DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.6/100

Influência da Formação Guabirotuba na Erosão do Solo das Margens do Rio Belém (Curitiba/PR): Soluções de Engenharia Natural para Mitigação.

Wesley Fermino da Silva Almeida
Discente, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, wesley.fermino@ufpr.br

Marli Moro
Discente, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, marli.moro@ufpr.br

Karen Santos Schmidt
Discente, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, karenschmidt@ufpr.br

Letícia Luiza Markovicz Leal Farias
Discente, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, leticia.luiza@ufpr.br

Roberta Bomfim Boszczowski
Professora associada, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, roberta.bomfim@ufpr.br

RESUMO: Este artigo técnico aborda a relação entre os processos erosivos nas margens do Rio Belém, em Curitiba, e os solos da Formação Guabirotuba. A Formação Guabirotuba é constituída predominantemente por sedimentos argilosos e silto-arenosos de baixa permeabilidade, apresentando características mineralógicas e estruturais (presença de caulinita e esmectita, alta plasticidade, expansibilidade e retratilidade) que contribuem para sua elevada suscetibilidade à erosão, especialmente em locais sem cobertura vegetal e com adensamento populacional. Este trabalho pesquisa a adoção de práticas de engenharia natural, como bioengenharia com uso de biomantas, plantio de árvores nativas com sistema radicular de profunda penetração - estratégias associadas à parques lineares, muros vegetados e obras integradas de drenagem sustentável - e projetos educacionais com participação da comunidade no entorno do rio Belém. Faz parte a investigação das intervenções em andamento e propostas de revitalização do rio Belém por parte das entidades públicas. O artigo conclui que a sinergia entre técnicas convencionais e soluções baseadas na natureza é um caminho promissor para revitalização do rio Belém, para aumentar a resiliência urbana e a sustentabilidade dos recursos hídricos em cidades sujeitas a solos com altas taxas de erodibilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Guabirotuba, Erosão, Natural, Revitalização, Sustentabilidade.

ABSTRACT: This technical paper examines the relationship between erosive processes along the banks of the Belém River, in Curitiba, and the soils of the Guabirotuba Formation. The Guabirotuba Formation is predominantly composed of clayey and silty - sandy sediments with low permeability, exhibiting mineralogical and structural characteristics (presence of kaolinite and smectite, high plasticity, expansibility, and shrink - swell behavior) that contribute to high susceptibility to erosion, particularly in reaches lacking vegetation cover and with high urban density. This study investigates the adoption of natural engineering practices, such as soil bioengineering with the use of erosion control mats and the planting of native tree species with deep root systems-strategies associated with linear parks, vegetated retaining structures, integrated sustainable urban drainage works, and educational projects with community participation in the surroundings of the Belém River. The investigation also encompasses ongoing interventions and revitalization proposals for the Belém River promoted by public authorities. The article concludes that the constructive interaction between conventional engineering techniques and nature-based solutions constitutes a promising pathway for the revitalization of the Belém River, enhancing urban resilience and the sustainability of water resources in cities subject to soils with high erodibility rates.

KEYWORDS: Guabirotuba, Erosion, Natural, Revitalization, Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Os processos erosivos nas áreas urbanas são um desafio para o planejamento e a gestão sustentável das cidades, especialmente em áreas caracterizadas por solos de elevada suscetibilidade à degradação (Embrapa Florestas, 2025) onde intervenções inadequadas nos cursos d'água, associadas à impermeabilização do solo e à supressão da cobertura vegetal intensificam a instabilidade das margens fluviais, comprometem o ecossistema e as infraestruturas urbanas. A cidade de Curitiba possui essa dinâmica em muitas de suas áreas, por conta dos solos da Formação Guabirotuba (Santos et al., 2011).

A bacia do Rio Belém, localizada integralmente no município de Curitiba-PR, ilustrada na Figura 1, apresenta um histórico complexo de canalizações, retificações e ocupação urbana desordenada de suas margens. O substrato geológico da região é predominantemente constituído pela Formação Guabirotuba, caracterizada por alternâncias de argilas, siltes e areias de origem flúvio-lacustre, frequentemente associada a solos altamente instáveis e propensos a processos erosivos severos quando expostos à dinâmica hídrica urbana. Este trabalho tem como objetivo realizar uma caracterização geotécnica preliminar e uma avaliação qualitativa das condições de instabilidade das margens do Rio Belém, identificando os principais mecanismos de falha e propondo diretrizes conceituais de Engenharia Natural para auxiliar na mitigação dos danos. Devido à extensão do corpo hídrico e à heterogeneidade urbana, optou-se por uma abordagem qualitativa de mapeamento visual e zoneamento dos setores críticos.

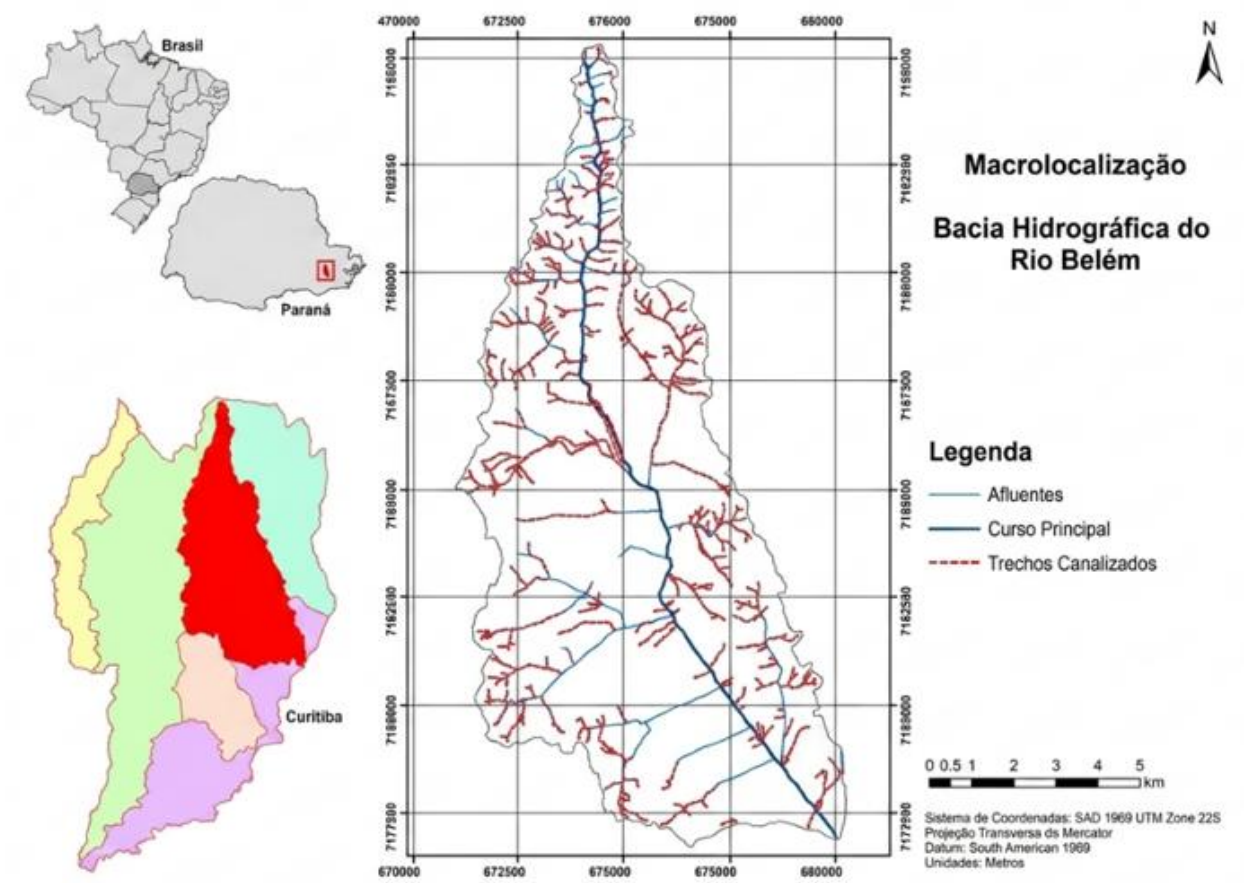


Figura 1. Macrolocalização da bacia hidrográfica do Rio Belém (Adaptado de Siqueira et al., 2022).

Do ponto de vista metodológico, o presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica associada a um estudo de caso qualitativo aplicado à Bacia do Rio Belém, em Curitiba (PR). A pesquisa baseou-se na análise de literatura técnico-científica sobre a Formação Guabirotuba, processos erosivos em margens fluviais urbanas e técnicas de engenharia natural, bem como na análise de documentos institucionais e planos de gestão urbana no município, como o Plano Diretor, o Plano Municipal de Saneamento e o Plano Diretor de Drenagem. A análise concentra-se na avaliação conceitual e técnica das estratégias propostas, delimitando o escopo a uma análise preliminar que servirá de base para futuros estudos quantitativos de estabilidade de taludes.

2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

A Formação Guabirotuba abrange a maior parte da área de Curitiba e região metropolitana, compondo a Bacia Sedimentar de Curitiba. Tem grande importância regional devido à sua grande área de abrangência, em região de grande crescimento, e peculiaridades geotécnicas. O material dessa Formação é um sedimento de origem terciária, conhecido, regionalmente, como "sabão de caboclo" por ser bastante duro em seu estado natural, mas quando umedecido torna-se bastante liso e escorregadio. Os solos são preferencialmente compostos de argilas, areias arcosianas, conglomerados e carbonatos, sendo as argilas os componentes mais abundantes. São solos altamente plásticos, apresentam coloração cinza, cinza esverdeada ou ainda marrom claro com veios cinza. Na carta de Plasticidade situam-se, em geral, acima da linha A de Casagrande, com o LL variando de 50 a 90% e o IP, de 25 a 50%, caracterizando argilas inorgânicas de alta plasticidade. Em superfície, os sedimentos assumem coloração roseada (mosqueada) devido à presença de óxidos e hidróxidos de ferro. Conforme citado por Salamuni (Salamuni e Ebert, 1998) essa composição resulta em sedimentos pouco consolidados e com elevada heterogeneidade litológica, sendo um dos principais fatores que influenciam o comportamento geotécnico do solo.

A posição do nível do lençol freático é variável na Formação Guabirotuba, podendo ser encontrado próximo da superfície ou em profundidades de até 15 m. Com frequência observa-se a presença de aquíferos suspensos, formados devido à baixa permeabilidade da matriz da argila rija (Kormann, 1999). Ao entrar em contato direto com a atmosfera, apresenta ressecamento e redução volumétrica, adquirindo um aspecto "empastilhado", elemento fundamental no estudo de sua erodibilidade. Diversos autores (Kormann, 2002; Boszczowski, 2001; Duarte, 1999) apresentam dados de análises mineralógicas que permitem caracterizar a predominância de argilos-minerais do grupo das esmectitas em sua composição. Em superfície os sedimentos intemperizados apresentam características preferencialmente associadas à caulinita (Boszczowski, 2001), e na fração argila dos sedimentos não intemperizados ocorre a predominância da montmorilonita (80%), em relação à caulinita (10%) e à ilita (10%) (Duarte, 1986). Essa composição é a causa da ocorrência de solos expansivos e do consequente empastilhamento dos solos ao sofrer ressecamento. Apesar da presença dos argilo-minerais que conferem ao solo características de expansão, contração e higroscopia, tais processos de variação volumétrica não se manifestam quando o solo se encontra em sua condição natural, confinado por camadas de solo superficial e protegido por vegetação. Nessas condições, sua umidade natural pouco se altera em decorrência de variações climáticas (Boszczowski, 2001). Porém, esses processos podem ocorrer intensamente quando o solo fica exposto, desprotegido e desconfinado. Assim, as argilas rijas da Formação Guabirotuba podem ser incluídas entre os solos de grande suscetibilidade à erosão, ressaltando que essa suscetibilidade é dependente de sua condição inicial no evento erosivo (Chamecki, 2002).

O Rio Belém é um dos seis principais rios que atravessam Curitiba, desaguando no Rio Iguaçu. A Bacia Hidrográfica do Rio Belém nasce no bairro Cachoeira, no extremo norte da cidade, atravessa a região central e mais 37 bairros (dos 75 existentes em Curitiba) até encontrar sua foz no rio Iguaçu, entre os bairros Uberaba e Boqueirão. Possui aproximadamente 21 km de extensão, área de drenagem de 87,62 km² —cerca de 20% da área do município — e cerca de 64 km de cursos d'água somando seus 46 afluentes, entre eles os rios Pilarzinho, Ivo e Água Verde.

Ao longo do processo de urbanização de Curitiba, o curso natural do Rio Belém sofreu diversas intervenções antrópicas. Em diferentes trechos, o rio foi retificado para acompanhar o traçado urbano, canalizado ou mesmo conduzido em galerias subterrâneas, emergindo novamente em alguns pontos da cidade. Essas intervenções, realizadas principalmente a partir da segunda metade do século XX, tiveram como objetivo reduzir enchentes e viabilizar a expansão urbana. Como consequência desse processo, edificações passaram a ocupar áreas muito próximas ao leito do rio, frequentemente sem respeitar as faixas naturais de drenagem.

Diversos estudos indicam, entretanto, que tais modificações alteraram significativamente a dinâmica hidráulica e geomorfológica do rio. A retificação do curso reduziu a capacidade natural de dissipação de energia do escoamento, aumentando a velocidade da correnteza e a pressão exercida sobre as margens. Associada à remoção da vegetação ciliar em diversos trechos, essa alteração favoreceu processos erosivos e o assoreamento do leito, comprometendo a estabilidade das margens e a qualidade da água (Ono, 2011; Silva et al., 2020).

O fenômeno erosivo torna-se mais evidente em segmentos a céu aberto, como nos bairros São Lourenço e Abranches, onde a exposição direta do solo à ação da correnteza intensifica o desgaste das margens. Já em áreas densamente urbanizadas, como nos bairros Prado Velho e Centro, a elevada impermeabilização do solo aumenta o escoamento superficial durante eventos de chuva, contribuindo para o agravamento de processos erosivos e para a ocorrência de enchentes (Ono, 2011; Silva et al., 2020).

A engenharia natural, também denominada bioengenharia de solos, constitui um campo multidisciplinar da engenharia civil que integra conhecimentos de hidrologia, hidráulica, geotecnia e botânica. Seu principal objetivo é promover a estabilização geotécnica e hidráulica de forma ambientalmente integrada, por meio do uso de material vegetal vivo como elemento estruturante no controle de processos erosivos, instabilidades de taludes e proteção de margens fluviais (Schiechtl; Stern, 1997). Soluções baseadas na natureza (SbN) são soluções que imitam ou restauram funções naturais para resolver problemas humanos. No caso dos rios urbanos, elas são fundamentais para recuperar margens e reduzir riscos de enchentes O conceito de soluções baseadas na natureza-SBN é relativamente recente, e sua implementação nas áreas urbanas está ainda em fase inicial e, para sua compreensão e disseminação, tem sido de grande auxílio os estudos feitos por instituições de ensino em parceria com órgãos municipais.

3 AÇÕES PARA A MITIGAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DO RIO BELÉM

Tabela 1. Síntese das iniciativas de mitigação e atores envolvidos na Bacia do Rio Belém

Âmbito - Atores	Iniciativas, Programas e Instrumentos	Objetivos, Ações Práticas e Observações
Governo Federal	• Projeto de Lei nº 3113/2023	• Proposta de criação da Política Nacional de Arborização Urbana (Senado Federal do Brasil, 2023). •A vegetação intercepta a chuva e reduz o escoamento superficial responsável pela desagregação do solo (Agência Nacional de Águas, 2025). A literatura técnico-científica, aponta que ausência de cobertura vegetal intensifica a erosão e o aporte de sedimentos aos corpos hídricos (Bertoni; Lombardi Neto, 2012).
	• 8º Fórum Mundial da Água	Aprovação do Plano de Revitalização da Bacia do Rio Belém (Curitiba, 2025b). • Grupo de trabalho denominado GT Belém, parceria técnica entre Governo do Estado do Paraná e a Prefeitura Municipal de Curitiba.
Governo Estadual Governo Municipal (Prefeitura e Câmara Municipal de Curitiba)	• Parceria Prefeitura-Concessionária de energia (COPEL)	• Desenvolvimento de base de dados georreferenciada de árvores próximas à rede elétrica (via ferramenta Field Maps) para compartilhamento e manejo adequado com o município (COPEL, 2025).
	• obras estruturais de drenagem e saneamento	Controle e monitoramento de ligações clandestinas de esgoto.
	• pavimentos flexíveis	• Implantação de dispositivos de micro drenagem, como sarjetas, meios-fios, bocas de lobo e galerias pluviais. • Adoção desses dispositivos visa reduzir processos erosivos, minimizar o transporte de sedimentos e atenuar ocorrências de alagamentos localizados (Tucci, 2005).
	• Programas Específicos: - +Vida no Rio Belém - Amigo dos Rios (SANEPAR, 2019)	Constituem campanhas voltadas à redução dos riscos de escassez hídrica e à promoção da destinação adequada do esgoto.

Âmbito - Atores	Iniciativas, Programas e Instrumentos	Objetivos, Ações Práticas e Observações
	- Olho d'Água (Curitiba, 2016)	• Promove atividades educativas que estimulam a população compreender a importância da proteção das nascentes e cursos d'água urbanos.
	- Revisão do Plano Diretor de Curitiba	• Incorporação de dispositivos como a Reserva Hídrica do Futuro. •Uso de fitorremediação para tratamento de poluentes
	- Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)	• Ampliação da coleta e tratamento de esgoto • Controle de ligações irregulares e qualificação da drenagem urbana. •Redução dos lançamentos concentrados nas margens, mitigando a saturação crônica dos taludes e processos erosivos associados.
	- Plano Municipal de Arborização Urbana (Curitiba, 2025a)	• Redução do déficit de cerca de 262.167 árvores em calçadas.
	- Programa Curitiba Resiliente associado às Diretrizes do PlanClima (Curitiba 2020)	• Eco Distrito Belém, prevê a implantação do parque linear de aproximadamente 6,3 km conectando a Linha Verde ao Parque Iguaçu, integrando infraestrutura verde, ciclovias e espaços públicos. • Reassentamento de cerca de 450 famílias (atualmente em áreas classificadas como de risco nas margens do rio) expostas a processos de inundação e instabilidade de taludes (Curitiba, 2025).
	- Revisão do Plano diretor de Drenagem	• Integração de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e estratégias de drenagem urbana sustentável na gestão territorial.
	• Arcabouço Legal e Propostas Legislativas: - Lei 16.582/2025 (Jardins de Chuva)	• Oficialização de jardins de chuva e pavimentos intertravados (*pavers*) para aumentar a permeabilidade e atenuar picos de vazão (Tucci, 2005; Ahiablame et al., 2012).
	- Proposta de instalação de ecobarreiras (Câmara Municipal de Curitiba, 2025)	• Implantação de ecobarreiras flutuantes em pontos estratégicos do Rio Belém e Rio Ivo para reter resíduos sólidos e reduzir a poluição difusa.
	• Intervenções de Infraestrutura Verde	• Implantação de parques lineares e melhorias na infraestrutura de drenagem urbana.
	• Parque Municipal das Nascentes do Rio Belém,	• Inaugurado em 2001, situado no bairro Cachoeira, é responsável pela proteção das nascentes do rio.

Âmbito - Atores	Iniciativas, Programas e Instrumentos	Objetivos, Ações Práticas e Observações
Instituições de Ensino (UFPR, PUCPR e IFPR)	• Projetos de Pesquisa e Extensão Universitária - Água & Ação	• Geração de dados científicos e monitoramento da qualidade da água (análises físico-químicas). • Acompanhamento da biodiversidade e controle de processos erosivos. • Recuperação da vegetação ciliar. • Implantação de microflorestas urbanas e experimentação de SbN (wetlands e técnicas de engenharia natural). • Ações de educação ambiental junto à comunidade. • Iniciativas que buscam consolidar o entorno do Rio Belém como espaço experimental para práticas de conservação e restauração ambiental, articulando pesquisa científica, atividades curriculares e projetos de extensão com os princípios da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

4 CONCLUSÃO

O Rio Belém, localizado em Curitiba, Paraná, é um dos principais cursos d'água urbanos da cidade e tem sido objeto de diversas intervenções ao longo do último século. Ao longo de toda a sua extensão as margens foram ocupadas pela expansão urbana. A retificação e canalização de trechos significativos, especialmente na região central, foram realizadas com o objetivo de controlar enchentes e permitir a expansão urbana. Entretanto, tais medidas intensificaram problemas ambientais, entre eles os processos erosivos nas margens. Além disso, os solos característicos da Bacia de Curitiba têm alta suscetibilidade à erosão quando expostos.

As propostas de intervenção baseadas em Engenharia Natural (como biomantas e revegetação com espécies nativas), associadas a estruturas de controle de drenagem urbana (wetlands e poços de infiltração), mostram-se conceitualmente viáveis para reduzir a energia do escoamento superficial e proteger a face dos taludes contra a erosão pluvial.

Contudo, reforça-se que as medidas apresentadas neste artigo são delineadas estritamente como diretrizes preliminares e conceituais. Para a efetiva implementação executiva dessas soluções de baixo impacto, faz-se necessária a realização de estudos hidráulicos, hidrológicos e ensaios geotécnicos quantitativos complementares (incluindo geometria exata dos taludes e cálculo de fator de segurança) para garantir a estabilidade global das obras.

As instituições de ensino localizadas na bacia do Rio Belém têm desempenhado papel relevante na produção de conhecimento e na implementação de ações de recuperação ambiental. A Universidade Federal do Paraná, a Pontifícia Universidade Católica do Paraná e o Instituto Federal do Paraná desenvolvem iniciativas de pesquisa e extensão voltadas ao monitoramento da qualidade da água, recuperação da vegetação ciliar, controle de processos erosivos e educação ambiental junto à comunidade. Esses projetos incluem análises físico-químicas da água, acompanhamento da biodiversidade, ações de reflorestamento ciliar, implantação de microflorestas urbanas e experimentação de soluções baseadas na natureza, como wetlands construídos e técnicas de engenharia natural. Além de gerar dados científicos relevantes sobre a dinâmica ambiental da bacia, essas iniciativas contribuem para a formação de estudantes e para o fortalecimento da relação entre universidade e sociedade na busca por soluções sustentáveis para a revitalização do Rio Belém.

No âmbito do poder público municipal, diferentes programas e instrumentos de gestão vêm sendo mobilizados para a recuperação ambiental da bacia do Rio Belém. Destacam-se iniciativas de revitalização de cursos d'água urbanos, programas de educação ambiental e ações de limpeza e manejo das margens, além da implantação de parques lineares e melhorias na infraestrutura de drenagem urbana. Programas como +Vida no Rio Belém, Amigos dos Rios e Olho d'Água buscam integrar ações de conservação ambiental, participação comunitária e monitoramento dos recursos hídricos. Paralelamente, a revisão do Plano Diretor de Curitiba e o fortalecimento de políticas urbanas voltadas à adaptação climática apontam para uma crescente incorporação de soluções baseadas na natureza e estratégias de drenagem urbana sustentável na gestão territorial da cidade.

Conclui-se que a proteção das margens do Rio Belém demanda não apenas soluções estruturais convencionais, mas uma estratégia sistêmica que considere o comportamento hidromecânico da Formação Guabirotuba, associando controle de vazão, manejo da infiltração, manutenção da cobertura vegetal e regulação da ocupação urbana. A articulação entre instrumentos de planejamento e técnicas de engenharia natural representa caminho tecnicamente consistente para a mitigação de processos erosivos e para a promoção da resiliência urbana em bacias sedimentares similares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas (2025) *Manual Programa Produtor de Água: controle de processos erosivos em áreas degradadas*. Brasília.

Ahiablame, L., Engel, B., Chaubey, I. (2012) Effectiveness of low impact development practices: literature review. *Water, Air & Soil Pollution*.

Universidade Federal do Paraná (2025) *Água & Ação: Relatório Anual de Atividades*. Curitiba.

Bertoni, J., Lombardi Neto, F. (2012) *Conservação do solo*. 8. ed. São Paulo: Ícone.

Boszczowski, R.B. (2001) *Avaliação da tensão lateral de campo de argilas sobreadensadas: ensaios de laboratório com um solo da Formação Guabirotuba*. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 286 f.

Chamecki, P.R. (2002) *Metodologias de laboratório para estudos da erosão hídrica em solos: aplicação a uma argila da Formação Guabirotuba*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 274 f.

COPEL (2025) *Copel vai compartilhar base de dados de 1,8 milhão de árvores com as prefeituras*. Agência Estadual de Notícias do Paraná. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Copel-vai-compartilhar-base-de-dados-de-18-milhao-de-arvores-com-prefeituras>. Acesso em: 01 mar. 2026.

Curitiba (2020) *PlanClima: plano de mitigação e adaptação às mudanças climáticas*. Prefeitura Municipal de Curitiba. Curitiba.

Curitiba (2025a) *Plano Municipal de Arborização Urbana*. Prefeitura Municipal de Curitiba. Curitiba.

Curitiba (2025b) *Plano Diretor de Drenagem: etapa macrodrenagem nas bacias Atuba, Belém, Barigui, Iguaçu, Padilhas e Passaúna. v. IV: Manual de Drenagem*. Curitiba: IPPUC/COBRACAP.

Curitiba (2016) *Programa Olho D'Água: Manual de Avaliação da Qualidade da Água dos Rios.* 2. ed. Prefeitura Municipal de Curitiba. Curitiba.

Curitiba (2025c) Prefeitura de Curitiba planeja reassentamento de 450 famílias com o projeto Ecodistrito Belém. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/prefeitura-de-curitiba-planeja-reassentamento-de-450-familias-com-o-projeto-ecodistrito-belem/79559>. Acesso em: 09 fev. 2026.

Curitiba (2025d) Projeto de Lei nº 005.00268.2025, de 17 de março de 2025. Câmara Municipal de Curitiba Disponível em: <https://www.curitiba.pr.leg.br/informacao/noticias/preservacao-da-agua-projeto-de-lei-instala-ecobarreira-em-rios-de-curitiba>. Acesso em: 09 fev. 2026.

Defesa Civil do Paraná (2017) Estado e Prefeitura de Curitiba vão despoluir o Rio Belém. Disponível em: <https://www.defesacivil.pr.gov.br/Noticia/Estado-e-Prefeitura-de-Curitiba-vao-despoluir-o-Rio-Belem>. Acesso em: 26 jan. 2026.

Duarte, J.M.G. (1986) *Um estudo geotécnico sobre o solo da Formação Guabirotuba, com ênfase na determinação da resistência residual*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 168 f.

Duarte, J.M.G. (1999) A resistência residual dos solos da Formação Guabirotuba e sua importância na estabilidade de taludes. In: *Anais da Mesa Redonda Características Geotécnicas da Formação Guabirotuba,* Curitiba, ABMS e UFPR. p. 77-91.

Embrapa Florestas (2025) *Ecologia e restauração ambiental nas margens do Rio Belém*. Disponível

em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 11 fev. 2026.

IFPR (2025) Professor do IFPR Campus Curitiba coordena projeto de recuperação ambiental do Rio Belém. Instituto Federal do Paraná. Disponível em: <https://ifpr.edu.br/curitiba/professor-do-ifpr-campus-curitiba-coordena-projeto-de-recuperacao-ambiental-do-rio-belem/>. Acesso: 11 fev. 2026.

Kormann, A.C.M. (1999) Comportamento de argilas rijas: aspectos geotécnicos da Formação Guabirotuba. In: *Anais da Mesa Redonda Características Geotécnicas da Formação Guabirotuba*, Curitiba, ABMS e UFPR. p. 119-128.

Kormann, A.C.M. (2002) *Comportamento geomecânico da Formação Guabirotuba: estudos de campo e laboratório.* Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo

Moreira, S. S. (2023) PUCPR vai implantar microflorestas na bacia do Rio Belém. *Revista Ensino Superior*. Disponível em: <https://revistaensinosuperior.com.br/2023/05/18/pucpr-vai-implantar-microflorestas-na-bacia-do-rio-belem/>. Acesso em: 11 fev. 2026.

Ono, M. M. (Org.) (2011) *Cuide dos rios: qualidade das águas e preservação ambiental*. Curitiba: IPPUC.

PUCPR (2023) *Estudantes da PUCPR participam de mutirão para ajudar na preservação de rios*. Curitiba.

PUCPR (2018) URB - Reviva o Belém - projeto desenvolvido durante a Semana do Projeto Integrador da PUCPR com foco em conscientização e requalificação urbana do entorno do Rio Belém. Curitiba.

Salamuni, E., Ebert, H. D. (1998) *Tectônica da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR)*. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro.

Sanepar (2019) Sanepar e Prefeitura de Curitiba darão continuidade ao "Amigos do Rio". Companhia de Saneamento do Paraná. Disponível em: <https://www.sanepar.com.br/noticias/sanepar-e-prefeitura-de-curitiba-darao-continuidade-ao-amigos-do-rio>. Acesso em: 11 fev. 2026.

Santos, H. G. et al. (2011) Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de solos da Formação Guabirotuba, Curitiba (PR). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, *v. 35, n. 5*.

Schiechtl, H. M., Stern, R. (1997) *Bioengineering for Land Reclamation and Conservation*. Edmonton: University of Alberta Press.

PUCPR. (2023) Estudo do diagnóstico e projeto de revitalização dos rios inseridos no campus da PUCPR. In: *Anais do Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica (SEMIC/SEMITI)*, Curitiba.

Senado Federal do Brasil (2023) *Projeto de Lei n.º 3113, de 16 de junho de 2023: Institui a Política Nacional de Arborização Urbana*. Brasília. Disponível em: < https://static.congressoemfoco.com.br/attachment/2025/03/24/6d90dc_pl-3113-2023-efraim-filho.pdf >. Acesso em: 08 fev. 2026

Silva, J. P., Oliveira, M. R., Souza, A. L. (2020) Revitalização de rios urbanos: estudo de caso bacia do Rio Belém, Curitiba-PR. *Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 12*, p. 95672–95685.

Siqueira, G. I. S. et al. (2022) Bacia hidrográfica do rio Belém, na cidade de Curitiba (PR): uma visão geral da impermeabilização excessiva. *Estrabão,* v. 3, p. 159-173.

Tucci, C. E. M. (2005) *Gestão de águas pluviais urbanas*. Porto Alegre: ABRH.