prevista, dissipador inadequado, fundação deficiente, manutenção insuficiente ou alteração do receptor.

7.3 Erosão, transporte de sedimentos e assoreamento

A Aula 1A relacionou lançamentos concentrados a processos erosivos e mostrou como o sedimento removido pode alcançar canais e reservatórios. O assoreamento reduz seção hidráulica e volume útil, altera níveis e aumenta a frequência de manutenção. Dragagem e limpeza tratam o material acumulado, mas o resultado tende a ser temporário se as fontes de sedimento da bacia permanecerem ativas.

O diagnóstico deve combinar hidrologia, hidráulica e geotecnia. A vazão e a velocidade ajudam a explicar a capacidade erosiva do fluxo; tipo de solo, estrutura, umidade, declividade e cobertura condicionam a resistência do terreno; obras e ocupações mostram como a água foi concentrada. Em reservatórios, a carga de sedimentos precisa integrar estimativas de vida útil, acesso para limpeza, destino do material removido e custos de manutenção.

Conteúdo ministrado e referência institucional. A aula recuperou a experiência histórica do IPT no mapeamento de erosões em São Paulo. Para fins de análise, o docente organizou uma progressão em três níveis: a suscetibilidade representa a predisposição do terreno; o potencial de produção considera também uso, cobertura e formas de ocupação; a capacidade de aporte examina se o material mobilizado alcança a rede de drenagem e pode ser transportado até canais ou reservatórios. O cadastro estadual desenvolvido pelo IPT e o estudo metodológico da sub-bacia Tietê/Cabeceiras constituem

referências para aprofundar essa leitura. Datas e títulos mencionados de memória na exposição foram substituídos pelas referências documentais identificadas ao final da apostila.

7.4 APP, outorga e licenciamento em travessias

Atualização normativa. O Código Florestal estabelece Áreas de Preservação Permanente nas faixas marginais de cursos d'água naturais perenes e intermitentes, excluídos os efêmeros. A largura mínima parte de 30 m para cursos com menos de 10 m de largura e aumenta conforme a dimensão do corpo hídrico. Em áreas urbanas consolidadas, a Lei nº 14.285/2021 admite faixas definidas por lei municipal ou distrital, ouvidos os conselhos ambientais e observados o risco de desastres e os planos de recursos hídricos, bacia, drenagem ou saneamento. Por isso, a referência oral a 30 m não pode ser aplicada como medida única para qualquer travessia.

Outorga e licenciamento ambiental cumprem funções diferentes. Para usos ou interferências em recursos hídricos de domínio estadual em São Paulo, o responsável deve consultar as normas e instruções vigentes da SP Águas, que incluem procedimentos próprios para travessias. Nos corpos hídricos de domínio da União, a competência de outorga cabe à ANA. A necessidade de licença ou autorização ambiental, inclusive para intervenção em APP ou supressão de vegetação, deve ser verificada perante a CETESB ou o órgão ambiental competente, conforme a localização, o impacto e a repartição de atribuições estabelecida pela Lei Complementar nº 140/2011. Uma dispensa de outorga não equivale, por si, a dispensa ambiental.

Ponto de controle para projetos rodoviários. Identificar o domínio do corpo hídrico, a faixa de APP aplicável, a situação fundiária, as autorizações ambientais, o ato de outorga ou sua dispensa, as condicionantes, os prazos e os responsáveis pela manutenção. A consulta deve ocorrer durante o planejamento, pois esses requisitos podem alterar localização, geometria, método construtivo, cronograma e custo da obra.

8. Roteiro de análise técnica

O roteiro abaixo sintetiza questões tratadas nas aulas e nas referências oficiais. Ele serve como apoio inicial para leitura de projetos e termos de referência. A profundidade de cada verificação deve acompanhar o porte, a complexidade e o risco da intervenção.

Bacia e dados de entrada. O exutório e as áreas contribuintes estão delimitados? A topografia, a chuva, o uso do solo, os solos e a rede existente têm fonte, data, resolução e validação?

Cenários. O projeto diferencia situação atual, futura e pré-desenvolvimento? As hipóteses de impermeabilização e mudança de cobertura foram documentadas?

Diagnóstico. O problema foi classificado como cheia, inundação, alagamento, enxurrada, erosão ou combinação? Há registros suficientes dos eventos?

Alternativas. Foram comparadas medidas estruturais, não estruturais, controle na fonte e infraestruturas verde, azul e cinza? Os efeitos a jusante foram avaliados?

Integração do sistema. Micro e macrodrenagem são compatíveis? O receptor suporta as vazões? Há interferências com esgoto, água, energia, mobilidade ou ocupações?

Segurança hidráulica. O regime de escoamento, remanso, sobrecarga, extravasamento e eventos superiores ao de projeto foram analisados?

Saídas e erosão. Os lançamentos possuem dissipação, proteção, estabilidade e acesso? Sedimentos e resíduos foram considerados?

Operação e manutenção. Existem plano, periodicidade, recursos, acessos, energia, redundância, limpeza, monitoramento e responsáveis definidos?

Entregáveis. Memórias, modelos, arquivos editáveis, cadastros, as built, manuais e dados de campo foram especificados e são reproduzíveis?

9. Síntese desta Parte I

A análise de obras de controle de inundações começa antes do dimensionamento da estrutura. O ponto de intervenção recebe a resposta de uma bacia cujo relevo, ocupação, solo, rede existente e evolução futura precisam ser conhecidos. A distinção entre cheia, inundação, alagamento e enxurrada orienta o diagnóstico e reduz o risco de escolher uma solução para um processo diferente daquele que ocorre no local.

A drenagem integra o saneamento básico e compreende planejamento, obras, operação, manutenção, regulação e gestão. Medidas estruturais e não estruturais cumprem funções complementares. A orientação normativa vigente prioriza controle na fonte, condições próximas ao pré-desenvolvimento, integração das infraestruturas verde, azul e cinza e redução da transferência de excedentes para jusante.

Na interface rodoviária, a delimitação das bacias, a transposição segura dos fluxos, a dissipação de energia e o controle da erosão merecem atenção desde o termo de referência. Os estudos de caso do curso mostram que falhas localizadas podem resultar de transformações ocorridas muito antes e em áreas distantes. Por isso, projetos, fiscalização e manutenção precisam compartilhar a mesma leitura territorial.

Apêndice A. Rastreabilidade com o material do curso

Conteúdo	Âncora interna
Apresentação e objetivos	Ficha do curso, itens 1 a 4; transcrição 1A, abertura de Luciano Zanella.
Bacia hidrográfica	Aula 1A, slides 3 a 5; transcrição 1A, exposição inicial e discussão sobre Penápolis.
Cheia, inundação e alagamento	Aula 1A, slides 6 e 7; transcrição 1A, bloco conceitual inicial.
Planejamento e plano de drenagem	Aula 1A, slides 8 a 11; transcrição 1A, exemplos municipais e discussão sobre horizonte futuro.

Conteúdo	Âncora interna
Medidas estruturais e não estruturais	Aula 1A, slides 12 e 13; transcrição 1A, bloco de ações e monitoramento.
Abordagens de drenagem e SBN	Aula 1A, slides 14 a 18; transcrição 1A, infraestrutura cinza, verde e exemplos.
Macro e microdrenagem	Aula 1A, slides 19 a 30; transcrição 1A, canais, galerias e rede local.
Erosão e obras de extremidade	Aula 1A, slides 31 e 32; transcrição 1A, Regente Feijó, Rancharia e discussão com participantes.
Urbanização e resposta hidrológica	Aula 1B, slides 17 a 31; incorporado apenas de forma conceitual nesta Parte I.
Enxurrada	Aula 1B, discussão sobre os diferentes processos de risco; NR 12/2025, art. 4º, inciso XVII.

Apêndice B. Registro de ajustes técnicos nesta etapa

Tema	Tratamento editorial
Limite entre macro e microdrenagem	O slide indicou 5 km². A NR ANA nº 12/2025 utiliza, de forma geral e não absoluta, 1,0 km². A apostila adotou a definição vigente e preservou a distinção funcional ensinada.
Galerias sob pressão	A formulação oral absoluta foi corrigida. Galerias pluviais são normalmente projetadas para escoamento livre, mas podem entrar em sobrecarga ou pressurização.
Bocas de lobo e bueiros	Os termos apareceram associados nos slides. A apostila os separou conforme suas funções usuais na drenagem urbana e rodoviária.
Custo da abordagem convencional	A relação de custo superior a dez vezes o controle na fonte foi mantida fora do texto afirmativo por ausência da fonte e das condições de comparação.
Prazo de 30 anos	O horizonte citado foi tratado como característica de um estudo apresentado em aula, sem convertê-lo em regra geral de projeto.

PARTE II

Urbanização, extremos e estudos de caso

Mudanças na resposta hidrológica, população exposta e aplicação ao DER-SP

Apresentação

A Aula 1B examinou como alterações climáticas, expansão urbana e decisões sobre o território modificam o risco de inundações. O percurso partiu de chuvas intensas observadas na Região Metropolitana de São Paulo, passou pela transformação da resposta hidrológica de bacias urbanizadas e terminou com estudos dos ribeirões Lajeado e Eusébio. A discussão com os participantes trouxe o tema para a realidade do DER-SP: rodovias induzem ocupação, recebem contribuições de áreas lindeiras e precisam ser analisadas no contexto da bacia.

Esta Parte II conserva a sequência e as conclusões centrais da aula, mas distingue quatro níveis de evidência. Conceitos consolidados são apoiados por fontes técnicas. Dados locais rastreáveis são relacionados ao documento de origem. Resultados produzidos pelo docente e seus colaboradores são identificados como resultados autorais. Números sem série, método ou memória de cálculo disponíveis permanecem como afirmações da apresentação e não recebem validação independente.

Regra de leitura. Expressões como “a aula apresentou” e “o estudo informou” indicam fidelidade ao material didático. Expressões como “a fonte oficial registra” indicam conferência externa. Quando os arquivos de entrada, parâmetros ou rotinas do modelo não foram disponibilizados, a apostila não usa a palavra “comprovado”.

Objetivos de aprendizagem desta Parte II

- Relacionar perigo, exposição e vulnerabilidade na formação do risco de desastres hidrológicos.
- Examinar como impermeabilização, drenagem rápida e ocupação de várzeas alteram volume, pico e tempo de resposta.
- Interpretar corretamente o método SCS-CN, sem confundir o Curve Number com coeficiente percentual de escoamento.
- Ler os casos Lajeado e Eusébio com distinção entre dado observado, hipótese, cálculo e resultado de modelo.
- Aplicar as lições à expansão e à operação de rodovias, incluindo áreas lindeiras e cenários futuros de ocupação.
- Reconhecer limites de evidência e formular solicitações de dados para auditoria de estudos hidrológicos.

1. Extremos hidrológicos e risco urbano

1.1 Chuva intensa não é sinônimo de desastre

A chuva é o agente deflagrador de muitos episódios de inundação, enxurrada e movimento de massa, mas o dano resulta do encontro entre o fenômeno físico e o território ocupado. A Aula 1B insistiu nesse ponto para evitar que toda consequência seja atribuída exclusivamente ao clima. Uma mesma altura de chuva pode produzir efeitos distintos conforme relevo, umidade antecedente, cobertura do solo,

capacidade de drenagem, ocupação de várzeas, qualidade das edificações, sistemas de alerta e capacidade de resposta.

Componente	Leitura para a gestão
Perigo	Possibilidade de ocorrência de processo físico capaz de causar dano, como inundação, enxurrada ou deslizamento.
Exposição	Pessoas, edificações, serviços, vias e ativos localizados onde o processo pode ocorrer.
Vulnerabilidade	Condições físicas, sociais, econômicas e institucionais que aumentam a suscetibilidade ao dano.
Capacidade	Recursos e competências para prevenir, preparar, responder e recuperar.
Risco	Resultado da interação entre perigo, exposição e vulnerabilidade, modificado pelas capacidades existentes.

O IPCC trata risco climático como interação entre perigos, exposição e vulnerabilidade. Essa formulação sustenta a mensagem principal do docente: reduzir risco exige atuar antes do evento, tanto sobre a bacia e a infraestrutura quanto sobre ocupação, informação, alerta e preparação. Também impede uma conclusão absoluta de que renda e capacidade econômica seriam irrelevantes. Países e bairros de alta renda podem sofrer desastres graves, mas recursos, qualidade construtiva, acesso à informação e capacidade institucional influenciam vulnerabilidade, adaptação e recuperação.

1.2 Evento extremo, período de retorno e risco de projeto

A aula propôs reservar a expressão “evento extremo” para situações de baixa probabilidade, em vez de usá-la como rótulo para qualquer chuva danosa. A cautela é pertinente, mas a classificação apresentada em aula, com faixas de período de retorno e adjetivos como comum, significativo ou extremo, deve ser entendida como convenção didática do autor. Não existe uma escala hidrológica universal equivalente à escala de magnitude sísmica para nomear todas as chuvas dessa forma.

$$p = 1 / T$$

p é a probabilidade anual de excedência, sob as hipóteses do modelo; T é o período de retorno em anos.

Um período de retorno de 100 anos corresponde, no modelo estacionário usual, a 1% de probabilidade de excedência em qualquer ano. Não significa que ocorrerá exatamente uma chuva a cada cem eventos nem que, depois de uma ocorrência, haverá um intervalo de cem anos. Em uma vida útil de n anos, a probabilidade de pelo menos uma excedência é $1 - (1 - 1/T)^n$, se os anos forem tratados como independentes e a distribuição permanecer estável.

Condição atual. Mudanças climáticas e transformações de uso do solo podem violar a hipótese de estacionariedade. O período de retorno continua útil como linguagem de projeto, mas a série, o período analisado, o modelo estatístico, a incerteza e os cenários climáticos precisam ser informados.

1.3 O episódio de janeiro de 2022 na Bacia do Alto Tietê

A apresentação utilizou Franco da Rocha para mostrar a combinação entre chuva concentrada, relevo, ocupação e exposição. A nota do Grupo de Trabalho de Eventos Extremos do Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê registrou precipitações intensas no fim de janeiro de 2022, com inundações e deslizamentos na região. O documento informa acumulados superiores a 200 mm em pontos da porção norte da bacia e valores, em cinco dias, superiores à média mensal em algumas localidades.

A aula associou o episódio à Zona de Convergência do Atlântico Sul e destacou a dupla função das chuvas de verão: volumes persistentes podem produzir impactos severos em áreas vulneráveis e, ao mesmo tempo, contribuir para a recuperação dos reservatórios de abastecimento. Para a drenagem, a lição não é escolher entre segurança contra cheias e segurança hídrica. O planejamento deve preservar áreas capazes de armazenar, infiltrar e conduzir água, reduzir exposição e dimensionar estruturas para níveis de serviço explícitos.

Fonte rastreada. A nota do CBH-AT sobre as chuvas de 28 a 30 de janeiro de 2022 e o relatório do GT Eventos Extremos confirmam o episódio, suas consequências e a análise de condicionantes naturais e antrópicos. As imagens e números locais devem citar a nota, e não apenas o slide do curso.

1.4 Série do Mirante de Santana: mensagem válida, auditoria pendente

O slide informou 15 eventos superiores a 100 mm em 24 horas desde 1961, dos quais dez teriam ocorrido nas duas décadas mais recentes. Durante a fala, o docente corrigiu o total para 16 porque um evento de 2026 ainda não estava no gráfico. Também destacou ocorrências fora da estação chuvosa. O conjunto foi apresentado para sustentar que a operação não pode pressupor risco nulo no período seco.

A conclusão operacional é prudente, mas a contagem não pôde ser reproduzida nesta etapa. O material não inclui a série diária, o código da estação, o critério de composição do dia pluviométrico, o tratamento de falhas nem a data de corte. A apostila, por isso, não transforma a contagem em estatística validada. Para publicação definitiva, deve ser anexada uma tabela com data, precipitação em 24 horas, fonte do registro e regra de seleção.

2. Urbanização, população exposta e resiliência

2.1 Um país urbano e uma infraestrutura de longa duração

O Censo Demográfico de 2022 registrou 87,4% da população brasileira em áreas urbanas. A revisão de 2018 do World Urbanization Prospects, das Nações Unidas, projetou o Brasil entre os países com mais de 90% de população urbana em 2050. A projeção usada no slide, portanto, tem apoio documental, mas precisa ser identificada como projeção da ONU publicada em 2019, e não como contagem atual.

Para o DER-SP, a urbanização futura importa porque uma rodovia construída ou duplicada pode permanecer em serviço por décadas e atuar como indutora de ocupação. A discussão final da aula observou que áreas hoje rurais ou pouco ocupadas podem receber empreendimentos, acessos,

loteamentos e superfícies impermeáveis. O estudo de drenagem precisa avaliar cenários territorialmente plausíveis, articulados a planos diretores, zoneamento, projetos logísticos e tendências observadas, sem aplicar percentuais genéricos de crescimento.

2.2 População em áreas de risco: números dependem do universo

O slide citou cerca de 10 milhões de pessoas em áreas de risco no Brasil. A publicação IBGE–Cemaden de 2018 identificou aproximadamente 8,27 milhões de moradores em áreas de risco nos 872 municípios incluídos no estudo, com base no Censo 2010. Informação institucional posterior do Cemaden menciona cerca de 8,9 milhões de pessoas em áreas de risco. Os valores não devem ser comparados como se tivessem o mesmo ano, cobertura municipal e método.

A apresentação também indicou 342 dos 645 municípios paulistas como sujeitos a inundações, enxurradas ou alagamentos. A fonte e o ano dessa contagem não aparecem no PDF. A lista federal atualizada em 2023 identificou 1.942 municípios brasileiros mais suscetíveis a deslizamentos, enxurradas e inundações, segundo critérios nacionais. Como os universos são diferentes, a lista federal não valida nem invalida automaticamente o número do slide. O dado paulista deve permanecer pendente até a localização de sua base original.

Regra para indicadores. Todo número de população exposta ou de municípios suscetíveis deve informar ano de referência, cobertura territorial, tipo de perigo, critério de inclusão e instituição responsável. Sem esses elementos, o número não é adequado para comparação temporal nem para priorização de investimentos.

2.3 Resiliência não elimina desigualdades

A aula mostrou que inundações não são exclusivas de áreas periféricas ou de baixa renda. Esse ponto deve ser preservado: ativos de alto valor, centros urbanos consolidados e países com elevada renda também sofrem perdas. A correção necessária está na frase oral de que a condição econômica “não tem nada a ver” com resiliência. Capacidade fiscal, proteção social, qualidade das moradias, seguro, mobilidade, acesso a alertas e tempo de recuperação influenciam as consequências do mesmo perigo.

Uma formulação tecnicamente mais precisa é: riqueza não impede a ocorrência do fenômeno nem garante resiliência, mas condições socioeconômicas e institucionais modificam vulnerabilidade e capacidade de resposta. Essa redação conserva o sentido da aula, sem negar evidências consolidadas sobre desigualdade de risco.

3. Como a urbanização altera a resposta hidrológica

3.1 Mecanismos principais

A Aula 1B sintetizou o efeito da urbanização em três mudanças: aumento do volume escoado, elevação da vazão de pico e redução do tempo de resposta. A formulação descreve o comportamento típico de

bacias onde vegetação e solos permeáveis são substituídos por telhados, pavimentos e redes que captam e conduzem rapidamente a água. O efeito real depende da chuva, do solo, da declividade, do grau de conexão das áreas impermeáveis, do armazenamento e das medidas de controle existentes.

Alteração ou medida	Efeito hidrológico a verificar
Impermeabilização	Reduz infiltração e armazenamento no solo; tende a aumentar o excedente superficial.
Conexão hidráulica	Calhas, sarjetas, bocas de lobo e galerias encurtam caminhos e aceleram a chegada ao exutório.
Retificação e canalização	Podem aumentar capacidade e velocidade local, com possibilidade de transferir picos para jusante.
Ocupação de várzea	Aumenta exposição e elimina parte do espaço natural de armazenamento e passagem das cheias.
Controle na fonte	Retenção, infiltração e aproveitamento reduzem ou retardam a contribuição do lote e do empreendimento.
Reservação regional	Amortece hidrogramas quando volume, descarga e operação são compatíveis com a bacia e o evento.

A Norma de Referência ANA nº 12/2025 determina, no art. 6º, que a concepção do sistema considere a condição de pré-desenvolvimento, o controle na fonte e as infraestruturas verde, azul e cinza. Os arts. 15 e 16 priorizam soluções baseadas na natureza, dispositivos superficiais quando viáveis e amortecimento distribuído na bacia. Essas disposições dão respaldo atual à crítica feita na aula contra soluções que apenas aceleram e transferem o escoamento.

3.2 Curve Number não é percentual de chuva que esco

O material chamou o CN de coeficiente de escoamento e a fala o explicou como o número de gotas, em cem, que se transformariam em vazão. Essa interpretação é incorreta. O Curve Number é um parâmetro adimensional do método SCS-CN, relacionado ao potencial de retenção da bacia. Ele varia conforme grupo hidrológico do solo, cobertura, tratamento, condição hidrológica e umidade antecedente. O valor entra em uma equação não linear; CN 70 não significa que 70% da chuva esco.

$$Q = (P - I_a)^2 / (P - I_a + S), \text{ para } P > I_a$$

Q é a lâmina de escoamento; P é a precipitação; I_a é a abstração inicial; S é a retenção potencial.

$$S = 25.400 / CN - 254 \text{ e } I_a = 0,20 S$$

Forma métrica da parametrização tradicional. O valor de I_a deve seguir o método e a calibração adotados.

A formulação acima é a apresentada pelo USACE para a implementação tradicional do método. Uma chuva de 75 mm e CN igual a 70, por exemplo, produz aproximadamente 17,5 mm de escoamento pela equação tradicional, cerca de 23% da chuva, e não 70%. O exemplo serve apenas para demonstrar a não linearidade. Um cálculo de projeto deve usar CN composto, condição antecedente, distribuição temporal, perdas, área diretamente conectada e calibração compatíveis com a bacia.

Distinção indispensável. O coeficiente C do método racional e o Curve Number do SCS-CN são parâmetros diferentes. Ambos refletem características da bacia, mas não podem ser intercambiados nem interpretados como a mesma fração direta da precipitação.

3.3 Tempo de resposta, pico e volume

O hidrograma conceitual dos slides compara uma bacia menos urbanizada com outra mais urbanizada. A segunda apresenta ascensão mais rápida, pico maior e, em geral, maior volume de escoamento. O desenho é didático, não uma curva medida. Para converter o conceito em projeto são necessários hietograma de entrada, perdas, transformação chuva–vazão, propagação, condições de jusante e representação das estruturas existentes.

A aceleração local não é necessariamente benefício sistêmico. Uma galeria ou canal pode retirar água de uma rua e reduzir o alagamento naquele ponto, mas elevar a coincidência de picos em outro trecho. A análise deve comparar hidrogramas em seções sucessivas e avaliar profundidade, velocidade, duração, nível de jusante e risco residual.

4. Estudo de caso: Ribeirão Lajeado

4.1 Ocupação histórica e perda de espaço para as águas

O ribeirão Lajeado localiza-se no extremo leste do município de São Paulo, a montante do Jardim Pantanal, com parte da bacia próxima a Ferraz de Vasconcelos. A aula utilizou mapa histórico de 1930 e cartografia recente para discutir a ocupação de áreas baixas e úmidas. O argumento central é territorial: superfícies que antes armazenavam água e permitiam infiltração foram progressivamente ocupadas e conectadas ao sistema de drenagem.

O estudo apresentado comparou cenários de ocupação e indicou aumento da vazão de pico e redução do tempo de resposta. Os slides sugerem uma passagem aproximada de 50 m³/s para 130 m³/s em uma simulação, mas a apresentação não fornece hietograma, período de retorno, modelo, parâmetros, seção de controle, calibração ou arquivos de uso do solo. O valor deve ser citado como resultado mostrado pelo docente, sem validação independente.

4.2 O que o caso ensina mesmo antes da reprodução numérica

- Mapas históricos ajudam a localizar antigas várzeas, áreas úmidas e caminhos preferenciais do escoamento.
- A impermeabilização deve ser analisada por sub-bacia e pelo grau de conexão com a rede, não apenas pela média municipal.
- O aumento do pico depende da chuva de projeto e da sincronização entre contribuições; uma razão única não pode ser transferida para outras bacias.

- Intervenções a montante podem agravar áreas já expostas a jusante, inclusive em outro município.
- O diagnóstico deve combinar cartografia, cadastro de drenagem, topografia, vistorias e registros de eventos.

Dados necessários para auditoria. Polígonos de uso do solo por cenário, grupos hidrológicos de solo, CN por classe, chuva e distribuição temporal, método de transformação, parâmetros de tempo, estruturas representadas, condição de jusante, pontos de calibração e hidrogramas de entrada e saída.

5. Estudo de caso: Ribeirão Eusébio

5.1 Uma bacia que atravessa limites municipais

A apresentação descreveu uma bacia de aproximadamente 80 km² que concentra contribuições para a área central de Franco da Rocha e inclui porções de outros municípios, com urbanização relevante a montante. O caso foi atribuído a Da Mata e Falcetta, 2026, em material adaptado. A publicação completa e os arquivos de cálculo não foram localizados; por isso, os resultados abaixo permanecem vinculados à apresentação do curso.

Ano	Área vegetada	Área não vegetada	Área urbana
1985	37,17 km ² (46,4%)	42,92 km ² (53,6%)	18,82 km ² (23,4%)
2024	23,59 km ² (29,5%)	56,50 km ² (70,5%)	35,62 km ² (44,5%)
Mudança	-13,58 km ²	+13,58 km ²	+16,80 km ²

Os percentuais indicam que a área urbana quase dobrou entre 1985 e 2024. Área urbana aparece como subconjunto da área não vegetada; as colunas não devem ser somadas como três classes mutuamente exclusivas. A origem indicada é o MapBiomas. A classificação final precisa informar coleção, legenda, resolução, regras de agregação, tratamento de água e áreas não observadas e procedimento de recorte da bacia.

5.2 Balanço apresentado para uma chuva de 75 mm

$$75 \text{ mm} \times 80 \text{ km}^2 = 6.000.000 \text{ m}^3 = 6 \text{ bilhões de litros}$$

Conversão geométrica confirmada, antes de descontar infiltração, interceptação, armazenamento e outras perdas.

O estudo informou aproximadamente 1,32 bilhão de litros de escoamento em 1985 e acréscimo de 440 milhões de litros em 2024 para a mesma chuva. A ordem de grandeza é compatível com aplicação do SCS-CN usando valores compostos próximos aos mostrados no gráfico, mas uma reprodução exata não é possível sem os CN anuais, a condição antecedente, a abstração inicial e as regras de ponderação.

Quantidade	Valor apresentado	Situação de verificação
------------	-------------------	-------------------------

Quantidade	Valor apresentado	Situação de verificação
Precipitação total	6,00 bilhões de litros	Conversão independente confirmada para 75 mm e 80 km².
Escoamento em 1985	1,32 bilhão de litros	Resultado autoral apresentado; memória de cálculo ausente.
Acréscimo em 2024	0,44 bilhão de litros	Resultado autoral apresentado; depende do modelo e dos parâmetros.
“180 piscinas olímpicas”	Aproximação ilustrativa	Equivale a cerca de 2,44 milhões de litros por piscina; piscinas variam em profundidade.
“80 mil habitantes por um mês”	Aproximação ilustrativa	Implica cerca de 183 litros por habitante por dia; a hipótese deve ser explicitada.

As equivalências com piscinas e abastecimento ajudam a comunicar escala, mas não substituem unidades técnicas. A versão final deve apresentar primeiro metros cúbicos e litros, depois a analogia com a hipótese que a sustenta. Para abastecimento, também é preciso esclarecer se o volume corresponde a água bruta, água produzida ou consumo efetivamente entregue.

5.3 Frequência e tendência: afirmações ainda não reproduzidas

A fala classificou 75 mm como evento frequente na região, com ocorrência média de dez vezes por verão. Também apresentou tendência de aumento do escoamento de cerca de 48 mil litros por dia, equivalente a aproximadamente 17,5 milhões de litros por ano, enquanto a tendência de chuva teria variado pouco. A aritmética entre as duas unidades é coerente, mas a estatística não pode ser auditada sem a série de chuva, a definição de evento, o intervalo entre ocorrências, a estação ou grade utilizada e a regressão aplicada.

Tratamento editorial. Os números de frequência e tendência permanecem como resultados do estudo apresentado. Não devem orientar dimensionamento nem análise de risco até que a base, o período, a significância estatística, os resíduos e a sensibilidade ao método sejam fornecidos.

5.4 A principal lição do caso

Mesmo sem validar cada número, o caso demonstra uma questão que precisa estar no projeto: manter a chuva de entrada e alterar o uso do solo permite isolar a parcela da mudança hidrológica associada à urbanização no modelo. Essa comparação não atribui todo desastre a uma única causa. Ela mede como uma hipótese de ocupação altera a resposta simulada e ajuda a testar reservação, controle na fonte, preservação de várzeas e capacidade das estruturas.

6. Da mitigação à convivência com o risco

6.1 Um conjunto de medidas, não uma obra única

A conclusão da aula combinou devolução de espaço aos rios, aumento da permeabilidade dos lotes, soluções baseadas na natureza, reservação e piscinões. A combinação é consistente com a orientação de integrar infraestrutura verde, azul e cinza. A escolha deve resultar do diagnóstico da bacia e de objetivos mensuráveis, como limitar pico, volume, profundidade, velocidade, duração, carga de sedimentos ou população exposta.

Objetivo	Exemplos de instrumentos
Evitar novo risco	Zoneamento, proteção de várzeas, controle de novas impermeabilizações e exigências para empreendimentos.
Reduzir geração	Infiltração, retenção, aproveitamento e desconexão de áreas impermeáveis na fonte.
Retardar e armazenar	Reservatórios, parques inundáveis, áreas úmidas e controles distribuídos ou regionais.
Conduzir com segurança	Galerias, canais, travessias, dissipadores e rotas de extravasamento verificadas sistemicamente.
Reduzir exposição	Requalificação, reassentamento quando necessário, proteção de equipamentos críticos e rotas seguras.
Conviver e responder	Monitoramento, alerta, comunicação, treinamento, planos de contingência e recuperação.

6.2 Alertas só funcionam quando geram ação segura

O docente observou que receber um alerta não basta. A pessoa precisa compreender o risco, saber se está em local seguro e conhecer a rota ou conduta recomendada. Uma comunicação que induza deslocamento por via inundável pode aumentar a exposição. Planos de contingência devem definir limiares, responsáveis, canais redundantes, públicos prioritários, locais seguros, rotas e exercícios periódicos.

A publicação Resiliência Urbana em Ação, mencionada na aula, foi apresentada como iniciativa de integração entre instituições e fases da gestão de desastres. O CCD Cidades Resilientes a Inundações foi descrito como projeto sediado no IPT, com participação acadêmica, governamental e empresarial, voltado a modelos, gêmeos digitais e decisão informada. Nesta apostila, essas iniciativas são registradas como contexto do curso, sem incorporar metas, parceiros ou entregas que ainda não tenham documentação pública consolidada.

7. Aplicação direta ao DER-SP

7.1 Rodovia, bacia e áreas lindeiras

No debate, participantes relataram uma obra rodoviária em área urbana na regional de Assis. A contribuição superficial de uma área municipal extensa chegava concentrada à via, enquanto a captação a montante era insuficiente. As galerias celulares teriam sido dimensionadas para a bacia, mas a água não alcançava adequadamente as entradas previstas. O episódio separa duas verificações que não podem ser confundidas: capacidade de transporte da travessia e capacidade de interceptação e encaminhamento da rede a montante.

A aula também discutiu se a área pavimentada por duplicações poderia ser convertida diretamente em volume de piscinão. A resposta correta foi que a compensação deve ser calculada por bacia. Chuva, relevo, solo, drenagem existente, grau de conexão, descarga admissível e risco a jusante impedem uma relação universal entre metro quadrado pavimentado e metro cúbico de reservação.

7.2 Roteiro de verificação para expansão rodoviária

- Delimitar a bacia de cada travessia, lançamento e ponto baixo, incluindo áreas externas à faixa de domínio.
- Mapear uso do solo atual, ocupação prevista, áreas impermeáveis diretamente conectadas e planos municipais relevantes.
- Comparar cenários sem obra, com obra e com medidas compensatórias usando a mesma chuva e condições de contorno.
- Verificar captação superficial, transporte, travessia, lançamento, dissipação, erosão e rota de extravasamento.
- Avaliar alterações de acessos, aterros e dispositivos que possam bloquear caminhos naturais ou concentrar fluxos.
- Registrar responsabilidades de operação e manutenção e mecanismos de articulação com municípios e SP Águas.
- Entregar modelos, bases, parâmetros, memórias, arquivos geoespaciais e resultados em formato auditável.

8. Protocolo para leitura de estudos de caso

Etapa	Pergunta de controle
1. Pergunta	Qual decisão o estudo pretende apoiar e qual variável será comparada?
2. Unidade	Qual é a bacia, o exutório, a seção de controle e a escala espacial?
3. Dados	Quais estações, mapas, levantamentos e anos foram utilizados? Há falhas ou incertezas?

Etapa	Pergunta de controle
4. Cenários	O que muda entre as simulações e o que permanece constante?
5. Método	Quais equações, softwares, parâmetros e hipóteses foram adotados?
6. Calibração	Há eventos observados, níveis, vazões ou manchas usados para ajustar e testar o modelo?
7. Resultado	O valor é medido, calculado, simulado ou apenas ilustrativo? Qual é sua unidade?
8. Sensibilidade	Como o resultado muda com chuva, CN, tempo de concentração, condição de jusante e operação?
9. Consequência	A solução reduz risco onde e pode transferi-lo para quem?
10. Rastreabilidade	Os arquivos permitem que outro profissional reproduza a análise?

9. Síntese da Parte II

A urbanização modifica a hidrologia quando substitui cobertura permeável, conecta superfícies ao sistema e ocupa espaços antes disponíveis para as águas. O efeito típico é produzir maior volume e pico em menor tempo, mas sua magnitude precisa ser calculada para cada bacia. Mudanças climáticas ampliam a necessidade de trabalhar com incerteza, cenários e segurança, sem eliminar a responsabilidade sobre decisões territoriais.

Os casos Lajeado e Eusébio tornam visível essa relação. Eles são úteis como estudos didáticos, desde que seus resultados quantitativos sejam apresentados com o status correto. A falta de memória de cálculo não impede aprender com o raciocínio, mas impede declarar os valores como validados. Para o DER-SP, a consequência prática é incorporar bacia, ocupação futura, áreas lindeiras, risco a jusante e auditabilidade desde o termo de referência.

Apêndice A. Matriz de rastreabilidade da Aula 1B

Bloco	Âncora interna	Validação externa
Extremos e Franco da Rocha	Slides 3 a 15; transcrição 1B, aproximadamente 6 a 33 min.	Nota CBH-AT 2022 e relatório GT Eventos Extremos.
Mirante de Santana	Slides 14 e 15; transcrição 1B, aproximadamente 33 a 39 min.	Série não anexada; validação pendente.
Urbanização e risco	Slides 16 a 31; transcrição 1B, aproximadamente 39 a 59 min.	IBGE, ONU, IPCC e ANA.
Ribeirão Lajeado	Slides 32 a 48; transcrição 1B, aproximadamente 59 a 68 min.	Resultado autoral; memória de cálculo não disponível.
Ribeirão Eusébio	Slides 49 a 58; transcrição 1B, aproximadamente 68 a 75 min.	MapBiomass indicado; resultado autoral não reproduzido.
Medidas e convivência	Slides 59 a 64; transcrição 1B, aproximadamente 75 a 80 min.	ANA NR 12/2025, IPCC e Marco de Sendai.

Bloco	Âncora interna	Validação externa
Debate rodoviário	Transcrição 1B, aproximadamente 1h23 a 1h33.	Relatos dos participantes; sem documentação de projeto.

Apêndice B. Situação das afirmações quantitativas

Afirmação	Situação	Tratamento
Brasil com mais de 90% de população urbana em 2050	Apoiada	Projeção ONU, revisão 2018; identificar como projeção.
Cerca de 10 milhões em áreas de risco	Exige ajuste	IBGE–Cemaden: 8,27 milhões em 872 municípios, Censo 2010; Cemaden cita cerca de 8,9 milhões em atualização institucional.
342 de 645 municípios paulistas suscetíveis	Pendente	Fonte e critério não indicados no material.
Mais de 200 mm em cinco dias na região norte da BAT em 2022	Apoiada	Nota CBH-AT e relatório do GT.
15 ou 16 eventos acima de 100 mm/24 h no Mirante	Pendente	Série e regra de seleção não anexadas.
Lajeado: pico de cerca de 50 para 130 m³/s	Resultado autoral	Modelo, chuva, parâmetros e calibração ausentes.
Eusébio: 75 mm sobre 80 km² = 6 bilhões de litros	Confirmada	Conversão geométrica direta.
Eusébio: 440 milhões de litros adicionais	Resultado plausível	autoral Compatível em ordem de grandeza com SCS-CN; reprodução exata pendente.
75 mm ocorre dez vezes por verão	Pendente	Série, estação e definição de evento ausentes.
Tendência de 48 mil litros por dia	Resultado autoral	Unidades aritmeticamente coerentes; método estatístico ausente.

Apêndice C. Divergências técnicas e correções

Tema	Formulação no curso	Correção editorial
Curve Number	A fala equiparou CN à porcentagem de gotas que escoam.	Erro grave. CN é parâmetro do método SCS-CN e entra em equação não linear. CN 70 não equivale a 70% de escoamento.
Ciclone, furacão e tornado	A fala sugeriu que um ciclone acima de cerca de 100 km/h “vira furacão ou tornado”.	Erro grave. Furacão é ciclone tropical classificado por ventos sustentados; tornado é vórtice de escala e gênese diferentes. Ciclone extratropical não se transforma em tornado por superar uma velocidade.
Período de retorno	A explicação oral usou “uma chuva em cem” como tradução direta.	Simplificação oral com potencial de induzir erro. T = 100 anos representa 1% de probabilidade anual de excedência sob as hipóteses do modelo.

Tema	Formulação no curso	Correção editorial
Economia e resiliência	A fala afirmou que condição econômica não tem relação com resiliência.	Generalização inadequada. Riqueza não impede desastres, mas recursos e desigualdades afetam vulnerabilidade, adaptação e recuperação.
Escala de extremos	As classes da aula foram comparadas a uma escala de terremotos.	Tratar como classificação didática do autor, não como escala hidrológica universal.
CN chamado de coeficiente de escoamento	Slides e fala usaram os termos como equivalentes.	Separar CN do coeficiente C do método racional e informar o método em cada gráfico.

Registro ao responsável. As duas divergências classificadas como graves devem ser comunicadas ao docente antes da versão final. Elas não invalidam a estrutura conceitual da aula nem, por si só, os resultados dos estudos de caso, mas precisam ser corrigidas para evitar ensino de relações físicas e hidrológicas incorretas.

Registro final da revisão técnica

A revisão consolidada comparou as duas apostilas com a Norma de Referência ANA nº 12/2025, o Manual Técnico da Ação 00TK, a documentação do MapBiomias e as demais fontes indicadas nas referências. O exame também considerou a revisão externa recebida depois da elaboração das Partes I e II. Os pontos abaixo registram o resultado das verificações que poderiam alterar a redação ou o status de evidência.

Tema	Resultado	Tratamento final
Limiar de 1,0 km²	Ajustado	O art. 4º, incisos XXIV e XXV, usa “geralmente”. O valor foi mantido como referência orientativa, sem fronteira automática.
Infraestrutura azul	Confirmado na norma	O art. 4º, inciso XX, define expressamente a categoria. A sugestão de tratá-la apenas como opção didática não foi incorporada.
Pré-desenvolvimento	Confirmado na norma	Os arts. 6º, 8º e 19 tratam da condição de pré-desenvolvimento. A redação passou a indicar os dispositivos pertinentes.
Alagamento, enxurrada e inundação	Ajustado	A tabela permanece operacional; o texto informa as definições correspondentes do art. 4º, incisos II, XVII e XXIII.
Manual da Ação 00TK de 2026	Confirmado	Publicação oficial aprovada pela Portaria MCID nº 252, de 12 de março de 2026.
MapBiomias 10.1	Confirmado	A coleção publicada em 2026 cobre o período de 1985 a 2024.
Forma de citar a NR	Padronizado	Primeira menção por extenso e menções seguintes como NR 12/2025.
Galerias e pressão	Mantido	Regime livre como condição usual de projeto, com possibilidade de sobrecarga ou pressurização em condições específicas.

Divergências graves que devem ser comunicadas ao docente

Duas formulações da exposição oral contrariam conceitos científicos estabelecidos e precisam ser corrigidas antes de nova oferta do curso. A primeira equiparou o Curve Number à porcentagem da chuva que escoar. O CN é um parâmetro adimensional do método SCS-CN e integra uma relação não linear. A segunda sugeriu que um ciclone se torna furacão ou tornado ao superar determinada velocidade. Furacões são ciclones tropicais classificados pelos ventos sustentados, enquanto tornados possuem gênese e escala distintas.

Efeito sobre o material. As duas correções já foram incorporadas à apostila. Elas não invalidam a organização geral das aulas nem demonstram, por si, erro nos resultados numéricos dos estudos de caso. Esses resultados continuam classificados conforme a disponibilidade de dados e memória de cálculo.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. ANADEM: Modelo Digital de Terreno para a América do Sul. Brasília, DF: ANA, 2025. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/93664c15-1ff8-4e87-bbed-2bb69d321309>. Acesso em: 11 ago. 2026.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos. Brasília, DF: ANA, [s. d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/outorga-dos-direitos-de-uso-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 11 ago. 2026.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Resolução ANA nº 245, de 17 de março de 2025. Aprova a Norma de Referência nº 12/2025 sobre a estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Brasília, DF: ANA, 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental; competência da União, Estados e Municípios; listagem de atividades sujeitas ao licenciamento; estudos ambientais, estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental. Brasília, DF: CONAMA, 1997.
- BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas relativas à proteção ambiental. Brasília, DF: Presidência da República, 2011.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Texto compilado.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Texto compilado.
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República, 2020.
- BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Texto compilado.
- BRASIL. Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021. Altera as Leis nº 12.651/2012, nº 11.952/2009 e nº 6.766/1979 para dispor sobre áreas de preservação permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas. Brasília, DF: Presidência da República, 2021.
- BRASIL. Casa Civil da Presidência da República. Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR. Atualização dos critérios e indicadores para identificação dos municípios mais suscetíveis a deslizamentos, enxurradas e inundações. Brasília, DF: Casa Civil, 2023.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Manual para apresentação de propostas para sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2012.
- BRASIL. Ministério das Cidades. Manual técnico para apresentação de propostas no âmbito da Ação 00TK: apoio a sistemas de drenagem urbana sustentável e de manejo de águas pluviais em municípios críticos sujeitos a eventos recorrentes de

- inundações, enxurradas e alagamentos. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2026. Aprovado pela Portaria MCID nº 252, de 12 de março de 2026.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. Enxurrada. São José dos Campos: Cemaden, 2021. Atualizado em 16 mar. 2022.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. Inundação. São José dos Campos: Cemaden, 2021. Atualizado em 16 mar. 2022.
- CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População em áreas de risco no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. Nota do GT Eventos Extremos sobre os eventos de chuva na região norte da Bacia do Alto Tietê entre 28 e 30 de janeiro de 2022. São Paulo: CBH-AT, 2022.
- COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ. Relatório do Grupo de Trabalho de Eventos Extremos, biênio 2021-2023. São Paulo: CBH-AT, 2023.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Autorização para supressão de vegetação nativa e intervenção em áreas de preservação permanente: aspectos correlacionados ao licenciamento. São Paulo: CETESB, [s. d.]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/licenciamentoambiental/licenca-previa-documentacao-necessaria/autorizacao-para-supressao-de-vegetacao-nativa-intervencao-em-areas-de-preservedacao-permanente-aspectos-correlacionados-ao-licenciamento/>. Acesso em: 11 ago. 2026.
- DA MATA, [prenome não informado]; FALCETTA, [prenome não informado]. Estudo da bacia do ribeirão Eusébio. [S. l.: s. n.], 2026. Resultados citados na Aula 1B; documento integral e memória de cálculo não disponibilizados.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem. 5. ed. Rio de Janeiro: DNIT/IPR, 2018. Publicação IPR 736, com emendas vigentes.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de drenagem de rodovias. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT/IPR, 2006. Publicação IPR 724.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT/IPR, 2005. Publicação IPR 715.
- HELLMEISTER JR., Zeno; CORSI, Alessandra Cristina; ALMEIDA FILHO, Gerson Salviano de; ALMEIDA, Maria Cristina Jacinto de; IKEMATSU, Priscila; FROTA, Aluizio de Souza. Procedimentos metodológicos para identificação de áreas potenciais à produção de sedimentos na sub-bacia Tietê/Cabeceiras, da bacia hidrográfica do Alto Tietê, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 14., 2013, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABGE, 2013. 10 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2022: 87% da população brasileira vivia em áreas urbanas. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Cadastro de erosões e inundações. São Paulo: IPT, [s. d.]. Disponível em: <https://ipt.br/cadastro-de-erosoes-e-inundacoes/>. Acesso em: 11 ago. 2026.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. Aula 1A: Panorama das Obras de Controle de Inundações. Apresentação e transcrição. São Paulo, 4 ago. 2026.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. Aula 1B: Inundações urbanas e desafios atuais. Apresentação e transcrição. São Paulo, 6 ago. 2026.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
- MAPBIOMAS. Coleção 10.1 de mapas anuais de cobertura e uso da terra do Brasil: 1985 a 2024. São Paulo: Projeto MapBiomass, 2026.
- NATIONAL HURRICANE CENTER. Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale. Miami: National Oceanic and Atmospheric Administration, [s. d.]. Disponível em: <https://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>. Acesso em: 11 ago. 2026.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. Thunderstorm hazards: tornados. JetStream. Silver Spring: NOAA, [s. d.]. Disponível em: <https://www.noaa.gov/jetstream/tornados>. Acesso em: 11 ago. 2026.

SÃO PAULO (Estado). Agência de Águas do Estado de São Paulo. Instruções técnicas. São Paulo: SP Águas, [s. d.]. Disponível em: <https://www.spaguas.sp.gov.br/site/instrucoestecnicas/>. Acesso em: 11 ago. 2026.

SÃO PAULO (Estado). Agência de Águas do Estado de São Paulo. Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê. São Paulo: SP Águas, [s. d.]. Disponível em: <https://www.spaguas.sp.gov.br/site/macrodrenagem/>. Acesso em: 11 ago. 2026.

UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects: the 2018 revision. New York: Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Geneva: UNDRR, 2015.

UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS. HEC-RAS 1D Technical Reference Manual: Curve Number infiltration method. Davis, CA: Hydrologic Engineering Center, versão 6.4.