

Relatório de Ações do Grupo Gestor para Acompanhamento da Barragem do Monjolinho

Grupo Gestor para Acompanhamento da Barragem do Monjolinho: - Profa. Dra. Ana Beatriz de Oliveira – Reitora; - Profa. Dra. Luciana Márcia Gonçalves – SeGEF; - Profa. Dra. Erica Pugliesi – SGAS; - Eng. Rogério Fortunato Júnior – PU; - Prof. Dr. Walter Libardi – DEMa; - Eng.a. Silvia Cláudia Semensato Povinelli (Analista de Infraestrutura); - Eng. Luciano Maldonado Ferreira - Coordenadoria de Engenharia Civil; - Prof. Dr. Sergio Henrique Vannuchi Leme de Mattos - DHb

28/01/2022

Diagnóstico da situação da barragem – seguindo resolução do Conselho Universitário em sua Reunião Extraordinária de 06/12/2021

1) Histórico dos principais fatos referentes à barragem do Córrego Monjolinho

A construção da barragem do Córrego Monjolinho, localizada dentro do *campus* da UFSCar em São Carlos, ocorreu provavelmente no início da década de 1970 (Fig.1). Registre-se que com o passar dos anos e o crescimento da cidade de São Carlos, as características iniciais da bacia hidrográfica do Córrego Monjolinho se modificaram, resultando, entre outras consequências, no aumento da vazão de água do córrego decorrente das chuvas e no assoreamento contínuo do lago, reduzindo sua capacidade de represamento das águas. Concomitantemente ao aumento da urbanização da bacia, a previsão de que, devido ao aquecimento global e consequentes mudanças climáticas associadas, haja aumentos na frequência e intensidade de eventos extremos, especialmente em relação à precipitação, o que comprometeria ainda mais a capacidade de retenção das águas e aumentaria significativamente os riscos de rompimento da barragem.

Sobre a construção da barragem, não há documentação e nem mesmo quaisquer projetos disponíveis daquela época. Também não existe um histórico sistematizado de todas as intervenções e manutenções que porventura tenham sido feitas ao longo dos anos. Alguns registros pontuais presentes em documentos oficiais e trabalhos acadêmicos, principalmente das últimas décadas, são sintetizados a seguir, sendo os mais importantes destacados na Figura 1. Cabe destacar que essa ausência de histórico sistematizado de intervenções e manutenções sobre a barragem a caracteriza como uma 'caixa preta ou cinza', da qual se sabe muito pouco da sua estrutura interna, dificultando a avaliação das capacidades e fragilidades da barragem em cumprir sua função de retenção de água.



Figura 1: Histórico sobre construção e intervenções no Lago da UFSCar - São Carlos (baseado em: LUSTOSA, 2021).

Nesse histórico mais recente consta que, entre os anos de 1994 e 1995, foi realizado o desassoreamento do lago, tendo sido retirados cerca de 25.000 m³ de sedimentos. No final de 2006, o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do estado de São Paulo emitiu a Portaria DAEE n° 2396, na qual autorizava a UFSCar a utilizar e interferir em recursos hídricos, ficando a outorga condicionada à execução de obras complementares no barramento (ampliação do extravasor) em um prazo de 6 meses. Registre-se que a ampliação do extravasor não foi executada pela UFSCar.

No ano de 2010 foi publicada a Lei Federal n° 12.334, que estabeleceu a Política Nacional de Segurança de Barragens. Em 01 de outubro de 2020, essa lei foi alterada pela Lei Federal 14.066, principalmente pelos casos de rompimento de barragens de mineração em Mariana e Brumadinho (ambas localizadas no estado de Minas Gerais). Essa mudança na legislação trouxe ainda mais obrigações para aqueles que possuem barragens em suas propriedades, como é o caso da UFSCar. Essa nova lei trouxe dois conceitos importantes para avaliar a segurança de barragens: 1) dano potencial associado à barragem¹; e 2) categoria de risco². Com base nessa legislação e

¹ “Dano potencial associado à barragem: dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e impactos sociais, econômicos e ambientais.” (PLANALTO, 2020)

considerando esses dois conceitos, Povinelli (2019) realizou um estudo para classificação da barragem da UFSCar, cujo resultado demonstrou que ela possui risco alto e dano potencial associado alto. Em 13 de janeiro de 2013, houve uma precipitação de 116 mm em 24 horas, o que fez o nível do lago ficar até acima da barragem, episódio que levou a Divisão de Defesa Civil de São Carlos (DDC) a monitorá-lo desde então (DEFESA CIVIL, 2019). Por conta desse episódio, a UFSCar celebrou um novo contrato para a “prestação de serviços técnicos especializados para a execução de estudos técnicos e dos projetos executivos de melhoria no barramento” com a empresa Terra Nova Engenharia de Barretos Ltda. Nesse estudo foi verificada a capacidade hidráulica da barragem existente, obtendo-se uma vazão máxima de saída de 19,67 m³/s. Considerando-se um período de retorno de 500 anos (ao invés dos 100 anos do estudo anterior), conforme preconizado pelo subitem 1.1.2 da IT DPO 002 do DAEE, vigente à época, a vazão máxima de cheia foi calculada em 122,59 m³/s. Dessa forma, ficou demonstrado que as estruturas hidráulicas da barragem não são capazes de escoar a vazão máxima de cheia e que, portanto, havia o risco de transbordamento da barragem durante chuvas intensas.

Foi então projetado um novo barramento em substituição ao existente, cujo custo estimado para a execução do projeto foi de R\$ 1.757.185,05 (data-base: agosto/2015), acrescido de R\$ 614.694,93 (data-base: agosto/2015) referentes à necessidade de adequação da travessia situada sob a Avenida do Bosque. Procedendo-se a atualização desses valores através do índice SINAPI, o montante total atinge cerca de R\$ 3.650.000,00 (novembro/2021). Salienta-se, no entanto, que o índice utilizado como referência pode não refletir adequadamente os recentes reajustes nos custos da construção civil e que neste orçamento não estão inclusos serviços como o remanejamento da rede de fibra óptica e o desassoreamento do lago.

A Portaria DAEE n° 2717, de 27/08/2015, outorgou à UFSCar o barramento do Córrego Monjolinho por 30 anos, cuja validade fica “condicionada à execução da obra conforme adequação do barramento (referente à construção de Vertedor, Bacias de Dissipação, Canal de

² “Categoria de risco: classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre.” (PLANALTO, 2020)

Transição/Restituição e Descarregador de Fundo), de acordo com o Projeto e Cronograma de Conclusão da Obra previsto para 31/08/2017”. Em outubro de 2017 foi lavrado pelo DAEE o Auto de Infração nº 10/2017 devido ao não atendimento do prazo para adequação do barramento, com a aplicação de multa no valor de 1.000 UFESPs (cerca de R\$ 25.000 à época). Conforme o Relatório de Situação de 10/11/2017, a Defesa Civil da cidade de São Carlos considerou a situação do barramento como de “risco iminente”, listando uma série de deficiências ligadas à barragem (Fig.2), e efetuou diversas recomendações à UFSCar.



Figura 2: Mosaico de fotos retiradas para a classificação da barragem do monjolinho quanto à categoria de risco e ao dano potencial associado - estudo de caso. Fonte: POVINELLI, 2017.

Devido a essa situação, em 17/11/2017 foi efetuado o bloqueio da rua que passa sobre o barramento para o tráfego de veículos e no dia 24/11/2017

foi promovida uma ação conjunta entre a Universidade, o Corpo de Bombeiros e o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos (SAAE) com o objetivo de examinar as condições de segurança da mencionada barragem, tendo sido tomadas, naquele dia, as seguintes medidas:

- a) Remoção de sedimentos e materiais diversos que obstruíam a abertura de duas comportas de madeira localizadas nas laterais da barragem. Essa ação, executada por mergulhadores do Corpo de Bombeiros com auxílio do SAAE, possibilitou, em seguida, a abertura das citadas comportas, não sendo possível realizar a abertura da comporta de fundo;
- b) Limpeza dos canais de escoamento da água proveniente dessas comportas, executada por funcionários da Universidade e do SAAE.

Essas providências possibilitaram um aumento da vazão de água à jusante e a conseqüente diminuição do nível de água na barragem, reduzindo, nessas condições, a força lateral sobre sua estrutura e aumentando sua capacidade de reserva.

A partir de 15/12/2017 o Ministério Público Federal (MPF) iniciou uma série de questionamentos e cobranças à Universidade no que se refere às providências tomadas pela Universidade em relação ao barramento. Durante reunião realizada no dia 25/07/2018 no Ministério Público Federal, com a presença de representantes da UFSCar, da Defesa Civil, do DAEE e do próprio MPF, foi deliberada, dentre outros encaminhamentos, a abertura da comporta de fundo, implicando no esvaziamento do lago, como a solução emergencial mais adequada. Em 07/02/2019 foi firmado contrato com a empresa Soludraga Soluções em Dragagem e Saneamento Ltda. para “desassoreamento da bacia de dissipação, limpeza das galerias e abertura da comporta de fundo do barramento”, cujos serviços foram finalizados em meados de 2019.

Conforme ofício CTH/074/2019, de 20/05/2019, o Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do estado de São Paulo solicitou à UFSCar o envio de um cronograma das atividades para elaboração do Plano de Segurança de Barragem ou do estudo de ruptura do barramento em um prazo de 30 dias. Face à indefinição sobre a construção do novo barramento, esses documentos não foram elaborados.

Registre-se que os questionamentos efetuados pelo Ministério Público Federal se estendem periodicamente até os dias atuais e que a Universidade,

embora venha promovendo diversas ações pontuais no que se refere ao barramento, como a limpeza dos vertedores e o monitoramento de algas, além de manter a comporta de fundo aberta, encontra-se com seu barramento inadimplente quanto às exigências da Política Nacional de Segurança de Barragens e do DAEE, por decorrência principal da não-disponibilidade de recursos para execução do projeto aprovado junto ao DAEE.

2) Situação da estrutura atual da barragem

A partir de levantamentos feitos em visitas técnicas ao local (Fig.3), a situação atual da barragem pode ser sintetizada da seguinte forma:

- a) Insuficiência das estruturas hidráulicas existentes, que não são capazes de atender às vazões decorrentes de altas intensidades pluviométricas. Há relatos de galgamento da barragem nos anos de 2013 e 2015, que podem resultar, em última instância, no seu colapso;
- b) Danos na parede do barramento e na sua interface com as estruturas hidráulicas que permitem o escoamento das águas;
- c) Danos na estrutura da barragem decorrente das raízes de árvores situadas no talude à jusante, cuja amplitude não é possível mensurar visualmente;
- d) Estruturas dos canais de escoamento e vertedouros danificadas e parcialmente obstruídas;
- e) Erosão nos taludes à jusante;
- f) Danos na bacia de dissipação, com assoreamento e muros de contenção colapsados.



Figura 3: Montagem de fotos do lago em 2021, retiradas em 28 de agosto de 2021 (destaque na 3ª imagem: peixes mortos próximos à barragem). Fonte: Paola Camargo Sartori.

Tais condições também foram identificadas anteriormente por Povinelli (2019), ao avaliar a barragem da UFSCar como sendo de risco alto:

- a) A Barragem do Monjolinho apresenta altura aproximada de 4,30m;
- b) Comprimento aproximado da barragem 67 m;
- c) Tipo de barragem desconhecido;
- d) Tipo de fundação desconhecido;
- e) A barragem foi construída entre 1970 e 1974 e, portanto, com menos de 50 anos;
- f) Vazão de projeto desconhecida;
- g) Danos de processos invasivos de árvores e suas raízes nos canais do vertedouro e canais extravasores a jusante. Comportas dos extravasores travadas sem manutenção. Entupimento nos canais de vertedores laterais na margem esquerda e perdas fora do canal do vertedouro da margem direita;
- h) Não existe adução na barragem;
- i) Bermas sem calhas. Danos de processos erosivos no talude a jusante;
- j) Danos no pavimento asfáltico, na calçada de concreto na crista do barramento;
- k) Árvores presentes a jusante no próprio corpo da barragem sendo que as raízes destas penetram no maciço causando danos nos canais, no vertedouro e no próprio corpo, não podendo dimensionar-se a amplitude destes danos;
- l) O Barramento não possui eclusa;
- n) Documentação de projeto inexistente;
- o) Não existe equipe de Segurança;
- p) Não são realizadas inspeções de segurança com regularidade;
- q) Não existe regra operacional dos dispositivos de descarga da barragem;
- r) Não existe relatório de inspeção de segurança (POVINELLI., 2019, p. 5 - 10)

Já para constatar o dano potencial associado alto da barragem da UFSCar, Povinelli (2019) considerou as seguintes condições:

- a) O volume do reservatório é de aproximadamente 58.914m³;

b) A barragem do Monjolinho está inserida no campus da UFSCar onde há um trânsito constante de pessoas. À jusante da barragem encontram-se as rodovias Tales de Lorena Peixoto – SP 318 e Washington Luiz – SP 318, bem como indústrias. O rio Monjolinho a jusante da barragem entra na cidade de São Carlos – SP;

c) À jusante da barragem encontra-se Área de Preservação Permanente (APP);

d) A barragem do Monjolinho está inserida no campus da UFSCar onde há um trânsito constante de pessoas. A jusante da barragem encontram-se as rodovias Tales de Lorena Peixoto – SP 318 e Washington Luiz – SP 318, bem como indústrias. O rio Monjolinho a jusante da barragem entra na cidade de São Carlos – SP (POVINELLI,, 2019, p.11)

3) Exigências da legislação aplicáveis às barragens (responsabilidades da UFSCar)

Considerando-se que para a emissão da outorga do barramento se faz necessária a construção de uma nova barragem em substituição à atual, estimou-se a classificação dessa nova barragem de acordo com as disposições da Portaria DAEE 1634, de 10 de março de 2021, resultando na classe C, cujas exigências, entre outras, são:

- a) Plano de Segurança da Barragem (PSB), a ser elaborado pelo empreendedor (UFSCar) antes de se iniciar a operação da estrutura da barragem;
- b) Elaboração do Plano de Ação de Emergência (PAE), revisto periodicamente, incluindo estudo de rompimento da barragem e das possíveis situações de emergência, procedimento de notificação e sistema de alerta, estratégias e meios de divulgação e alerta para as comunidades potencialmente afetadas em situação de emergência, plano de comunicação e programas de treinamento e divulgação para os envolvidos e para as comunidades potencialmente afetadas, dentre outras providências;
- c) Equipe de segurança da barragem;
- d) Inspeção Regular a cada 2 anos;
- e) Inspeções Especiais sempre que ocorrer incidente com a barragem;

- f) Atualização do PSB em decorrência das Inspeções Regulares, das Especiais e das Revisões Periódicas de Segurança da Barragem, incorporando todas as exigências e recomendações;
- g) Revisão Periódica de Segurança de Barragem a cada 8 anos. Para novas barragens, a primeira Revisão Periódica deve ser realizada após 1 ano da implantação do empreendimento;
- h) Relatório completo de Estudo de rompimento da barragem (Dam-Break).

Algumas simplificações desses procedimentos, aplicáveis à nova barragem contemplada no projeto existente, estão contidas na Instrução Técnica IT-CTH nº 01, de 24 de março de 2021, que institui o Plano de Segurança de Barragem Simplificado (PSBsimplés). É importante destacar que embora a eventual construção de uma nova barragem possa reduzir a categoria de risco, a sua classificação como sendo de dano potencial continuaria sendo alta. Essa afirmação é corroborada pela vistoria feita pela Divisão de Defesa Civil (DDC) de São Carlos e Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) de São Carlos, a qual apontou 6 áreas de possível risco de impacto em caso de rompimento da barragem do Rio Monjolinho: 1) na barragem do campus da UFSCar; 2) à jusante da barragem do campus da UFSCar -indústrias e da rodovia SP-318; 3) Rodovia Washington Luiz (SP-215); 4) Kartódromo e confluências do córrego Santa Maria do Ieme; 5) ponte sobre o Rio Monjolinho na região da “Casa Branca”; e 6) Ponte sobre o Rio Monjolinho na confluência dos Córregos Gregório e Mineirinho. (DEFESA CIVIL, 2019).

4) Alternativas propostas

A avaliação dos dados e informações apresentados nos itens anteriores evidenciam que a questão da da barragem da UFSCar caracteriza-se como um típico problema complexo (‘wicked problems’, também traduzido como problemas perversos ou espinhosos), termo criado por Rittel e Webber (1973) no âmbito de políticas sociais e que tem sido aplicado à política e gestão ambientais para descrever o tipo de problemas (‘environmental wicked problem’) com as quais elas lidam (BALINT et al., 2011). Conforme apontado por Akami et al. (2016) e ilustrado na Figura 4, problemas complexos são:

- caracterizados por uma falta de consenso e clareza em sua definição e soluções potenciais (Batie 2008; Balint et al. 2011)
- confusos, tortuosos e 'lutam de volta' quando você tenta lidar com eles (Ritchey, 2013)

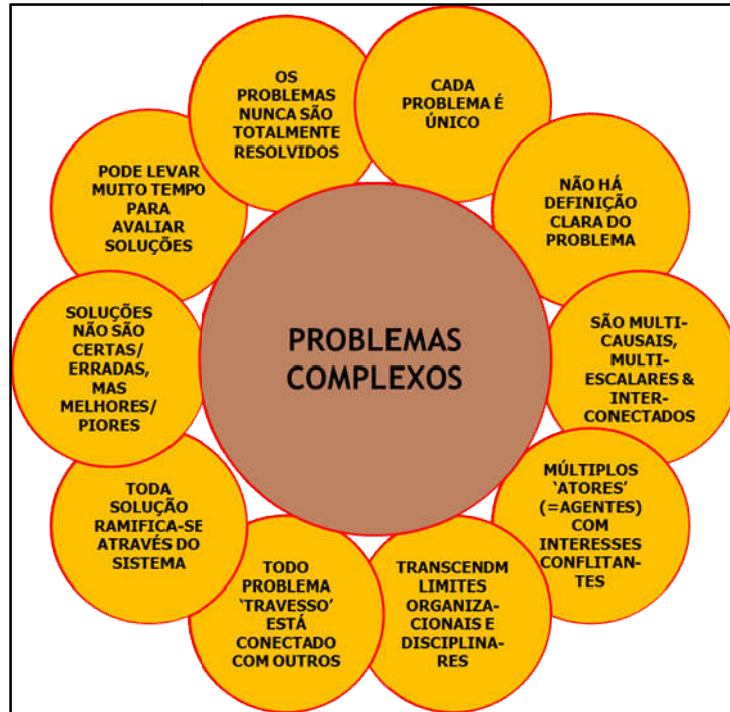


Figura 4: Características dos problemas complexos ('wicked problems'). Baseado em: Rittle & Weber (1973). Adaptado de: <https://medium.com/age-of-awareness/facing-complexity-wicked-design-problems-ee8c71618966>.

Face ao exposto nos itens anteriores, as alternativas propostas para esse problema complexo envolvendo a Barragem do Monjolinho são as seguintes:

- Construção de uma nova barragem em substituição à atual, conforme projeto existente

Aspectos positivos:

- Permanência do lago com características semelhantes às atuais e suas implicações sob o ponto de vista social, ambiental e de ensino/pesquisa.

Aspectos negativos:

- Elevados custos de implantação;

- Elevados custos de manutenção durante toda a vida útil da estrutura, incluindo as despesas para atendimento da legislação referente à segurança de barragens;
 - Elevadas responsabilidades legais;
 - Dispêndio de recursos com um empreendimento que não faz parte da atividade fim da Universidade, em que pese o lago ser utilizado para algumas atividades de ensino/pesquisa.
- b) Descomissionamento da barragem e renaturalização do lago

Aspectos positivos:

- Menores custos de implantação e manutenção;
- Menores exigências e responsabilidade legais;
- Possibilidade de espécies nativas serem reintroduzidas e sua população e biodiversidade serem restaurados aos valores naturais;
- Possibilidade de serem introduzidos elementos que possibilitem a detenção e infiltração de parte da água das chuvas, auxiliando no controle de enchentes do município;
- Eliminação do risco rompimento da barragem (Dam-Break);
- O processo de descomissionamento da barragem da UFSCar poderá servir como um modelo a ser seguido no Brasil em casos semelhantes;
- e
- A renaturalização poderá proporcionar o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão relativas à implantação desse processo.

Aspectos negativos:

- Fim do serviço ecossistêmico cultural que o lago desempenha na Universidade.

Vários desses aspectos foram destacados por especialistas da área e gestores envolvidos na questão da barragem em entrevistas dadas a Lustosa (2021), os quais são sintetizados na Tabela 1.

Tabela 1: Síntese dos impactos positivos e negativos das duas alternativas possíveis para o problema da barragem da UFSCar (São Carlos) levantados por especialistas e gestores.

Impactos						
	Sociais		Ecológicos		Econômicos	
	Positivos	Negativos	Positivos	Negativos	Positivos	Negativos
Manter o Lago	Cumprir seu Serviço Ecosistêmico Cultural e é útil para pesquisas e ensino	Risco constante à segurança	Não afeta negativamente as espécies que já se aclimataram, como aves migratórias	Ambiente propício para invasão e sucesso de espécies invasoras e assim redução (e até extinção) de espécies nativas	Não foram identificados	Custos muito altos para construir nova barragem e o cumprimento da legislação complexa e cara para manutenção
Renaturalizar	A comunidade pode ter relação com um ambiente e paisagem mais naturais e mais seguro	Fim do Serviço Ecosistêmico Cultural que o Lago desempenhava	Espécies nativas podem ser reintroduzidas e sua população e biodiversidade serem restaurados aos valores naturais	Espécies aclimatadas com o lago podem não conseguirem se aclimatar ao novo ambiente	Menores custos de manutenção e cumprimento da legislação	Processo de renaturalização é mais complexo e de médio e longo prazos

Fonte: Lustosa (2021).

Ao longo das últimas décadas, o lago e seu entorno foram se modificando (Fig.5), assim como os seus serviços ecossistêmicos. Além disso, o próprio acesso ao entorno do lago passou a ser não recomendado a partir de agosto de 2018 (Fig.6), devido à infestação de carrapatos-estrela, transmissores da bactéria *Rickettsia rickettsii*, causadora da febre maculosa (G1, 2018).



Figura 5: Modificações do lago através do tempo. Fontes: Imagens de levantamento aéreo feito na década de 1960 (duas imagens da parte superior da figura) e Google Earth (quatro imagens da parte inferior da figura).

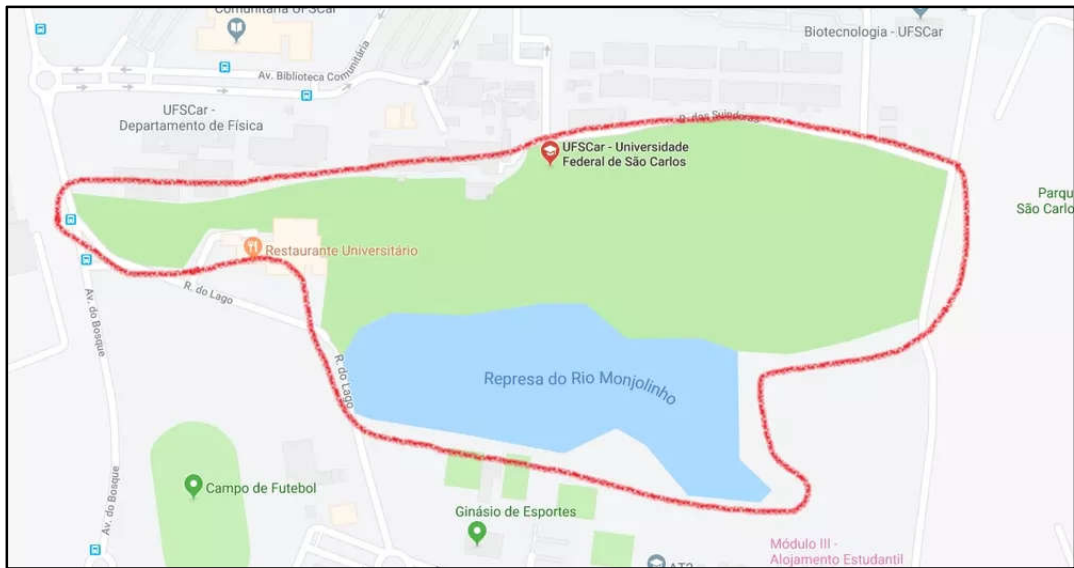


Figura 6: Mapa mostrando área que desde agosto de 2018 a comunidade da UFSCar deve evitar por conta da infestação de carrapato-estrela. (Fonte: G1, 2018).

5) Considerações teórico-conceituais e metodológicas sobre o processo de renaturalização

A necessidade de tentar reverter impactos causados pela conversão no uso e ocupação das terras e buscar aumentar a resiliência e integridade dos sistemas complexos ambientais (como ecossistemas e paisagens) tem como uma das principais ações voltadas à sustentabilidade a requalificação de ecossistemas e suas áreas degradadas. No caso de rios urbanos, a requalificação desses rios e a de seu entorno podem ser classificadas em 3 categorias, definidas conforme o objetivo que se quer alcançar:

A **restauração** ou **renaturalização**: [a qual busca] restabelecer as relações entre o corpo d'água e a paisagem de modo a retornar o corpo d'água a condição natural, ou o mais próximo possível da condição natural; a **reabilitação** ou **recuperação**: que visa o restabelecimento das condições físicas, químicas e biológicas do corpo d'água, de modo a restabelecer as condições sanitárias deste; a **revitalização**: [que procura] restabelecer as relações entre o corpo d'água e a paisagem de forma funcional, ou seja, reintroduzir o canal dando novamente vida a este, sem privar outros usos. (SILVA e PORTO, 2020, p.2 - grifos nossos)

Hagen *et al.* (2003) apontam que a renaturalização tem como fundamento diversos fatores, dentre eles o fornecimento de outros serviços ecossistêmicos. Já Binder (2001) define como os objetivos da renaturalização

hídrica a recuperação de rios e córregos ao mais próximo da biota natural, por meio de manejo regular ou de programas de renaturalização, e também a preservação das áreas naturais de inundação, como também impedir usos que impossibilitem essa finalidade. Ainda segundo esse mesmo autor, tal processo de restauração dos rios

“(…) não significa a volta de uma paisagem original não influenciada pelo homem, mas corresponde ao desenvolvimento sustentável dos rios e da paisagem em conformidade com as necessidades e conhecimentos contemporâneos.” (BINDER, 2001 p.36)

A renaturalização tem sido tema frequentes em discussões sobre como alcançar a sustentabilidade, tendo em vista a preocupação cada vez mais premente em relação aos impactos antrópicos e as mudanças climáticas, assim como pelos benefícios que os serviços ecossistêmicos fornecidos por esse processo de restauração podem prover à sociedade e a todo sistema complexo ambiental na qual ele for implementado. Sendo assim, na tentativa de fomentar um esforço mundial em prol da restauração ecológica, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou o período de 2021 a 2030 como a ‘Década sobre Restauração de Ecossistemas’ (UNEP, 2019). Dentre as justificativas dadas pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) para a criação desse marco histórico estão relacionadas, entre outras, aos seguintes problemas:

A degradação dos ecossistemas terrestres e marinhos compromete o bem-estar de 3,2 bilhões de pessoas e custa cerca de 10% da renda global anual em perda de espécies e serviços ecossistêmicos. Ecossistemas-chave que fornecem inúmeros serviços essenciais à alimentação e à agricultura, incluindo fornecimento de água doce, proteção contra riscos e fornecimento de habitat para espécies como peixes e polinizadores, estão diminuindo rapidamente. (PNUMA, 2019)

Especialmente nos ambientes antropizados, a requalificação de seus cursos d’água e das bacias hidrográficas nas quais estão inseridos representa um grande desafio, tanto em relação a uma transição no modo de tomadas de decisão a partir de uma abordagem tradicional reducionista e fragmentada das paisagens urbanas para uma nova visão de gestão urbana baseada em uma perspectiva sistêmica e participativa que considere as complexas interações presentes nas relações entre sociedade e natureza. Tal perspectiva é

adequada a questões como essa, que, conforme já mencionado, são caracterizadas como problemas complexos ('wicked problems').

O processo de renaturalização do Lago da UFSCar (campus de São Carlos – SP) teria como etapa inicial a extinção do represamento do trecho do Córrego do Monjolinho que atravessa o campus universitário (ou seja, o descomissionamento da barragem), substituindo a atual barragem pela construção de uma nova ponte ou de aduelas de modo a garantir o fluxo livre do curso d'água e a travessia das pessoas entre as áreas sul e norte do campus. Dependendo das condições técnicas e financeiras, uma alternativa intermediária a um processo de renaturalização total seria a criação de espelho(s) d'água como forma de buscar manter a identidade afetiva que parte da comunidade universitária tem com o atual lago e os serviços culturais que ele fornece a esse público.

A renaturalização desse trecho do Córrego do Monjolinho propiciará a criação de um parque linear que poderá ser conectado a outros parques já existentes ou a serem implementados, como é o caso do parque do Córrego do Espreado (o qual deságua no Monjolinho), cuja criação está prevista pelo Decreto Municipal 170/2017 (DOSEC, 2017). Desta forma, esse parque linear estaria inserido no Sistema de Espaços Livres e de Parques Urbanos de São Carlos (Fig.7), o qual é fruto de estudos realizados pelo Grupo de Trabalho de Planejamento dos Parques Urbanos - GTPU), criado pela Resolução COMDEMA 1/2017 e composto por universidades, governo e agentes sociais do município de São Carlos. Conforme destacado por de Perez & Schenk (2021),

A finalidade do GTPU é propor estratégias, cenários, medidas e políticas de mitigação, com abordagens participativas, preventivas e sistêmicas que visem incentivar uma gestão urbana atrelada aos riscos, e que indiquem ações e instrumentos relacionados aos problemas específicos de cada situação. (p.3)



Figura 7: Proposta do GTPU para os Parques Lineares e Parques Urbanos em escala urbana do Sistema de Espaços Livres, destacando no círculo pontilhado o parque do Córrego do Espreado e a região da barragem da UFSCar (fonte: Perez & Schenk, 2021).

Uma das ênfases do GTPU, a qual segue uma tendência mundial em processos de renaturalização das paisagens, é o uso das chamadas ‘Soluções Baseadas na Natureza’ (SBN). Conforme definido pela Comissão Europeia (2015):

As Soluções baseadas na Natureza são ações inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza. Têm potencial para serem eficientes em termos de recursos e energia, e resilientes à mudança, porém, para serem bem-sucedidas devem ser adaptadas às condições locais. Muitas Soluções Baseadas na Natureza resultam em múltiplos co-benefícios para a saúde, a economia, a sociedade e o meio ambiente e, portanto, podem representar soluções mais eficientes e economicamente viáveis do que as abordagens tradicionais. (EC, 2015)

6) Exemplos de renaturalização de corpos d’água e de aplicação de Soluções Baseadas na Natureza

Conforme ilustrado na Figura 8, existem diversas experiências nacionais e internacionais de renaturalização de corpos d’água e de aplicação de

Soluções Baseadas na Natureza. Algumas delas são apresentadas brevemente a seguir.



Figura 8: Exemplos de renaturalização de corpos d'água e de aplicação de Soluções Baseadas na Natureza.

6.1) Exemplos e propostas no Brasil

6.1.1) Sorocaba:

- A cidade de Sorocaba, mediante a programas de ações integradas com a finalidade de requalificar espaços públicos urbanos e melhorar a qualidade de vida de seus cidadãos, iniciou o processo de revitalização de córregos urbanos através da implantação de paisagismo, equipamentos de lazer, entre outros.
- Ademais, foram recuperados 21 córregos urbanos entre 2008 e 2011.
- Com essas ações, o Rio Sorocaba foi restaurado ao ponto dos sorocabanos praticarem a pesca em suas margens. (SMA, 2022)

6.1.2) Piracicaba:

6.1.2.1) Projeto de Reestruturação Urbano-Ambiental e de Mobilidade do Parque Linear Rio Piracicaba e Rua do Porto:

- A cidade de Piracicaba criou um novo projeto que dá sequência às contínuas ações de aproximação da cidade e suas águas, a criação de parques às margens do Rio Piracicaba já são realizadas desde o século 20, a estratégia atual é a integração dos diversos parques ao longo do rio, com a revitalização das margens como espaço de eventos. (CADUS, 2015)

6.1.2.2) Projeto Beira Rio:

- O projeto consta na requalificação de 3 áreas, sendo elas: o Largo da Rua do Porto, Largo dos Pescadores e do Trecho da Ponte Pênsil e Museu da Água. O objetivo desse projeto é agregar valor à orla urbana do Rio Piracicaba, que é o maior polo turístico da cidade. (PIRA 21, 2021)
- A partir da adequação do meio ambiente com as condições urbanísticas e paisagísticas, buscando de modo sustentável o universo social (relação homem-ambiente-cultura). Para isto, foi realizada a recomposição da vegetação ciliar, prevalência do pedestre, a manutenção dos usos e os dados culturais. (PIRA 21, 2022)

6.1.3) Rio Tubarão (Santa Catarina):

- Propõe-se o resgate do Rio Tubarão, localizado em Santa Catarina, através de diretrizes que permitam a implantação de um parque linear em sua extensão urbana. Com esta requalificação da orla fluvial, propicia-se a sua apropriação para convívio e lazer, possibilitando o resgate da percepção ambiental da cidade ao rio. (PEREIRA, 2017)

6.2) Exemplos e propostas no exterior

6.2.1) Rio Manzanares (Madri - Espanha)

- O rio Manzanares, tinha como principal objetivo favorecer o abastecimento e mobilidade da população, posteriormente se tornando rural. Com o aumento da malha urbana, e tendo em vista a qualidade de vida dos cidadãos, foi construído um parque linear, de quarenta e dois

quilômetros de extensão, no lugar da avenida marginal. Proporcionando uma área de lazer e convívio, além de facilitar o deslocamento e resgatar a educação ambiental e a biodiversidade local. (FONSECA, 2019)

6.2.2) Rio Tâmisa (Londres - Inglaterra)

- Um dos principais exemplos de revitalização, é o rio Tâmisa localizado em Londres, Inglaterra. Devido a revolução industrial, iniciou-se o intenso processo de urbanização e desenvolvimento industrial da cidade nos séculos XIX e XX. Desse modo, o rio sofreu com a degradação, estreitamento do canal e aprofundamento para navegação e defesa contra as cheias. Logo, o rio foi declarado morto em 1957. (SILVA; PORTO, 2020)
- Atualmente, o rio está despoluído e é considerado um dos rios urbanos mais limpos da Europa, possuindo um controle de cargas poluidoras, ocorrendo alterações na qualidade, somente em casos de chuvas extremas, em que há lançamento de esgoto em suas águas. (SILVA; PORTO, 2020)
- É importante frisar que a participação social foi essencial para a realização das ações para a restauração do rio, como explica Afonso (2011), “os habitantes mesmo não sendo profissionais de engenharia, são profissionais do viver e tem muito a contribuir, demonstrando que adotaram o rio e querem celebrá-lo, transformando o Tâmisa em um rio para todos”.

6.2.3) Rio Sena (Paris - França)

- Em vista, ao exacerbado lançamento de efluentes no rio durante o século XVIII, iniciou-se várias ações técnicas, políticas e ambientais, como a agência de águas e comitês de bacia, que enfatizaram a importância de priorizar a qualidade da água e dos habitats da bacia. (AFONSO,2011)
- De acordo com Afonso (2011), “salientando que para atingir resultados positivos nos processos de revitalização são necessárias mudanças de

comportamento e de visão não só das autoridades, mas também dos usuários da bacia”.

- O principal desafio, foi o tratamento de esgoto. Para isso, realizou-se o monitoramento da qualidade da água, e a definição de classes por meio de mapas de cores, sendo essa uma ferramenta para educação ambiental.
- Ainda há muitas atividades para atingir a revitalização da bacia hidrográfica do rio Sena, contudo atualmente o mais importante é manter os resultados já alcançados. (AFONSO,2011)

6.2.4) Cheonggyecheon (Seul - Coreia do Sul)

- A Coreia do Sul tem promovido planos diretores objetivando a sustentabilidade nacional. Dentre eles, a promoção e valorização de espaços verdes em áreas urbanas, com o programa de revitalização de rios utilizado para o rio Cheonggyecheon, em Seul, com objetivo de valorizar o patrimônio histórico e cultural. (SILVA; PORTO, 2020)
- O rio era utilizado como canal de escoamento de esgoto, e criaram uma via expressa elevada ocultando-o da paisagem, mediante a poluição e a degradação ambiental existente, se viu necessário a restauração. (AFONSO,2011)
- Alguns dos princípios para a revitalização foram: resolver os problemas com fluxo de veículos, criando um espaço propício ao meio ambiente, assim como a melhoria da qualidade do ar; redução da poluição sonora; aumento da segurança; melhoria da qualidade de vida e imagem cultural da cidade. (SILVA; PORTO, 2020)
- As ações realizadas de acordo com Afonso (2011), “a demolição das estruturas de concreto e criação de uma estação de suprimento de água, a implementação de tratamento de efluentes, a execução de projetos de paisagismo e iluminação, obras de controle de cheias, além do retorno do rio para o convívio da cidade.”
- O projeto resultou na regulação da temperatura média, formação de brisas, e aumento da biodiversidade, além da expansão dos princípios da educação ambiental à população. (AFONSO, 2011)

6.2.5) EUA:

6.2.5.1) Rio Trinity (Dallas)

- A revitalização do Rio Trinity, em Dallas, abrangeu 5 premissas sendo elas:
 - Proteção contra inundações;
 - Gestão ambiental;
 - Recreação;
 - Transporte;
 - Desenvolvimento socioeconômico.
- Para isso, construíram wetlands, diques, áreas de lazer dentro das zonas de inundação, trilhas para caminhada e cinturões verdes. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.5.2) Rio Onondaga (Nova Iorque)

- O rio Onondaga, em Nova Iorque, teve em seu plano de revitalização um enfoque comunitário, aumentando as oportunidades sociais, ambientais e econômicas. (SILVA; PORTO, 2020)
- A qualidade da água foi afetada principalmente pelas cargas difusas, as mudanças nos habitats e o limitado acesso ao público. Logo, foram construídas nas margens do rio: pistas de caminhadas, mirantes, pontos de comércio e também obras para a estabilização das margens e redução da carga de sedimentos. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.5.3) Rio San Antonio (Texas)

- O Rio San Antonio, no Texas, na década de 20 sofreu com uma inundação, logo após iniciou-se estudos para contenção de inundações, recuperação e revitalização, tendo apoio da população. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.5.4) Rio Gwynns (Baltimore)

- O rio Gwynns, em Baltimore, com suas margens cultiváveis transformadas em espaços agrícolas, urbanos e industriais sofreu uma intensa degradação, por conta do lançamento de efluentes no rio, assim reduzindo agressivamente a qualidade da água. (SILVA; PORTO, 2020)

- No início do século XX, iniciaram ações para a revitalização do rio, com o tratamento de cargas poluidoras, para a melhoria da qualidade da água e um parque linear em suas extensões. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.5.5) Rio Los Angeles (Los Angeles)

- O rio Los Angeles, em Los Angeles na Califórnia, desde o século XX passou por alterações para auxiliar no escoamento das águas, contudo com o lançamento de cargas poluidoras sucedeu a perda da qualidade de água das praias da costa do estado. Em 1990, elaborou-se um projeto de revitalização com a implantação de parques ao longo da extensão dos corpos d'água, contando com trilhas e ciclovias para aumentar o uso de bicicletas e as oportunidades de lazer. (SILVA; PORTO, 2020)

O rio apesar de despoluído, graças ao rigoroso programa de controle de resíduos sólidos e da consolidação do sistema de esgotamento sanitário, ainda encontra-se com poucos pontos de acesso à população, limitados aos parques na periferia da cidade, sendo o rio cercado por rodovias urbanas e linhas de trem. Além disso, o canal no trecho que corta a área urbana de Los Angeles, encontra-se confinado em uma galeria de concreto, a canalização foi realizada visando a segurança hidrológica da bacia, no entanto tal tratamento limita o desenvolvimento da fauna e flora aquática. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.5.6) Rio Mississippi (Mississippi)

- O rio Mississippi, passou por um dos projetos mais importantes de revitalização do país, já que o rio corta grande parte do território dos Estados Unidos, e era utilizado para navegação e recreação. (SILVA; PORTO, 2020)
- Na década de 30, iniciaram um processo de recuperação e revitalização, e atualmente o rio está despoluído e com diversas atividades de lazer em suas margens. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.6) Rio Isar (Munique - Alemanha)

- O rio Isar presente em Munique, na Alemanha, foi considerado morto durante a década de 80. Diante de um programa de revitalização, houve a reabilitação do rio para os usos da cidade como a navegação,

manancial de captação de água, geração de energia e lazer. (SILVA; PORTO, 2020)

- As principais ações de renaturalização realizadas foram: a remoção dos diques de concreto e o aplainamento das margens, com isso aumentou a capacidade de retenção de água do rio, reduzindo o fluxo e velocidade das águas. (AFONSO, 2011)
- Consequentemente, evitando enchentes e melhorando ecologicamente o rio, com a criação de novos habitats. Além disso, alcançou-se alguns objetivos de aproximação ambiental da população com as águas, utilizando-o para natação. (AFONSO, 2011)

6.2.7) Rio Besos (Barcelona - Espanha)

- O rio Besos, em Barcelona, foi degradado, principalmente na década de 90, por conta dos efluentes domésticos e industriais, e os resíduos urbanos. Ademais, o rio sofreu inundações que causaram diversos danos à cidade, iniciando o processo de intervenções. (SILVA; PORTO, 2020)
- O processo de revitalização do parque teve como principal razão, os Jogos Olímpicos em Barcelona em 1992. Construindo a montante Wetlands, com espécies para a retenção de nutrientes das águas residuais, melhorando a qualidade da mesma, e a jusante a construção de parques para a população, para atender a carência em lazer da região. (SILVA; PORTO, 2020)
- Portanto, a revitalização realizada foi considerada um sucesso em vista ao atingimento dos objetivos propostos, na melhoria da qualidade da água e a educação e percepção ambiental, tendo uma aceitação positiva do parque pelos cidadãos. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.8) Rio Porsuk e Rio Bartin (Turquia)

6.2.8.1) Rio Porsuk

- O rio Porsuk, na Turquia, teve sua premissa para revitalização em relação a sua importância histórica na irrigação. Desse modo, foi

baseada na despoluição orgânica, na criação de cinturões verdes e áreas de lazer ao longo de suas margens. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.8.2) Rio Bartin

- Enquanto o rio Bartin, mediante a urbanização intensa, necessitou de um projeto de revitalização para conter as inundações em áreas urbanas. Utilizaram no projeto o Sistema de Informações Geográficas (SIG), para o planejamento do curso d'água, com a finalidade de reduzir enchentes, melhoria no transporte e interligar os ambientes, sendo eles naturais, culturais e históricos. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.9) Japão: Rio Itachi (Yokohama), Rio Tama (região de Tokyo)

6.2.9.1) Rio Itachi

- O Rio Itachi, em Yokohama, estava integralmente artificial, sem valor ambiental, paisagístico ou recreativo. Na década de 90, estabeleceu-se um programa de revitalização principalmente paisagística, envolvendo a sociedade durante o processo para a conscientização. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.9.2) Rio Tama

- O rio Tama, na região de Tóquio, é um rio urbano que comumente apresentou perturbações em relação a elevada urbanização, presença de barragens, intensificação do aporte de sedimentos e colonização de espécies exóticas. Foi necessário o tratamento do leito, na íntegra, por meio do cascalho, para apropriar o canal à flora e fauna. (SILVA; PORTO, 2020)

6.2.10) China: rio Donghao Chung (Guangzhou)

- O rio Donghao Chung, em Guangzhou, era um canal de escoamento de água pluvial e efluentes, e se transformou em um rio aberto tratado com urbanismo e paisagismo, atraindo a população. Podendo ele ser um belo

exemplo para os projetos brasileiros que possuem edificações em suas áreas de várzea. (SILVA; PORTO, 2020)

7) Bibliografia de apoio

AFONSO, Jorge A. C.. **Renaturalização e revitalização de rios urbanos: uma abordagem sistêmica**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia - CCET. Curitiba, 2011. Disponível em: <https://www.biblioteca.pucpr.br/tede/tde_arquivos/15/TDE-2012-03-20T142939Z-1872/Publico/Jorge.pdf> Acesso em: 10 jan. 2022.

BALINT, P. J. *et al.* **Wicked Environmental Problems**. Washington, DC: Island Press, 2011.

BEIRA rio.wmv. Produção: **Prefeitura Piracicaba**. Youtube: [s. n.], 12/01/2012. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=iyJ3_epCuj0. Acesso em: 10 jan. 2022.

BINDER, Walter. Rios e Córregos: Preservar – Conservar – Renaturalizar. A Recuperação de Rios, Possibilidades e Limites da Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro: SEMADS - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Rio de Janeiro. **Cooperação Técnica Brasil-Alemanha**, Projeto Planágua, SEMADS/GTZ, Volume 2, Abril/2001, 41 páginas, ISBN: 85-87206-04-4 Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10816/Livro_Rios-e-C%C3%B3rregos-Preserva-Conservar-Renaturalizar_SEMADS-RJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 06 Jun. 2021

CAMARGO, Orson J. R.. **Parque Linear da Orla do Rio Piracicaba: A relação da cidade com suas águas**. Piracicaba. Instituto de Pesquisas e Planejamento de Piracicaba - Ipplap. 2015. Slide. 97 slides. color. Disponível em: http://ipplap.com.br/site/wp-content/uploads/2016/09/CADUS-11_PARQUE-LINEAR-DA-ORLA-DO-RIO-PIRACICABA_vers%C3%A3o-FINAL-para-PDF.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022

EUROPEAN COMMISSION - EC. Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Naturebased Solutions & Re-naturing Cities: Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on Nature-based Solutions and Re-naturing Cities'. 2015. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202>. Acesso em: 10 jan. 2022

FONSECA, Paula da Silva et al. Parque fluvial de Porto Real. **Episteme Transversalis**, [S.l.], v. 10, n. 3, dez. 2019. ISSN 2236-2649. Disponível em: <<http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/1693>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

HAGEN, D., Svavarsdottir, K., Nilsson, C., Tolvanen, A. K., Raulund-Rasmussen, K., Aradóttir, À. L., & Halldorsson, G. (2003). Ecological and social dimensions of ecosystem restoration in the nordic countries. **Ecology and Society**, 18(4). Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol18/iss4/art34/>>. Acesso em: 9 jun. 2021.

LUSTOSA, G. E. D. P. **Avaliação de vantagens, desvantagens e desafios da renaturalização do Lago da Universidade Federal de São Carlos (São Carlos – SP)**. Orientador: Sérgio Henrique Vannucchi Leme de Mattos. 2021. 66 p. Trabalho de Conclusão (Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar – campus de São Carlos), São Carlos - SP, 2021. Acesso em: 10 jan. 2022.

PEREIRA, Helen Costa. **O parque da cidade: requalificação urbana para o rio tubarão, SC** – análises e oportunidades. 2017. 207 f. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. Acesso em: 10 jan. 2022.

PEREZ, R.B., SCHENK, L.B.M. Planejamento da paisagem e mudanças climáticas: uma abordagem multidisciplinar em São Carlos (SP). **Ambiente & Sociedade**. v.24, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asoc/a/KnmXFst5dHbJndthLTY4ZF/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2022.

PIRA 21. **Projeto Beira Rio**. Disponível em: <<https://www.pira21.org.br/projeto-beira-rio/>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

PLANALTO. Lei Nº 14.066. 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14066.htm>. Acesso em: 13 jan. 2022.

POVINELLI, SILVIA. **Classificação da barragem do Monjolinho quanto à categoria de risco e ao dano potencial associado – estudo de caso**. São Carlos; 2019.

RITCHEY, T. Wicked Problems: modelling social messes with morphological analysis. *Acta Morphologica Generalis*, v.2, n.1, 2013.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Revitalização/recuperação de córregos urbanos**. Sorocaba. Prefeitura de Sorocaba. Folder. 20 pág. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/arriodiluvio/a-bacia-hidrografica/outros-exemplos/rio-sorocaba/anexo_23_Folder.pdf/at_download/file>. Acesso em: 10 jan. 2022.

SILVA, J. C. de A. da; PORTO, M. F. do A. Requalificação de rios urbanos no âmbito da renaturalização, da revitalização e da recuperação. **Labor e Engenho**, Campinas, SP, v. 14, p. e020001, 2020. DOI: 10.20396/labore.v14i0.8659900. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8659900>. Acesso em: 9 jun. 2021.

UNEP (Central America, El Salvador, Global). Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador (MARN). Assembleia Geral da ONU. **UN Decade of Ecosystem Restoration 2021 – 2030 Initiative proposed by El Salvador with the support of countries from the Central American Integration System**, [S. I.]: MARN, 2019. Disponível em:

https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26027/Ecosystem_decade_Salvador_Initiative.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 9 jun. 2021.

USDA. **Stream Restoration**. Disponível em: <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/national/water/manage/restoration/#>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS (São Carlos). POVINELLI, S. C. S..Analista de Infraestrutura. **Classificação da barragem do monjolinho quanto à categoria de risco e ao dano potencial associado - estudo de caso**, [S. l.], 2019. Disponível em: https://www.soc.ufscar.br/coad/2019/arquivos/pauta-da-48-reuniao-ordinaria-do-coad/relatorio_de_acoes___barragem.pdf. Acesso em: 5 jun. 2021.