



# Parcerias Estratégicas

Edição especial

Volume 25 - Número 50 - Junho 2020

## Entrevista

- O embaixador da Comissão Europeia no Brasil, Ignacio Ybáñez, faz uma análise sobre o diálogo entre o Brasil e a União Europeia na agenda referente às Soluções baseadas na Natureza

## Soluções baseadas na Natureza para cidades sustentáveis

- Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis – projeto CITInova
- A inovação a serviço da sustentabilidade: a experiência do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis
- Iniciativas pilotos para sustentabilidade em Brasília: recuperação de nascentes, áreas de recarga e demais áreas de preservação permanente, degradadas ou alteradas
- Soluções baseadas na Natureza: uma revisão sobre o conceito
- Aprendiendo de la roca natural: pavimentos urbanos sostenibles
- Cooperation in research and Innovation programming with Brazil: topics, success stories and future opportunities
- Soluções baseadas na Natureza para um novo paradigma no tratamento de esgoto em áreas urbanizadas
- Soluções integradas para as crises hídrica e energética no Brasil
- A natureza rítmica da água e a tecnologia Flowform
- Co-criação de Soluções baseadas na Natureza envolvendo comunidades e oportunidades de diálogo Europa-Brasil
- Desenhando cidades com Soluções baseadas na Natureza

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista Parcerias Estratégicas, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: <http://www.cgEE.org.br>.

Boa leitura!

# Parcerias Estratégicas

Edição Especial

---

v. 25, n. 50, junho de 2020, Brasília-DF

ISSN 1413-9375

---

Parc. Estrat. | Brasília - DF | v. 25 | n. 50 | p. 234 | jan-jun • 2020

# Parcerias Estratégicas – v.25 – n.50 – junho de 2020 – Edição especial

A revista Parcerias Estratégicas é publicada semestralmente pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e tem por linha editorial divulgar e debater temas nas áreas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). Distribuição gratuita. Disponível eletronicamente em: <[http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas)>.

## Edição

Maisa Cardoso

## Conselho editorial

Adriano Batista Dias (UFPE)  
Eduardo Baumgratz Viotti (Consultor legislativo do Senado Federal para assuntos de política de CT&I)  
Gilda Massari (S&G Gestão Tecnológica e Ambiental/RJ)  
Ricardo Bielschowsky (UFRJ)  
Ronaldo Mota Sardenberg (Consultor)

## Projeto gráfico

Núcleo de Design Gráfico do CGEE

## Capa

Eduardo Oliveira

## Diagramação e infográficos

Diogo Moraes

## Endereço para correspondência

SCS Q. 9, Lote C, Torre C, salas 401 a 405, Ed. Parque Cidade Corporate, Brasília DF, CEP 70308-200, telefone: (61) 3424-9600, E-mail: editoria@cgee.org.br

**Indexada em:** Latindex; EBSCO publishing; bibliotecas internacionais das instituições: Michigan University, Maryland University; Université du Québec; Swinburne University of Technology; Delaware State University; National Defense University; San Jose State University; University of Wisconsin-Whitewater; Qualis/Capes.

Parcerias Estratégicas / Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – Vol. 1, n.1 (maio 1996) • Brasília: CGEE, 2002–

Semestral

De 1996 a 2001 editada pelo Centro de Estudos Estratégicos (CEE/MCT).

ISSN1413-9375

1. Ciência e Tecnologia – Periódicos 2. Inovação tecnológica – Brasil I. CGEE.

CDU 323.6(81)(05)

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma associação civil sem fins lucrativos e de interesse público, qualificada como Organização Social pelo executivo brasileiro, sob a supervisão do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). Constitui-se em instituição de referência para o suporte contínuo aos processos de tomada de decisão sobre políticas e programas de ciência, tecnologia e inovação (CT&I). A atuação do Centro está concentrada nas áreas de Estudos, análises e avaliações; Articulação; Apoio técnico à gestão estratégica do Sistema Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (SNCTI); Disseminação de Informação de CT&I; e Desenvolvimento Institucional.

## Presidente

Marcio de Miranda Santos

## Diretores

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior  
Regina Maria Silverio

## Conselho de Administração CGEE

### Membros natos

Glaucius Oliva (ABC) *Presidente do Conselho*  
Anderson Ribeiro Correia (MEC)  
Alysson Paolinelli (CNA)  
Ildeu de Castro Moreira (SBPC)  
Hulda Oliveira Giesbrecht (Sebrae)  
Pedro Moes Iooty de Paiva (BNDES)  
Waldemar Barroso Magno Neto (Finep)  
Igor Manhães Nazareth (Ministério da Economia)  
Evaldo Ferreira Vilela (CNPq)  
Rafael Esmeraldo Lucchesi (CNI)  
Paulo César Rezende de Carvalho Alvim (MCTI)

### Membros eleitos

Guilherme Ary Plonski (Representante dos associados)  
Luís da Cunha Lamb (Consecti)  
Jardel Pauber Matos e Silva (Anprotec)  
Fábio Guedes Gomes (Confap)  
José Fernando Perez (Representante do empresariado nacional)  
Carlos Henrique de Carvalho (Foprop)  
Nelson de Chueri Karam (Dieese)  
Humberto Luiz de Rodrigues Pereira (Anpei)  
Jorge Augusto Callado Afonso (Abipti)

Esta edição da revista Parcerias Estratégicas é parte integrante das atividades desenvolvidas pelo CGEE no âmbito do 2º Contrato de Gestão firmado com o MCTI.

Parcerias Estratégicas não se responsabiliza por ideias emitidas em artigos assinados. São permitidos a reprodução e o armazenamento dos textos, desde que citada a fonte.

Tiragem: 550 unidades. Impresso em 2020.



# Sumário

---

05    Aos leitores

## Seção 1 Entrevista

---

09    O embaixador da Comissão Europeia no Brasil, Ignacio Ybáñez, faz uma análise sobre o diálogo entre o Brasil e a União Europeia na agenda referente às Soluções baseadas na Natureza

## Seção 2 Soluções baseadas na Natureza para cidades sustentáveis

---

19    Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis – projeto CITinova  
*Marcela C. R. Aboim Raposo, Suiá Kafure da Rocha, Alexandra Reschke, Daniela G. Mattar, Angelica Griesinger, Camile Vieira Martins, Selma Virginia Gonzaga da Silva, Savio Túlio Oselieri Raeder*

---

37    A inovação a serviço da sustentabilidade: a experiência do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis  
*Raiza Gomes Fraga, Monique Pinheiro, Beatriz Vilela, Gabriel Breves, Marco Aurélio Lobo*

---

53    Iniciativas pilotos para sustentabilidade em Brasília: recuperação de nascentes, áreas de recarga e demais áreas de preservação permanente, degradadas ou alteradas  
*Nazaré Soares, Elisa Meirelles, Márcia Coura, Elói Campos*

---

67    Soluções baseadas na Natureza: uma revisão sobre o conceito  
*Raiza Gomes Fraga, Doris Aleida Villamizar Sayago*

---

83 Aprendiendo de la roca natural: pavimentos urbanos sostenibles  
*Francesc Aragall*

---

111 Cooperation in research and innovation programming with Brazil: topics, success stories and future opportunities  
*Dominique Darmendrail, Elisa Natola,*

---

133 Soluções baseadas na Natureza para um novo paradigma no tratamento de esgoto em áreas urbanizadas  
*Cecilia Polacow Herzog*

---

159 Soluções integradas para as crises hídrica e energética no Brasil  
*Flaminio Levy Neto'*

---

175 A natureza rítmica da água e a tecnologia Flowform  
*Mônica Carapeços Arriada, Sérgio Borges Paim Pamplona, Guilherme Castagna*

---

189 Co-criação de Soluções baseadas na Natureza envolvendo comunidades e oportunidades de diálogo Europa-Brasil  
*Beatriz Caitana, Isabel Ferreira, Paulo Fonseca de Campos*

---

217 Desenhando cidades com Soluções baseadas na Natureza  
*Alejandra Maria Devecchi, Alyne Cetrangolo Chirmici, Cristina Simonetti, Thiago Bezerra Corrêa*

## Aos leitores

Soluções baseadas na Natureza (SbN) ou, do Inglês, *Nature-Based Solutions* (NBS) é o tema norteador das discussões, boas práticas e recomendações apontadas ao longo dos artigos que compõem esta edição temática da revista *Parcerias Estratégicas*.

As contribuições reunidas neste número, produzidas no Brasil e em países europeus, buscam evidenciar os benefícios das SbN como alternativas aos desafios enfrentados em praticamente todo o planeta e que são relacionados aos efeitos das mudanças climáticas. As SbN são entendidas como soluções que, de alguma forma, se inspiraram, copiaram ou tomaram como base processos naturais para gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos para a sociedade.

Surgido no final dos anos 2000, o conceito de SbN vem ganhando destaque entre organismos internacionais e na União Europeia como uma aposta para a adaptação às mudanças climáticas. O tema também teve grande relevo entre as exposições da Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP-25), realizada em dezembro de 2019.

Na Europa, o conceito é explorado sob o prisma da pesquisa e inovação e especialmente aplicado para o contexto urbano, em um reconhecimento do papel da natureza e da biodiversidade em gerar cobenefícios, por exemplo, para a saúde e o bem-estar, contribuindo para a resiliência urbana, além de criar oportunidades de geração de emprego e renda. As SbN representam iniciativas como áreas verdes urbanas, jardins de chuva, alagados construídos, telhados verdes e agricultura urbana, abordando diversas maneiras em que os serviços ecossistêmicos podem ser geridos e restaurados de forma a reduzir a vulnerabilidade urbana frente a eventos extremos.

Considerando a escassez de publicações sobre o tema elaboradas no Brasil, esta edição da revista foi produzida com o intento de reforçar a divulgação, no País e em outras localidades, de conhecimentos, observações e reflexões a respeito das SbN. Este número tem como finalidade, ainda, inspirar o planejamento e a adoção de políticas públicas orientadas para a replicação dessas práticas no Brasil e nos demais países sul-americanos, naturalmente, em agendas próprias e adaptadas aos contextos e ecossistemas locais.

Entre outras ponderações, os artigos destacam a importância de se considerar as SbN na tomada de decisão, ao invés da continuidade da adoção exclusiva de soluções tradicionais para o enfrentamento de desafios como o de mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Assim, por meio da disseminação desses conhecimentos, a presente edição busca, ainda, fazer com que a adoção dessas práticas não seja feita apenas por usuários pontuais e restrita a algumas regiões. A intenção é que as Soluções baseadas na Natureza ganhem efeitos e escalas maiores, de maneira a beneficiar um número cada vez maior de pessoas e, como consequência, reduzir os impactos das ações antrópicas no planeta, tornando a vida na Terra mais harmônica.

Agradecemos à equipe do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS) do CGEE, de modo especial, ao coordenador Marco Lobo, à Raiza Fraga e a Gabriel Breves, pela importante colaboração na organização da pauta, na reunião de conteúdos e nas soluções referentes a Direito Autoral de Uso de Imagens, que tornaram possível a presente edição.

Boa leitura!

# SEÇÃO 1

## ENTREVISTA

---

O embaixador da Comissão Europeia no Brasil, Ignacio Ybáñez, faz uma análise sobre o diálogo entre o Brasil e a União Europeia na agenda referente às Soluções baseadas na Natureza



# O embaixador da Comissão Europeia no Brasil, Ignacio Ybáñez, faz uma análise sobre o diálogo entre o Brasil e a União Europeia na agenda referente às Soluções baseadas na Natureza

Entrevista por Raiza Fraga

Nesta entrevista, o embaixador da Comissão Europeia no Brasil, Ignacio Ybáñez Rubio, fala sobre como a iniciativa dos Diálogos Setoriais - no âmbito da cooperação estratégica entre a União Europeia (EU) e o Brasil - tem apoiado o intercâmbio entre instituições daquele continente e brasileiras, como o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), na construção de uma agenda sobre o tema Soluções baseadas na Natureza (SbN).

O tema SbN tem sido adotado pela União Europeia como uma das principais diretrizes para o enfrentamento das mudanças climáticas e a implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e integra, ainda, as estratégias do Pacto Verde Europeu. Abordagens sobre SbN também permeiam as análises contidas ao longo dos 11 artigos reunidos nesta edição da revista.

Nesse contexto, Ignacio Ybáñez pondera sobre as possibilidades de cooperação e sobre o diálogo

entre o Brasil e a UE nessa agenda. O embaixador lembra como as universidades e os centros de pesquisa brasileiros podem se engajar em projetos de SbN, atuando e apoiando a disseminação dessas iniciativas no Brasil e contribuindo para que as cidades se preparem para novas formas de convívio social e resiliência urbana.

Foto: Arquivo do entrevistado



Embaixador da Comissão Europeia no Brasil,  
Ignacio Ybáñez Rubio



A cooperação entre a União Europeia e o Brasil sempre foi estratégica para as duas partes. Em especial, a iniciativa Diálogos Setoriais atua há mais de dez anos apoiando o intercâmbio entre instituições europeias e brasileiras, em específico o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Conte-nos um pouco dessa iniciativa e sua finalidade.

Os Diálogos Setoriais são um instrumento do Serviço de Ação Externa da União Europeia que, justamente, visa a apoiar discussões nos mais de 30 diálogos prioritários no âmbito da parceria estratégica entre o Brasil e a União Europeia (UE), com início em 2007. O tema de Soluções baseadas na Natureza (SbN) recebeu apoio deste instrumento em diferentes fases, desde 2015, o que culminou com a publicação de estudos, sendo o mais recente: “Contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades resilientes”. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), assim como o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e outras agências que

cuidam de temas correlatos, como, por exemplo, águas, sob gestão da Agência Nacional de Águas (ANA), são parceiros fundamentais na construção de uma agenda para SbN. Assim, tivemos um Diálogo Setorial muito bem-sucedido com o Brasil, sobre SbN, que foi finalizado este ano, nos dias 10 e 11 de março, em Brasília, por meio do ‘3º Seminário Internacional de Soluções baseadas na Natureza’ e da publicação de um relatório mostrando como o País poderia ser a solução para uma série de questões e fornecer inspiração para todos nós.

**Inserido em uma agenda global para a sustentabilidade, o termo de Soluções baseadas na Natureza começou a ganhar força nos últimos anos e passou a ser adotado pela União Europeia como uma das principais diretrizes para o enfrentamento das mudanças climáticas e a implementação dos Objetivos e Desenvolvimento Sustentável (ODS). Referido como uma das estratégias do recente Pacto Verde Europeu (*Europe Green Deal*), como o senhor enxerga o tema e quais as possibilidades de negócios e cooperação entre Brasil e União Europeia nessa agenda?**

Os Diálogos Setoriais são um instrumento do Serviço de Ação Externa da União Europeia que, justamente, visa a apoiar discussões nos mais de 30 diálogos prioritários no âmbito da parceria estratégica entre o Brasil e a União Europeia (UE) [...]

O *Green Deal* europeu, o Pacto Verde europeu, tem como objetivo tornar a Europa o primeiro continente neutro em termos de clima até 2050. Enquanto as SbN são mencionadas diretamente apenas no contexto de respostas à adaptação às mudanças climáticas e mares e oceanos saudáveis e resilientes, a biodiversidade é reconhecida como uma área chave para contribuir para a neutralidade climática. A nova Estratégia de Biodiversidade UE para 2030<sup>1</sup> e a Estratégia ‘Farm to Fork’ (da

<sup>1</sup> Leia mais em: < [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/eu-biodiversity-strategy-2030\\_pt](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu/eu-biodiversity-strategy-2030_pt) >.

fazenda a mesa) para um sistema alimentar justo, saudável e ecológico serão centrais nesse sentido. Essas e muitas outras iniciativas promissoras, como parte do Pacto Verde ou *Green Deal*, têm o potencial de reverter a crise da biodiversidade e incentivar o uso da SbN como uma ferramenta para isso. Sem dúvida, o Pacto terá muitas implicações para pesquisa e inovação (assim como o recente surto de Covid-19 e seus impactos de longo alcance).

Os benefícios e as oportunidades alcançáveis, usando as SbN para enfrentar os desafios globais e sociais, nunca foram tão relevantes, importantes ou urgentemente necessários como agora. Portanto, as SbN oferecem uma grande chance de inovação, com possibilidades de proporcionar benefícios duradouros e tangíveis em diferentes grupos sociais, em uma variedade de ambientes econômicos e culturais. As SbN não são apenas opções inteligentes de investimento, mas também um meio de melhorar a qualidade de vida e uma oportunidade de mudar para uma nova economia e um novo estilo de vida.

“As SbN não são apenas opções inteligentes de investimento, mas também um meio de melhorar a qualidade de vida e uma oportunidade de mudar para uma nova economia e um novo estilo de vida.”

A agenda de políticas de pesquisa e inovação em SbN da UE evoluiu rapidamente do trabalho inicial para desenvolver conceitos e definições,

por meio de trocas de experiências e estudos de caso e, agora, na consolidação de evidências sobre a relação custo-benefício. Com a transição do programa de pesquisa e inovação da UE, Horizonte 2020, para o próximo programa Horizonte Europa (2021-2027) e a necessidade de enfrentar as mudanças climáticas e a perda de biodiversidade, uma política de pesquisa e inovação voltada para o futuro na SbN está sendo desenvolvida e aberta ao diálogo internacional.

Neste sentido, o Brasil é um país crucial para qualquer cenário futuro do meio ambiente global, principalmente no que diz respeito às crises climáticas e de biodiversidade. Como um país de megabiodiversidade, o Brasil é um ator fundamental para demonstração e replicação de soluções inovadoras na América Latina e na África. Isso é particularmente importante no caso das SbN, pois elas podem ser vistas como abordagens transversais ao enfrentamento de diferentes Objetivos do Desenvolvimento Sustentável ao mesmo tempo.

Atualmente, a UE tem uma vantagem genuína no crescimento da economia do conhecimento em torno das SbN e continuará o investimento, aprimoramento e a cooperação. A pesquisa de SbN no Horizonte Europa poderia se beneficiar do desenvolvimento de abordagens do tipo troca de conhecimento e tipo ‘acelerador de impacto’ envolvendo o setor privado. Isso implicaria o uso de novos métodos de coprodução, reunindo especialistas e usuários de pesquisa com as partes interessadas e os intermediários do conhecimento. Por exemplo, a cooperação internacional no envolvimento de Pequenas e Médias Empresas (PME) em SbN poderia ser viabilizada por meio

do uso direcionado de intercâmbios, facilitado por estruturas de projetos e mecanismos de financiamento mais flexíveis.

Se mal compreendido, o tema de soluções baseadas na natureza pode passar como mais uma expressão em um vasto universo de iniciativas ambientais. No entanto, a experiência de países europeus na infraestrutura e na geração de novos empregos demonstra que essas soluções podem apoiar a transição para cidades sustentáveis. Como os setores de ciência, tecnologia e inovação vêm se apropriando do tema na União Europeia?

Há um reconhecimento crescente das oportunidades de implementação de SbN viáveis, que implantam propriedades e serviços dos ecossistemas naturais para fornecer alternativas sustentáveis, econômicas, de múltiplos propósitos e flexíveis para enfrentar os desafios da sociedade. As SbN estão agora incorporadas nas políticas europeias, globais e nacionais. No entanto, sua

“ Há um reconhecimento crescente das oportunidades de implementação de SbN viáveis, que implantam propriedades e serviços dos ecossistemas naturais para fornecer alternativas sustentáveis, econômicas, de múltiplos propósitos e flexíveis para enfrentar os desafios da sociedade.

aplicação prática ainda não pode ser classificada como “de rotina”. Portanto, as SbN oferecem uma importante oportunidade para inovação, pesquisa, desenvolvimento de negócios e comércio.

Uma indicação útil da extensão da comunidade envolvida na pesquisa e inovação em SbN é dada pelo número de participantes envolvidos nas propostas, bem como nos projetos financiados. Os convites à apresentação de propostas do Horizonte 2020 para SbN foram excedidos. No total, para 11 áreas de chamada relacionadas à SbN, foram financiados 28 projetos, mas foram recebidas quase 300 propostas. Todos os projetos financiados pela UE em SbN trabalham juntos em forças-tarefa para alcançar uma maior massa crítica de conhecimento e facilitar o progresso em direção a objetivos estratégicos compartilhados. Para acompanhar essas ações, a Comissão Europeia investiu estrategicamente em uma variedade de plataformas, bancos de dados e redes, com os objetivos de entender os benefícios das SbN e de promover o intercâmbio de conhecimentos, de modo a estimular o aumento da implementação e eficácia das SbN.

Como as universidades e os centros de pesquisa brasileiros podem se engajar em projetos de soluções baseadas na natureza, atuando para a geração de evidências que apoiem a disseminação dessas iniciativas no Brasil?

O tema de SbN assim como outros temas de colaboração científica com o Brasil e com países de todo mundo são desenvolvidos atualmente por meio do mencionado programa Horizonte 2020. Este tema também será amplamente abordado no próximo programa, Horizonte Europa, com

início em 2021, que possui cinco grandes missões e nas quais 'soluções baseadas na natureza' terá um papel transversal e fundamental, inclusive para o *Green Deal* e para a recuperação econômica pós-pandemia do Covid-19. Assim, não somente os centros de pesquisa, mas também qualquer entidade jurídica pública ou privada brasileira, podem participar dos programas de Pesquisa e Inovação (P&I) da UE referidos, por meio de chamadas lançadas para o desenvolvimento de projetos em várias áreas científicas. Os programas são multidisciplinares e estão abertos à participação de instituições públicas e privadas de todo o mundo que, juntas, conseguem prover respostas para que nossas sociedades enfrentem, de maneira mais eficaz, aos grandes desafios globais.

**Diante da crise que vivemos em função da pandemia do novo coronavírus, pesquisas apontam que elementos como a perda da biodiversidade e degradação de habitats naturais, condições sanitárias extremas em assentamentos humanos e a aglomeração urbana contribuiriam, em parte, para o agravamento da situação. Em um cenário tão grave, como as soluções baseadas na natureza poderiam contribuir para que as cidades se preparem para novas formas de convívio social e resiliência urbana?**

Em primeiro lugar, deve-se enfatizar que as SbN nas cidades devem ser acopladas à proteção e restauração de ecossistemas fora das áreas urbanas, se quisermos enfrentar efetivamente as crises climáticas e de biodiversidade e, de fato, evitar futuros surtos de epidemias. Isso é particularmente importante no Brasil, já que surtos passados de zika e febre amarela poderiam ter ligações com diferentes formas de degradação ambiental.

Em segundo lugar, gostaria de destacar uma área específica de preocupação relacionada às habilidades das SbN e ao desemprego jovem, agravada pelos recentes choques econômicos relacionados ao Covid-19. A falta de oportunidades para os jovens já era um problema sistêmico e uma ameaça significativa à coesão na Europa antes da pandemia, com muitos jovens desempregados ou subempregados. Nos próximos anos, todos os setores da sociedade precisarão fazer muito mais para criar uma ampla gama de chances de desenvolvimento de habilidades e progresso profissional. Fazer isso exigirá paciência e tempo devido aos impactos inevitáveis na educação e no desenvolvimento pessoal associados a uma perturbação tão grande e a seus efeitos adversos na saúde mental e no bem-estar. É necessária uma consideração cuidadosa na concepção, estrutura e no desenvolvimento de programas que possam trazer perspectivas dos jovens para os desafios globais do desenvolvimento sustentável.

“É necessária uma consideração cuidadosa na concepção, estrutura e no desenvolvimento de programas que possam trazer perspectivas dos jovens para os desafios globais do desenvolvimento sustentável.”

Em terceiro lugar, sobre as maneiras concretas pelas quais as SbN contribuem para o desenvolvimento urbano pós-Covid-19, embora ainda não haja resultados de pesquisas neste âmbito, ficou

claro, nos últimos meses, que o confinamento e o distanciamento social provocaram reflexões sobre estilos de vida novos e mais sustentáveis, mais conectados com a natureza. Sabe-se que, em cidades densamente povoadas e construídas, o vírus se espalha mais facilmente. Quando não é possível construir ou redesenhar cidades em habitats menos densos, as SbN poderiam aumentar as áreas verdes e sua fruição por parte dos cidadãos, permitindo um acesso de qualidade à natureza, dentro dos limites de segurança, ao enfrentar requisitos de distanciamento social. Há um reconhecimento crescente de que a proximidade e o acesso a áreas verdes são fatores importantes para a saúde mental, o desenvolvimento cognitivo infantil e para evitar uma série de problemas de saúde relacionados à poluição do ar. Além disso, as mudanças sociais e territoriais trazidas pelos novos métodos de trabalho (teletrabalho, automação, digitalização) também oferecem oportunidades para uma maneira diferente de projetar e construir cidades, com mais espaço para as SbN.

“ [...] as mudanças sociais e territoriais trazidas pelos novos métodos de trabalho (teletrabalho, automação, digitalização) também oferecem oportunidades para uma maneira diferente de projetar e construir cidades, com mais espaço para as SbN. ”

**Após o impacto decorrente do período de isolamento social, como o senhor enxerga o papel da União Europeia, em parceria com o Brasil, na construção de caminhos para aquilo que alguns já chamam de “nova normalidade”? Como apoiar as economias em seus movimentos no sentido de se reinventar, priorizando geração de bem-estar social?**

A Comissão Europeia estabeleceu um plano arrojado e abrangente para a sua recuperação. Este plano baseia-se em solidariedade e justiça e está profundamente enraizado nos princípios e valores compartilhados pela União Europeia. O plano define como estimular a economia e impulsionar suas transições verde e digital e torná-la mais justa, mais resiliente e mais sustentável para as gerações futuras.

A pandemia do Covid-19 atingiu todos os cantos da União Europeia e do mundo. No entanto, os impactos econômicos e sociais da pandemia diferem consideravelmente entre os estados-membros, assim como em outros países do mundo, nas suas capacidades de absorver o choque e reagir a ele.

A chamada *Green Deal* do programa Horizonte 2020 mobilizará pesquisa e inovação para promover uma transição social justa e sustentável, com o objetivo de “deixar ninguém para trás”. Espera-se que os projetos ofereçam resultados tangíveis e visíveis, com relativa rapidez, e mostrem como a pesquisa e a inovação podem fornecer soluções concretas para as principais prioridades do *Green Deal*. Assim, áreas temáticas refletem os oito principais eixos do *Green Deal* e têm como alvo inovações tecnológicas e sociais

de alto impacto que podem ajudar a avançar a transição sustentável de maneira relativamente rápida. Três áreas horizontais: fortalecimento do conhecimento; empoderamento dos cidadãos; e cooperação internacional permeiam as oito áreas temáticas e oferecem uma perspectiva de longo prazo para alcançar as transformações almejadas.

Portanto, a colaboração com outros países na chamada *Green Deal* do programa Horizonte 2020 é muito bem-vinda para avançarmos como sociedades, mas principalmente onde acreditamos que o Brasil tem grande destaque pela excelência na área de pesquisa, inclusive com grande potencial nos temas correlatos à Soluções baseadas na Natureza.

Gostaria finalmente de salientar também o Acordo de Associação Mercosul - União Europeia, um instrumento estratégico para continuar aprofundando o desenvolvimento de relações econômicas e comerciais mais sustentáveis entre os dois blocos, que permitirão uma retomada



**O Acordo [de Associação Mercosul – União Europeia] se baseia no pressuposto de que o comércio não deve ser realizado em detrimento do ambiente ou das condições de trabalho; pelo contrário, ele deve promover o desenvolvimento sustentável.**



econômica resiliente e duradoura. O Acordo se baseia no pressuposto de que o comércio não deve ser realizado em detrimento do ambiente ou das condições de trabalho; pelo contrário, ele deve promover o desenvolvimento sustentável. Neste contexto, as duas partes acordam em prosseguir a sua relação comercial de modo a contribuir para o desenvolvimento sustentável e a desenvolver os seus compromissos multilaterais nos domínios do trabalho e do ambiente.





## SEÇÃO 2

# SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS

---

Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis – projeto CITInova

A inovação a serviço da sustentabilidade: a experiência do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

Iniciativas pilotos para sustentabilidade em Brasília: recuperação de nascentes, áreas de recarga e demais áreas de preservação permanente, degradadas ou alteradas

Soluções baseadas na Natureza: uma revisão sobre o conceito

Aprendiendo de la roca natural: pavimentos urbanos sostenibles

Cooperation in research and innovation programming with Brazil: topics, success stories and future opportunities

Soluções baseadas na Natureza para um novo paradigma no tratamento de esgoto em áreas urbanizadas

Soluções integradas para as crises hídrica e energética no Brasil

A natureza rítmica da água e a tecnologia Flowform

Cocriação de soluções baseadas na natureza envolvendo comunidades e as oportunidades de diálogo Europa-Brasil

Desenhando cidades com Soluções baseadas na Natureza



# Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis – projeto CITInova

Marcela C. R. Aboim Raposo<sup>1</sup>, Suiá Kafure da Rocha<sup>2</sup>, Alexandra Reschke<sup>3</sup>, Daniela G. Mattar<sup>4</sup>, Angelica Griesinger<sup>5</sup>, Camile Vieira Martins<sup>6</sup>, Selma Virgínia Gonzaga da Silva<sup>7</sup>, Savio Túlio Oseleri Raeder<sup>8</sup>

## Resumo

Em face do contexto de urbanização acelerada, da mudança do clima e da crescente necessidade da transição para o desenvolvimento sustentável, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), entre outras iniciativas, coordena o CITInova – Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis, projeto multilateral elaborado e implementado em parceria com outras instituições. O objetivo do projeto é a promoção

## Abstract

*In the context of accelerated urbanization, climate change and the growing need for the transition to sustainable development the Ministry of Science, Technology and Innovations (MCTI), among other initiatives, coordinates the CITInova project. The project was elaborated and it is being implemented in partnership with other institutions. The objective is the promotion of sustainability in Brazilian cities through investment in integrated urban planning*

- 1 Doutora em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Diretora Nacional do projeto CITInova e tecnóloga do MCTI.
- 2 Mestre em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável pela Universidad Internacional de Andalucía (UNIA). Coordenadora nacional do projeto CITInova e especialista em Políticas Públicas e Gestão Governamental em exercício no MCTI.
- 3 Mestre em Práticas Sociais Reflexivas pela London Metropolitan University (LMU). Arquiteta urbanista; e coordenadora técnica do projeto CITInova.
- 4 Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e mestre em Construção Civil pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Tecnóloga do MCTI.
- 5 MBA em Elaboração, Análise e Avaliação de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas. Gerente do projeto CITInova.
- 6 Master em Arquitetura, Construção e Cidade pelo Politecnico di Torino (Polito). Assistente de projeto do CITInova.
- 7 Mestre em Planejamento e Gestão Ambiental pela Universidade Católica de Brasília (UCB). Historiadora; consultora ambiental; e consultora técnica do CITInova.
- 8 Doutor em Geografia pela UFRJ. Diretor de Ciências da Natureza da Secretaria de Pesquisa e Formação Científica (Sepef) do MCTI desde 2015.

de sustentabilidade nas cidades brasileiras por meio de investimento em planejamento urbano integrado e tecnologias sustentáveis. Para tanto, o CITInova apresenta como principais entregas: Plataformas para Cidades Sustentáveis, com ferramentas de planejamento integrado, e a implementação de projetos-piloto em Brasília e no Recife. Esses produtos contribuem para a pesquisa, aplicação e divulgação de Soluções baseadas na Natureza (SbN) como possíveis respostas para os desafios urbanos de segurança hídrica, preservação ambiental e recuperação de áreas degradadas.

**Palavras-chave:** Cidades sustentáveis. Planejamento urbano integrado. Soluções baseadas na Natureza. Tecnologias inovadoras.

*and sustainable technologies. To this end, the main deliveries of CITInova are Platforms for Sustainable Cities with integrated planning tools and the implementation of pilot projects in Brasilia and Recife. These products contribute to the research, application and dissemination of Nature-Based Solutions (NBS) as potential responses to the urban challenges of water safety, environmental preservation and recovery of degraded areas.*

**Keywords:** Sustainable cities. Integrated urban planning. Nature based solutions. Innovative Technologies.

## 1. Introdução

O incentivo, o financiamento e a divulgação de conhecimento científico e tecnológico aceleram o desenvolvimento de soluções inovadoras e são fundamentais para o processo de transformação de cidades direcionadas à sustentabilidade. A atual conjuntura de pandemia global acelera as transformações urbanas e confere ainda mais centralidade para a ciência e a tecnologia na construção de soluções que promovam a redução das desigualdades e a valorização da vida dos cidadãos e cidadãs. Produzir conhecimento de ponta e riquezas para o Brasil e contribuir para a qualidade de vida dos brasileiros são missões do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)<sup>9</sup>.

A acelerada urbanização e a mudança do clima geram desafios cada vez maiores para as cidades e, nesse contexto, os governos, as empresas e a academia devem pensar, juntos, soluções inovadoras e ágeis. De acordo com o *Cities and Climate Change Initiative Launch and Conference*

9 O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) foi criado em 15 de março de 1985, por meio do Decreto 91.146. Em 14 de dezembro de 2011, a Lei n.º 12.545, alterou o nome da pasta para Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Em maio de 2016, por meio da Lei n.º 13.341, o nome do MCTI foi alterado para Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). A Medida Provisória n.º 980, de 10 de junho de 2020 (BRASIL, 2020), criou o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; e, novamente, o Ministério das Comunicações. Portanto, a partir dessa data, o então MCTIC voltou a adotar a sigla MCTI.

*Report*, as cidades são responsáveis, na atualidade, por 75% do consumo de energia e 75% das emissões de carbono (UN-HABITAT, 2009).

Os dados são alarmantes também quanto ao crescimento das cidades: “Em 2018, cerca de 55,3% da população mundial vivia em aglomerados urbanos. Até 2030, as áreas urbanas devem abrigar 60% das pessoas em todo o mundo e uma em cada três pessoas viverá em cidades com pelo menos meio milhão de habitantes...” (UN, 2018).

Torna-se evidente, assim, a necessidade de políticas de planejamento urbano que busquem o equilíbrio entre desenvolvimento socioespacial e econômico e a conservação dos ambientes naturais, ou seja, que resultem em sustentabilidade para as cidades. E, para garantir e promover nas cidades brasileiras políticas de desenvolvimento econômico, social e ambiental, com base em evidências científicas, o MCTI realiza, entre outros, o projeto CITInova - Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis. Esta iniciativa multilateral atua frente às novas tecnologias e inovações que auxiliam no enfrentamento dos desafios de sustentabilidade e resiliência climática para as áreas urbanas.

Dessa forma, este artigo tem como objetivo apresentar algumas iniciativas do MCTI na temática de sustentabilidade urbana e, em especial, o projeto CITInova, em plena execução, e sua relação com as Soluções baseadas na Natureza (SbN).

## 2. O MCTI e a temática cidades sustentáveis

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações conta com unidades de pesquisa, entidades vinculadas e organizações sociais com a incumbência de garantir e promover o avanço da ciência, tecnologia e inovação, visando ao desenvolvimento sustentável (MCTI, 2020). Exercendo o papel de coordenador do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, o MCTI atua de forma articulada com outros ministérios, no sentido de promover o melhor conhecimento científico que contribua para a formulação e implementação de políticas baseadas em evidências. Em relação à temática de cidades sustentáveis, esta articulação é buscada com maior intensidade com o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), responsável pela Política Nacional de Desenvolvimento Urbano.

A temática de cidades sustentáveis tem sido pautada pela Agenda 2030, capitaneada pela Organização das Nações Unidas, em especial no âmbito dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015b). Trata-se de uma agenda de relevância global que une governo

e sociedade em favor da construção de uma sociedade comprometida com os limites planetários e com a mitigação do empobrecimento dos cidadãos e cidadãs. Cabe destacar a abordagem integradora dos 17 ODS, sendo possível identificar conexões com as cidades em cada um deles. Considerando a relevância dessa temática, a Agenda 2030 dedicou um Objetivo (11) específico para ela: “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”.

Em 2012, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) lançou o Programa de Tecnologias para Cidades Sustentáveis, com dotação orçamentária própria e dedicada ao fomento de tecnologias inovadoras nas áreas de construções sustentáveis, mobilidade e transporte coletivo, saneamento ambiental e sistemas sustentáveis de energia. Esse programa, até 2016, mobilizou, por meio de encomendas, editais e subvenção econômica, recursos de R\$ 60 milhões<sup>10</sup> para projetos de pesquisa aplicada (IBAM, 2016).

Nos últimos anos, o MCTI, por meio da atual Secretaria de Pesquisa e Formação Científica (Sepf)<sup>11</sup>, continuou apoiando diversas iniciativas relacionadas à temática de cidades sustentáveis, como o projeto *Laboratório Urbano Vivo – Soluções Construtivas Inteligentes*, coordenado pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (Coppe) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Com o objetivo geral de implementação de um laboratório urbano vivo para o desenho, a prototipação e implementação de soluções construtivas inteligentes, esse projeto deverá ser inaugurado no segundo semestre de 2020 e servirá como um ambiente de articulação entre a academia, o governo, a sociedade civil e o setor empresarial. Outros projetos relevantes na temática são o *CITinova - Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis* e os *Diálogos Setoriais para Soluções baseadas na Natureza*, (HERZOG et al., 2020), ambos mais bem detalhados nos itens subsequentes.

### 3. CITinova - Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis

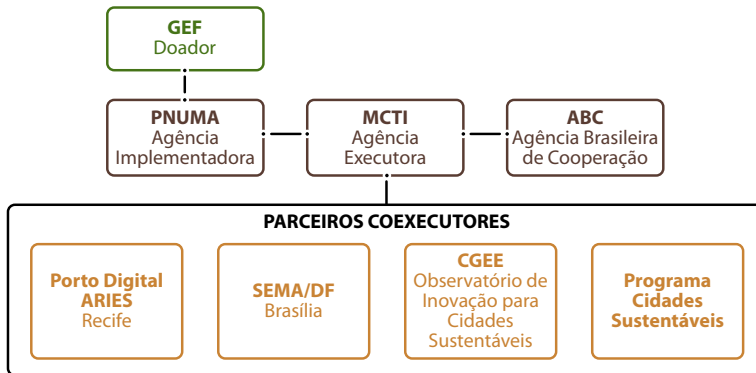
O contexto de urbanização acelerada, de mudança do clima e de crescente necessidade da transição para o desenvolvimento sustentável levaram o MCTI a explorar desafios que pudessem contribuir para a melhoria da qualidade de vida e do bem-estar dos brasileiros. Mediante articulações e parcerias que promovessem a transição das cidades para urbanização sustentável, foi iniciada, em 2016, a concepção do projeto *Promoção de Cidades Sustentáveis por meio de*

<sup>10</sup> Valores não corrigidos para a data atual.

<sup>11</sup> Denominada, até 2018, Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (Seped).

*Planejamento Urbano Integrado e Investimentos em Tecnologias.* Em 2018, o projeto começou a ser executado e passou a ser chamado de *CITInova - Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis.*

Com prazo de quatro anos para a sua execução, o CITInova é um projeto multilateral, financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente - da sigla em Inglês, *Global Environment Facility* (GEF) - e implementado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma). A Coordenação Geral do Clima e Sustentabilidade (CGCL), da Sepef do MCTI, é responsável por sua realização e a execução se dá em parceria com a Agência Recife para Inovação e Estratégia (Aries); o Porto Digital; o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE); o Programa Cidades Sustentáveis (PCS) e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal (Sema/DF).



**Figura 1.** Organograma simplificado dos parceiros CITInova

Fonte: CITInova.

O GEF<sup>12</sup> conta com vários parceiros e é um dos maiores financiadores de projetos conjuntos de governos e organizações que buscam mitigar problemas ambientais e promover desenvolvimento sustentável no mundo. Esse fundo global financia projetos em ciclos de quatro anos e já apoiou mais de 4500 iniciativas, em 170 países, por meio de programas estruturados, com foco em mudanças climáticas, água, resíduos, uso do solo e biodiversidade, entre outros.

O sexto ciclo do GEF criou um tema para cidades de países em desenvolvimento, com o objetivo de modelar e fortalecer uma abordagem sistêmica e integrada no planejamento do espaço urbano. Contempla 28 cidades e 11 países em desenvolvimento, entre eles o Brasil, com o projeto CITInova

12 Mais informações sobre o GEF podem ser acessadas em: [www.thegef.org](http://www.thegef.org).



- Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis. O CITInova conta com recursos de 25 milhões de dólares do GEF e contrapartida de 195 milhões de dólares das instituições envolvidas.

Ao apoiar as cidades na implementação da Nova Agenda Urbana (ONU, 2019) e da Agenda 2030 (ONU, 2015a) em nível local, o projeto CITInova busca cumprir um papel fundamental para a municipalização dos ODS (ONU, 2015b). Para tanto, o projeto desenvolve, compartilha e divulga conteúdos, metodologias, soluções tecnológicas inovadoras e ferramentas de planejamento urbano integrado para a promoção de gestão pública inclusiva, participativa e sustentável e é estruturado em três frentes de ação: Plataformas para Cidades Sustentáveis; Planejamento Urbano Integrado; e Investimento em Tecnologias Inovadoras. Estes dois últimos componentes são implementados nos pilotos de Brasília e do Recife, conforme ilustra a Figura 2:

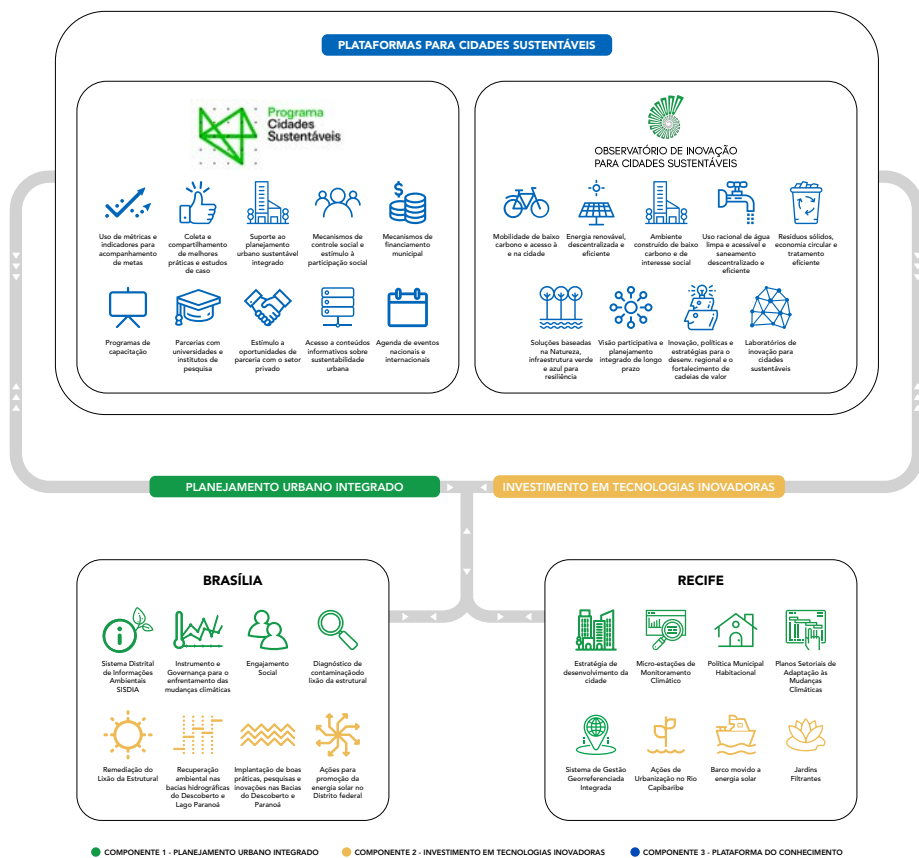


Figura 2. Infográfico das principais entregas do CITInova e como elas se relacionam tecnicamente  
Fonte: CITInova.

### 3.1. Plataformas para Cidades Sustentáveis

No âmbito do projeto CITInova, estão sendo desenvolvidos ou aperfeiçoados quatro espaços virtuais para apoio e promoção de gestão pública integrada e sustentável, dois deles de alcance nacional e outros dois com abrangência local.

#### 3.1.1. Plataforma do Programa Cidades Sustentáveis<sup>13</sup>

Com novas funcionalidades, visual reformulado e tecnologias mais avançadas em termos de sistema, a plataforma do Programa Cidades Sustentáveis (PCS) tem como principal objetivo apoiar o planejamento local dos municípios. Para isso, disponibiliza conteúdos técnicos e teóricos, banco de boas práticas nacionais e internacionais, ferramentas de auxílio à gestão pública e indicadores relacionados às diversas áreas da administração municipal.

A plataforma também oferece notícias e outros conteúdos relevantes sobre sustentabilidade urbana e políticas públicas para o público geral, mapas interativos para localização de boas práticas em políticas públicas, filtros de busca de boas práticas e indicadores por ODS, painéis para acompanhamento de metas e indicadores municipais, comparativo entre indicadores de cidades diferentes, entre outros recursos e aprimoramentos.

#### 3.1.2. Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis<sup>14</sup>

Executado pelo parceiro CGEE, atua como uma plataforma virtual de mapeamento e divulgação de soluções urbanas inovadoras, contextualizadas ao território nacional. Organizadas de acordo com desafios urbanos específicos, as tipologias de cidades-regiões são uma caracterização do território, utilizando dados geobiofísicos e indicadores alinhados aos ODS. Por sua vez, o levantamento de soluções envolve análises de *big data*, processos de cocriação e consulta a especialistas.

A proposta do OICS é articular gestores públicos, sociedade civil, empresas e academia em prol da agenda urbana, cocriando alternativas para a transição das cidades rumo à sustentabilidade. A construção desse espaço virtual também é realizada de maneira colaborativa, com engajamento e participação de especialistas em sustentabilidade urbana de vários setores e instituições.

---

13 Mais informações sobre a plataforma do PCS podem ser acessadas em: [www.cidadessustentaveis.org.br](http://www.cidadessustentaveis.org.br).

14 Mais informações sobre a plataforma do OICS podem ser acessadas em: [oics.cgее.org.br/](http://oics.cgее.org.br/)

### 3.1.3. Abrangência local

Outros dois sistemas de informação estão em fase de construção: o Sistema Distrital de Informações Ambientais (Sisdia), uma importante ferramenta para a gestão ambiental territorial integrada do Governo do Distrito Federal, e o Sistema de Gestão Georreferenciada Integrada, uma ferramenta de gestão, planejamento e execução de operações urbanas, com visão ampla das ações em andamento e planejadas na cidade do Recife.

## 3.2. Planejamento Urbano Integrado

Nesta frente de ação, o CITInova tem o desafio de produzir conhecimento e ferramentas colaborativas para aprimorar a coleta, a organização e o monitoramento de dados sobre meio ambiente nas secretarias e em outros órgãos da administração pública. No âmbito do Distrito Federal (DF), os pilotos são executados pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente (Sema/DF) e, na capital pernambucana, pela Aries/Porto Digital.

### 3.2.1. Projetos-pilotos em Brasília

**Sistema Distrital de Informações Ambientais (Sisdia)** - Formulação e implementação da inteligência do Sisdia, que consiste na organização de um sistema robusto de armazenamento de dados sobre o meio ambiente do Distrito Federal, para gestores públicos e empreendedores. Disponível via internet, é uma importante ferramenta para a gestão ambiental territorial integrada.

**Governança Climática** - Estudos para identificar o impacto das mudanças climáticas na Região Integrada de Desenvolvimento Econômico (Ride), composta pelo DF e 33 municípios de Goiás e Minas Gerais; e permitir o inventário de emissões e estratégias, elaboradas e em implementação, para mitigação e adaptação às mudanças do clima.

**Engajamento social** - Ações de sustentabilidade em escolas; fortalecimento das ações de meio ambiente nas administrações regionais de Brasília; ações de sensibilização e engajamento da população em um pacto pela sustentabilidade nas bacias do Descoberto e Paranoá.

**Diagnóstico de contaminação do lixão da Estrutural** - Identificação e análise dos atuais níveis de contaminação e definição de indicativos conceituais dos parâmetros e critérios a serem utilizados para a remediação ambiental do solo, da água superficial e subterrânea, do ar e dos resíduos sólidos.

### 3.2.2. Projetos-pilotos em Recife

**Estratégia de desenvolvimento da cidade** - Duas revisões, uma a cada dois anos, do Plano Recife 500 Anos.

**Microestações de monitoramento climático** - Implantação de três unidades de baixo custo para monitorar clima, partículas suspensas e qualidade da água e do ar.

**Política municipal habitacional** - Diretrizes para a política municipal habitacional com foco em gênero.

**Planos setoriais de adaptação às mudanças climáticas** - Aprofundamento do plano de adaptação da cidade nas áreas de urbanização, habitação e mobilidade.

**Sistema de gestão georreferenciada integrada** - Desenvolvido e testado em três secretarias municipais, a partir da criação de *software* de gestão do território, com interface pública e privada. Será uma ferramenta de gestão, planejamento e execução de operações urbanas, com visão ampla das ações planejadas e em andamento na cidade.

## 3.3. Investimentos em Tecnologias Inovadoras

Esta terceira frente de ação do CITInova tem como objetivo enfrentar desafios históricos da população e da gestão pública em relação a água, resíduos, energia, mudanças climáticas e mobilidade. Implementados no Recife (Aries/Porto Digital) e em Brasília (Sema/DF), os projetos-pilotos servirão como modelo para políticas públicas locais e nacionais. As lições aprendidas serão sistematizadas nas plataformas do PCS e OICS.

### 3.3.1. Projetos-pilotos em Brasília

**Remediação do lixão da Estrutural** - Implantação de experiências pilotos, com técnicas inovadoras como fitorremediação, para teste de absorção de poluentes em um hectare do lixão, entre outras.

**Recuperação ambiental nas bacias hidrográficas do Descoberto e do Lago Paranoá** - Restauração de 80 hectares em áreas de nascentes nas regiões prioritárias do Descoberto e da Serrinha do Paranoá.

**Implantação de boas práticas, pesquisas e inovações nas bacias do Descoberto e Paranoá -** Sistemas Agroflorestais (SAF) mecanizados em 20 hectares: além de gerar renda para pequenos agricultores locais, a implementação agroflorestal protege o solo e os mananciais das bacias. Aplicação de índices de sustentabilidade nas duas bacias hidrográficas, com modelo computacional e cenários futuros. Implantação de pesquisas sobre água estruturada aplicada à irrigação em duas áreas-piloto.

**Ações para promoção da energia solar no DF -** Realização de estudos para consolidação de políticas de promoção de energia solar no DF; e implantação de sistemas fotovoltaicos em prédios públicos, com ações educativas.

### 3.3.2. Projetos-pilotos em Recife

**Ações de urbanização no Rio Capibaribe -** Dois trechos às margens do Rio Capibaribe serão beneficiados com urbanização, tendo como base os conceitos do Projeto Parque Capibaribe.

**Barco movido a energia solar -** Construção de barco solar que irá fazer a travessia entre duas margens do Rio Capibaribe e desenvolvimento de modelo de negócios para operação do barco.

**Jardim filtrante -** Tratamento de 10% da vazão do Canal do Cavouco.

## 4. CITInova e Soluções baseadas na Natureza

Muitas cidades ainda não colocam o cuidado com o meio ambiente como um fator vital de desenvolvimento. Sendo assim, o projeto CITInova busca ações que contemplem novas tendências para dar suporte às cidades brasileiras no enfrentamento do atual cenário de urbanização insustentável, mudanças climáticas aceleradas, perda de biodiversidade e uso desenfreado de recursos naturais. Entre suas muitas frentes de pesquisa e investigação, o projeto tem como um dos seus desafios a aplicação de Soluções baseadas na Natureza (SbN).

O Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS, 2020) vem disseminando e construindo conhecimento sobre as SbN e sua relação com a água e outros desafios urbanos, para subsidiar a tomada de decisão em prol de cidades mais resilientes e sustentáveis (FRAGA *et al.*, 2020). Nos pilotos de Recife e Brasília, diversas ações utilizam SbN em prol do aumento da infraestrutura verde nessas regiões.

Na capital pernambucana, um jardim filtrante fará o tratamento de 10% da vazão do Canal do Cavouco, no Parque do Caiara. Um dos principais da zona oeste da cidade, esse canal tem nascente dentro do campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e corta vários bairros, desaguando no Rio Capibaribe, no bairro do Cordeiro.

Esse é um projeto demonstrativo que propõe a despoluição dessa água por um processo fundamentado em SbN, ou seja, a fitorremediação. Esta técnica ocorre por meio de tanques com diferentes configurações, escavados no solo, impermeabilizados e preenchidos com substratos específicos. Na superfície dos substratos, são plantadas espécies vegetais que promovem o tratamento em uma zona de raízes. Trata-se de um sistema natural, sem aplicação de agente químico artificial ou microrganismo exógeno. Uma vez construídos os tanques e plantadas as espécies vegetais, os microrganismos responsáveis pelo tratamento se proliferam naturalmente na zona de raízes, requerendo manutenção periódica de baixo custo.

As plantas são selecionadas com base na poluição e nos volumes a serem tratados e cada jardim filtrante é uma criação paisagística única, projetada como um parque ou jardim público, com o objetivo de promover a biodiversidade.



**Foto 1.** Destaque para as áreas de intervenção das ações dos projetos-piloto no Recife

Fonte: Imagem retirada do Google Maps, em 08 de junho de 2020, às 22 horas.



Nesta mesma área onde deságua o canal do Cavouco, o projeto CITInova realizará o investimento em dois outros projetos-piloto: em um trecho de urbanização, seguindo as diretrizes do Parque Capibaribe; e em uma das estações do barco solar que realizará a travessia entre os bairros do Cordeiro e Poço da Panela. Optou-se por concentrar todos os pilotos em um território único, visando ao maior alcance do resultado dos projetos.<sup>15</sup>

Por sua vez, no Distrito Federal, a Sema/DF, em parceria com o CITInova, também está implementando iniciativas de SbN para estimular e apoiar a conservação, recuperação ambiental e o uso sustentável no bioma Cerrado (SOARES *et al.*, 2020). Nesse sentido, vem sendo realizado o plantio de 20 hectares de Sistemas Agroflorestais (SAF) mecanizados nas bacias do Paranoá e do Descoberto, responsáveis por aproximadamente 70% do abastecimento hídrico urbano de Brasília. A iniciativa inclui capacitação, por meio de oficinas teóricas e práticas, para 80 agricultores familiares.



**Foto 2.** Enxada rotativa com subsolador sendo testada.

**Fonte:** Acervo SEMA/Projeto CITInova.

Como a agrofloresta demanda bastante trabalho manual, estão sendo desenvolvidos pelo projeto três equipamentos mecanizados inovadores para acelerar e facilitar o plantio e sua manutenção:

<sup>15</sup> Informações repassadas pela Aries por meio do Contrato n.º 28/2020 firmado entre Porto Digital e Phytoystore.



uma enxada rotativa com subsolador para preparar grandes extensões de canteiros, permitindo o plantio a uma profundidade de até 80 cm; uma ceifadeira-enleiradeira, que corta o capim e o deposita na linha de plantio, para servir de matéria orgânica e cobertura para o solo; e um podador de altura, para facilitar a poda das árvores altas, dispensando o uso de escadas.

Outra iniciativa em andamento é a restauração de 80 hectares em áreas de nascentes, preservação permanente e recargas de aquíferos, nas bacias do Descoberto e Paranoá, visando à manutenção e recuperação de seus aquíferos. Diferentes métodos estão sendo usados para a recomposição: plantio de mudas, plantio direto de sementes, condução da regeneração natural, enriquecimento em áreas alteradas e plantios agroflorestais que aliam a produção agrícola sustentável com a conservação do solo e garantem a provisão de serviços ecossistêmicos.

O lixão da Estrutural, desativado em 2018 e considerado o maior lixão a céu aberto da América Latina, será impactado pelo projeto por meio da elaboração de diagnóstico de contaminação e proposta de remediação. O acúmulo de resíduos no período em que a área esteve em operação gerou poluição sobre os corpos hídricos que convergem para o Lago Paranoá. Entre as técnicas implementadas estão a fitorremediação, com plantio de espécies nativas e exóticas em um hectare do lixão, para avaliar a absorção de poluentes e o enclausuramento do chorume, de modo a evitar que continue se espalhando. Os dados gerados servirão também para a elaboração do Projeto de Recuperação da Área Degradada (Prad), de responsabilidade do Instituto Brasília Ambiental (Ibram).

## 5. Diálogos setoriais em Soluções baseadas na Natureza para transição para cidades sustentáveis

O MCTI participa de uma importante cooperação técnica entre a União Europeia (UE) e o Brasil, realizada por meio dos Diálogos Setoriais, uma iniciativa apoiada pela Comissão Europeia, o Ministério da Economia e o Ministério das Relações Exteriores. Desde 2008, essa parceria já promoveu diversos estudos, missões técnicas e eventos internacionais que vêm contribuindo para a consolidação da componente de tecnologia e inovação na agenda ambiental global e em políticas públicas alinhadas com as descobertas mais recentes baseadas em evidências.

Os Diálogos Setoriais União Europeia – Brasil com o MCTI sobre Soluções baseadas na Natureza (SbN) ganham cada vez mais importância na temática de sustentabilidade urbana. No cenário internacional, a Comissão Europeia (CE) considera SbN projetos de “soluções vivas inspiradas, continuamente apoiadas e usando a natureza, projetadas para enfrentar vários desafios sociais

de maneira eficiente e adaptável em termos de recursos e para fornecer simultaneamente benefícios econômicos, sociais e ambientais” (EUROPEAN COMMISSION, 2015).

O primeiro de uma série de diálogos setoriais UE-Brasil sobre SbN foi realizado em 2016. Esse diálogo centrou-se na conceitualização das funções sociais e de governança associadas às SbN, com uma análise comparativa das estruturas de governança na UE e no Brasil. Foi possível, assim, preparar o caminho para mais intercâmbios que envolveram cidades na UE e no Brasil, no sentido de alargar os conhecimentos e as boas práticas relacionadas com as SbN (HERZOG *et al.*, 2020).



Figura 3. Produtos dos Diálogos Setoriais para o tema Soluções baseadas na Natureza e a relação com o CITInova.

Fonte: CITInova.

Atualmente, o MCTI está fechando o terceiro diálogo, com foco no mapeamento de tecnologias europeias e brasileiras. No âmbito desse diálogo, em março de 2020, foi realizado o 3º Seminário Internacional sobre Soluções baseadas na Natureza (CGEE, 2020), com ênfase no mapeamento do tratamento de águas residuais. O evento envolveu atores-chaves como o Pnuma, a Agência Nacional de Águas (ANA), os ministérios do Desenvolvimento Regional, da Economia e das Relações Exteriores e foi realizado em parceria com o CGEE e o projeto CITInova (CGEE, 2020).

Destaca-se que os resultados obtidos até o momento com a temática SbN representam um avanço importante na criação de sinergias entre os diferentes atores envolvidos nos projetos UE-Brasil. Também servem ao fornecimento de insumos e à expansão e consolidação de diversas parcerias relacionadas à pesquisa e inovação. Um exemplo já mencionado é o Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS) (OICS, 2020), criado no âmbito do projeto CITInova, sob a responsabilidade do CGEE.

A Figura 3, na página 32, resume como os diversos produtos dos diálogos setoriais com o tema SbN podem ser incorporados ao CITInova.

## 6. Considerações finais

A construção de cidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis, tal como proposta na Agenda 2030, exige uma atuação protagonista do Estado. Esta premissa se torna mais evidente no Brasil diante do quadro de extrema desigualdade social, expressa em condições de vida urbana bastante precárias para uns e abastadas para outros. Os custos da degradação ambiental, dentre os quais destacamos aqueles decorrentes das mudanças climáticas, são sentidos com maior intensidade justamente pelas camadas mais pobres da população. Cabe ao Estado o papel de buscar soluções inovadoras para antigos e novos desafios enfrentados pela sociedade brasileira. O MCTI tem contribuído neste cenário com a promoção de soluções que pautem a formulação e implementação de políticas baseadas em evidências científicas.

Apesar de seu potencial significativo, o uso de SbN permanece marginal, fragmentado e altamente desigual dentro e entre as cidades. A atual pandemia de Covid-19 desnudou e agigantou problemáticas ambientais urbanas como essa. Trouxe, ainda, a urgência no aprofundamento da reflexão em torno do restrito impacto das medidas de isolamento social para a população das áreas mais afetadas pelos constantes e crescentes agravos ambientais. Representa, também, a necessidade de repensar a configuração do espaço urbano, de modo a possibilitar uma maior

resiliência sanitária e ambiental, além da criação de espaços estimulantes para implementar alternativas diversificadas de planejamento urbano, com garantia do acesso à informação e consolidação de canais abertos para uma participação plural.

As novas demandas sociais oriundas da crise na saúde são desafios de proporções jamais imaginadas à maioria dos gestores públicos em todo o mundo. As ações do CITInova se voltam, neste momento, também para prover as informações, ferramentas e metodologias para um novo planejamento urbano que considere soluções sustentáveis, quando houver o retorno às atividades, sem as imposições sanitárias recomendadas quanto ao isolamento ou distanciamento social.

Assim, o MCTI, ao apoiar a execução de projetos como o CITInova, reafirma a importância do papel da ciência, tecnologia e inovação na implementação de políticas e iniciativas que ajudem na transição de assentamentos urbanos para espaços sustentáveis.

## Agradecimentos

A equipe da Direção Nacional do Projeto CITInova faz um agradecimento especial ao GEF e ao Pnuma, pela parceria na gestão e administração do projeto CITInova, e aos quadros da Aries/Porto Digital, do CGEE, do PCS e da Sema/DF, que estão realizando esse projeto com muito envolvimento, compromisso e dedicação. À CGCL e Sepef/MCTI, nosso reconhecimento pelo apoio institucional para a execução do projeto.

## Referências

AGÊNCIA RECIFE PARA INOVAÇÃO E ESTRATÉGIA – ARIES. **Plataforma Brasileira de Cidades Sustentáveis – Recife**. Disponível em: <http://www.rec500.org.br/quemsomos/>. Acesso em: 2 jun 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC. **Institucional**. Brasília: 2020. Disponível em: <https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/institucional/paginaInstitucional.html>. Acesso em: 18 mai 2020.

BRASIL. Presidência da República. **Medida Provisória n.º 980, de 10 de junho de 2020**. Altera a Lei nº 13.844, de 18 de junho de 2019, para criar o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e

o Ministério das Comunicações. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/medida-provisoria-n-980-de-10-de-junho-de-2020-261117608#:~:text=Alterar%20a%20Lei%20n%C2%BA%2013.844,Art.>

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **III Seminário Internacional de Soluções baseadas na Natureza - O desafio da água e as cidades**. 2020. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/-/mctic-e-cgee-realizam-3-seminario-internacional-de-solucoes-baseadas-na-natureza>. Acesso em: 2 jun 2020.

CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS. **Sistemas agroflorestais**. Disponível em: <http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=sistemas#:~:text=Sistemas%20agroflorestais%20s%C3%A3o%20formas%20de,promovem%20benef%C3%ADcios%20econ%C3%B4micos%20e%20ecol%C3%B3gicos>.

CITInova - **Planejamento integrado e tecnologias para cidades sustentáveis**. Disponível em: <https://citinova.mctic.gov.br>. Acesso em: 2 jun 2020.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria do Meio Ambiente do Distrito Federal – SEMA. **Planejamento integrado e tecnologias para cidades sustentáveis**. Disponível em: <http://www.sema.df.gov.br/projeto-citinova/>. Acesso em: 2 jun 2020.

FRAGA, Raiza Gomes; PINHEIRO, Monique; VILELA, Beatriz; BREVES, Gabriel; LOBO, Marco Aurélio. **A inovação a serviço da sustentabilidade: a experiência do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis. Parcerias Estratégicas**, CGEE, v. 25, n. 50, 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **ONU\_HABITAT lança versão em português da Nova Agenda Urbana**. 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/onu-habitat-lanca-versao-em-portugues-da-nova-agenda-urbana/>

EUROPEAN COMMISSION - EC. **Nature-Based Solutions**. 2015. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>. Acesso em: 30 mai 2020.

GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY – GEF. **Site**. Disponível em: [www.thegef.org](http://www.thegef.org). Acesso em: 2 jun 2020.

HERZOG; CECILIA P; ROZADO, CARMEN A. **Diálogo Setorial EU-Brasil sobre soluções baseadas na natureza Contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades resilientes**. Comissão Europeia, Luxemburgo, 2020. Disponível em: <https://oppla.eu/sites/default/files/docs/Portuguese-EU-Brazil-NBS-dialogue-low.pdf>. Acesso em: 1 jun 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL – IBAM. **Políticas públicas para cidades sustentáveis: integração intersetorial, federativa e territorial**. / [coordenação de] Alberto Lopes. – Rio de Janeiro: 2016. Disponível em: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3063/BVE17068992p.pdf;jsessionid=AEF773C7957221B7FADB7E987718EE36?sequence=1>. Acesso em: 1 jun 2020.

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS – OICS. **Banco de 2020 soluções urbanas** Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/>. Acesso em: 2 jun 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. New York, 2015a. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 10 mai 2020.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS – PCS. **Projeto CITinova**. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/institucional/pagina/citinova> . Acesso em: 23 mai 2020.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **The World's cities in 2018—data booklet**. 2018. Disponível em: [https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the\\_worlds\\_cities\\_in\\_2018\\_data\\_booklet.pdf](https://www.un.org/en/events/citiesday/assets/pdf/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf) . Acesso em: 18 mai 2020.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). **World urbanization prospects: the 2014 revision**. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>. Acesso em: 15 mai 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS); 17 objetivos para transformar nosso mundo**. 2015b. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>

SOARES, Nazaré; MEIRELLES, Elisa; COURA, Márcia; CAMPOS, Elói. Iniciativas pilotos para sustentabilidade em Brasília: recuperação de nascentes, áreas de recarga e demais áreas de preservação permanente, degradadas ou alteradas. **Parcerias Estratégicas**, CGEE, v. 25, n. 50, 2020.

UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development**. (2015). Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acesso em: 16 mai 2020.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME - UN-HABITAT. **State of the world's cities report 2012/2013: prosperity of cities. world urban forum edition**. 2012. 152 p. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/745habitat.pdf> . Acesso em: 23 mai 2020.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME - UN-HABITAT (2009). 68. **Cities and climate change initiative launch and conference report**. Disponível em: [https://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/6520\\_35892\\_OSLO%20Report.pdf](https://mirror.unhabitat.org/downloads/docs/6520_35892_OSLO%20Report.pdf). Acesso em: 26 mai 2020.

# A inovação a serviço da sustentabilidade: a experiência do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

Raiza Gomes Fraga<sup>1</sup>, Monique Pinheiro<sup>2</sup>, Beatriz Vilela<sup>3</sup>, Gabriel Breves<sup>4</sup>, Marco Aurélio Lobo<sup>5</sup>

## Resumo

Por consequência da expansão do processo de urbanização em todo o mundo, desafios socioambientais e econômicos estão cada vez mais concentrados nas cidades. Estas terão que superar grandes obstáculos a fim de manter seu desenvolvimento, sem esgotar os recursos naturais e sem aprofundar as desigualdades já existentes. Com o propósito de disseminar soluções capazes de auxiliar o enfrentamento desses desafios, o Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS) atua como uma plataforma virtual de mapeamento de soluções urbanas inovadoras, contextualizadas ao território nacional por meio de tipologias de cidades-regiões.

## Abstract

*As the urbanization process worldwide, environmental and economic challenges are increasingly concentrated in cities. These will have to overcome major obstacles in order to maintain their development without depleting natural resources and without deepening existing inequalities. In an effort to disseminate solutions capable of face these challenges, the Innovation Observatory for Sustainable Cities (OICS) acts as a virtual platform for mapping innovative urban solutions contextualized to the national territory through typologies of city-regions. The purpose of this article is to present the scope of the work developed by the Observatory, presenting how the processes that*

- 1 Assessora técnica do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Doutoranda e mestre em políticas públicas e sustentabilidade pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS/UnB), graduada em Comunicação Social pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 2 Assessora Técnica do CGEE. Mestre em Estudos Populacionais e Pesquisa Social pela Escola Nacional de Ciências Estatísticas, com graduação em Geografia e Estatística. Tem como linha de atuação o trabalho com indicadores e sistemas de informações geográficas.
- 3 Bacharel em Ciência Política pela UnB, consultora do CGEE.
- 4 Graduando em Ciências Econômicas pela UnB.
- 5 Mestre em Design pela UnB. Especialista em Docência Universitária pelo Centro Universitário de Brasília (Uniceub) e Bacharel em Design pela UnB. Professor do Curso de Design Gráfico do Centro Universitário IESB, em Brasília-DF e coordenador de projetos no CGEE.

O presente artigo tem como objetivo apresentar o escopo do trabalho desenvolvido pelo Observatório, evidenciando, para tanto, como os processos que geram inovação são fundamentais para a agenda da sustentabilidade urbana, traduzida pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, e como os sistemas de informações podem fortalecer a tomada de decisão de forma estratégica, mediante o monitoramento e planejamento orientado. Se organizadas e integradas, as informações disponibilizadas servem de subsídio aos gestores na implementação e avaliação de políticas públicas.

**Palavras-chave:** Cidades. Sustentabilidade urbana. Políticas públicas. Inovação. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. SIG. Indicadores.

*generate innovation are fundamental to the urban sustainability agenda, represented by the Sustainable Development Goals (SDGs), and how information systems can strengthen decision-making in a strategic way, through monitoring and guided planning. If organized and integrated, the information provided serves as a subsidy for managers in the implementation and evaluation of public policies.*

**Keywords:** Cities. Urban sustainability. Innovation. Public policies. Sustainable Development Goals. GIS. Indicators.

## 1. Introdução

Em um mundo cada vez mais interconectado, chegamos aos anos 2020 com mais da metade da população mundial vivendo em áreas urbanas. No ano de 2018, 55% da população global concentrou-se em áreas urbanas, ou seja, já existem mais pessoas vivendo em áreas urbanas do que em áreas rurais (UN, 2018). Em seis décadas, entre o ano de 1950 e 2010, a população urbana cresceu 4,9 vezes, enquanto a população mundial cresceu 2,8 vezes. A projeção é a de que, até o ano de 2050, as áreas urbanas sejam o lar de 70% da população mundial, com um crescimento estimado de 2,5 bilhões de pessoas, com a maior parcela desse crescimento ocorrendo nos países em desenvolvimento (UN HABITAT, 2016).

Ao passo que o processo de urbanização em todo o mundo continua a se expandir, os desafios socioambientais e econômicos que deveremos enfrentar serão cada vez mais concentrados nas cidades. As áreas urbanas respondem por 2/3 do consumo de energia elétrica e pela geração de 75% dos resíduos sólidos e, ao mesmo tempo, representam 80% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial e são os espaços centrais para geração de emprego e renda (UN HABITAT, 2016). Há ainda os impactos dos modelos de uso e ocupação do solo e o grande desafio de reduzir a desigualdade socioespacial, testemunhada nas ocupações irregulares e periferias sem acesso à serviços básicos como saneamento e mobilidade urbana.



Além disso, o enfrentamento de diversos problemas globais como as mudanças climáticas, a falta de segurança e a pobreza passam pela escala local e pelas capacidades do ambiente urbano, sua gestão e infraestrutura em responder a esses desafios. Atualmente, as cidades são responsáveis por cerca de 70% das emissões totais de gases do efeito estufa, são lar da maioria dos pobres no mundo e registram as mais altas taxas de homicídios (UN HABITAT, 2016). As cidades terão, portanto, que superar grandes obstáculos, a fim de manter seu crescimento sem esgotar os recursos naturais tão essenciais para a vida humana e, do mesmo modo, sem aprofundar as desigualdades já existentes em nossa sociedade. Os desafios provocados pelo processo de urbanização inspiram a busca por mudanças e modelos alternativos de ocupação do espaço urbano. Assim, as cidades apresentam, ao mesmo tempo, o desafio e as oportunidades para realizar essa transição.

Visando a contribuir para o enfrentamento desses grandes desafios, o Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis<sup>6</sup> (OICS) (OICS, 2020) atua como uma plataforma virtual de mapeamento e divulgação de soluções urbanas inovadoras, contextualizadas ao território nacional por meio de tipologias de cidades-regiões. As iniciativas mapeadas se concentram nas áreas *de água, resíduos sólidos, mobilidade, energia, ambiente construído e soluções baseadas na natureza*, buscando promover uma visão de futuro de cidades sustentáveis que atenda às agendas globais em sustentabilidade. O OICS é desenvolvido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) no âmbito do projeto CITInova – Planejamento integrado e tecnologias para cidades sustentáveis, realizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)<sup>7</sup>.

O presente artigo tem como objetivo apresentar o escopo do trabalho desenvolvido pelo OICS, evidenciando, para tanto, como os processos que geram inovação são fundamentais para a agenda da sustentabilidade urbana, traduzida pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), e como os sistemas de informações podem fortalecer a tomada de decisão de forma estratégica, mediante o monitoramento e planejamento orientado. Se organizadas e integradas, as informações disponibilizadas servem de subsídio aos gestores na implementação e avaliação de políticas públicas.

6 Informações sobre o OICS podem ser acessadas em: < <https://oics.cgее.org.br/> >.

7 O CITInova é um projeto multilateral realizado pelo MCTI para a promoção de sustentabilidade nas cidades brasileiras, por meio de tecnologias inovadoras e planejamento urbano integrado. Com financiamento do Fundo Global para o Meio Ambiente - na sigla em inglês (GEF) -, este projeto é implementado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e executado em parceria com a Agência Recife para Inovação e Estratégia (Aries), o Porto Digital, o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), o Programa Cidades Sustentáveis (PCS) e a Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Governo do Distrito Federal (Sema/DF). Fonte: < <https://citinova.mctic.gov.br/> >.

## 2. Cidades e sustentabilidade

O tema de “cidades sustentáveis” implica em reconhecer a necessidade de implementação de políticas públicas que respeitem e preservem o meio ambiente. A ocupação desordenada das áreas urbanas traz como consequências a crescente degradação da qualidade de vida nas cidades e o aumento dos impactos negativos da ação humana sobre o meio ambiente. Para reverter este quadro e rever tendências hoje observadas nas cidades, é necessário haver uma correspondente reação dos poderes constituídos, que precisam contar com instrumentos de apoio e diretivas de inovação orientadoras na tomada de decisão.

O tema da sustentabilidade funciona como potencial integrador das questões da ciência com a humanização necessária ao presente século, pois considera aspectos econômicos, materiais, naturais e humanos de maneira indissociável. Além disso, a perspectiva da sustentabilidade entende o meio ambiente de forma ampliada, considerando o relacionamento entre seres humanos, com outros seres vivos e com o planeta, na tentativa de encontrar formas de convivência mais inteligentes, articuladas e inovadoras, que causem o menor impacto possível.

Segundo Boff (2015), uma ideia de sustentabilidade não é factível sem a devida sensibilidade para o enfrentamento dos graves problemas sociais e econômicos do estágio atual da humanidade. Pensar a sustentabilidade é, portanto, refletir sobre como caminhar para uma cultura de paz e sustentar a comunidade de vidas (biomas, biodiversidade, humanidade), dessa e das próximas gerações, utilizando com parcimônia, respeito e inteligência os recursos disponíveis.

A noção de sustentabilidade é provocadora de mudanças, sobretudo no sentido paradigmático, pois prevê alterações nos modelos de ser, viver e fazer, tanto na sociedade como da ciência, integrando as dimensões macro e micro em prol da garantia da própria vida humana. Refletir sobre a sustentabilidade é entender que tudo interage com o todo e o todo se relacionada com cada um de nós. É também perceber que somos corresponsáveis pela manutenção e preservação da vida.

Buscando promover caminhos para a prática das mudanças necessárias à transição das cidades e dos valores humanos na direção da sustentabilidade, a Organização das Nações Unidas (ONU) propõe um plano de ação denominado Agenda 2030 e que tem como base os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU,2015). São 17 Objetivos, desdobrados em 169 metas, com propostas de medidas transformadoras e necessárias para direcionar o mundo a um caminho mais sustentável e resiliente, integrando as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental.

A relevância do papel das cidades nesse processo foi reconhecida por meio da inclusão, nos ODS, do Objetivo 11 que visa a: “construir cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros e sustentáveis”. O ODS 11 prevê um maior investimento na melhoria da infraestrutura urbana, enfatizando a necessidade de construção de moradias adequadas, seguras e de baixo custo, juntamente com o acesso a serviços básicos, a atenção aos espaços públicos e os investimentos em transporte coletivo de qualidade. Da mesma forma, este ODS estimula o planejamento e a governança participativa na cidade para a tomada de decisões que realmente tenham efeitos positivos no bem-estar e no padrão de vida da população. A segurança e a resiliência dos espaços urbanos também são contempladas pelo ODS 11, que considera a fragilidade das cidades e suas respectivas capacidades de enfrentamento às mudanças climáticas dependentes das ações adotadas em escala local. Assim, o planejamento para a mitigação de riscos e consequências de desastres, o investimento em infraestruturas resilientes e a proteção ambiental também são elementos relevantes no objetivo referente às cidades e com paralelo nas premissas do ODS 13. Este último também confere importância à resiliência e à capacidade de adaptação dos agrupamentos urbanos frente aos riscos associados ao clima e às catástrofes naturais.

A questão urbana, no entanto, é transversal a todos os 17 ODS e, assim, o papel dos governos locais se destaca pela oportunidade de estes implementarem ações e estratégias que dialoguem com os ODS. A colaboração dos municípios e estados será no sentido de incorporar os ODS às experiências territoriais, incentivando a criação de espaços de participação social e coordenando ações focadas no alcance das metas.

### 3. Inovação

A inovação enquanto fenômeno em si não é algo novo. No entanto, pesquisas sobre o seu papel e suas conseqüentes mudanças sociais proliferaram nos últimos anos, no âmbito das ciências humanas e sociais, sobretudo na área interdisciplinar. A inovação é um fenômeno multifacetado que não pode ser facilmente comprimido em um ramo particular das ciências. Conseqüentemente, a crescente literatura sobre inovação é caracterizada - e atravessada - por uma infinidade de perspectivas baseadas nas disciplinas e especializações existentes. Para se obter uma visão abrangente sobre inovação, é necessário combinar ideias de várias disciplinas (FAGERBERG, 2005).

A inovação é, por sua própria natureza, um fenômeno sistêmico, pois resulta da interação contínua entre diferentes atores e organizações. Os sistemas nacionais de inovação<sup>8</sup> fundamentam-se na ideia de que muitos dos fatores que influenciam as atividades de inovação são nacionais, tais como elementos institucionais, a cultura e os valores de um país. Ao mesmo tempo, é também claro que os processos de inovação são, em muitos sentidos, internacionais: tecnologias e conhecimentos circulam entre fronteiras, empresas nacionais interagem com empresas e universidades estrangeiras. Muitos mercados, em termos de empresas e seus competidores, são globais e o uso maciço da internet aumentou muito as oportunidades de comunicação e de realização de negócios com empresas de outros países (FAGERBERG, 2005; OCDE, 2006).

O processo de globalização afeta a inovação em um grande número de países por causa do aumento da competição internacional, dos fluxos de bens, serviços e conhecimentos entre as fronteiras nacionais, além das interações internacionais. Devido a vantagens em tecnologias e maiores fluxos de informação, o conhecimento é cada vez mais percebido como um condutor central do crescimento econômico e da inovação. A abordagem de sistemas para o conceito de inovação muda o foco da política em direção a ênfases: na interação das instituições; nos processos interativos referentes ao trabalho de criação de conhecimento; e na difusão e aplicação deste saber. O *Manual de Oslo* (2006) oferece diretrizes para a coleta e a interpretação de dados sobre inovação de maneira internacionalmente comparável e, em sua última edição, ressaltou a dimensão sistêmica da inovação. Desse modo, há uma maior ênfase no papel das interações com outras empresas e instituições no processo de inovação (OCDE, 2006).

No Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) vem desenvolvendo um arcabouço para o fortalecimento dos processos de inovação em território nacional, especialmente a partir do *Novo Marco Legal da Inovação*, Lei nº 13.243/2016, no qual, entende-se por inovação:

[...] introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos produtos, serviços ou processos ou que compreenda a agregação de novas funcionalidades ou características a produto, serviço ou processo já existente que possa resultar em melhorias e em efetivo ganho de qualidade ou desempenho (BRASIL, 2016).

---

8 Sistema Nacional de Inovação é um conjunto de instituições, atores e mecanismos em um país, que contribuem para a criação, o avanço e a difusão das inovações tecnológicas. Destacam-se entre essas instituições, esses atores e mecanismos, os institutos de pesquisa, o sistema educacional, as firmas e seus laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, as agências governamentais, a estrutura do sistema financeiro, as leis de propriedade intelectual e as universidades. A Constituição Federal de 1988 passou a tratar das atividades de ciência, tecnologia e inovação por meio da emenda constitucional nº 85. Entretanto, o termo normativo não é suficiente para garantir a devida realização da inovação, sendo necessária a aplicação conjunta de recursos econômicos e formas de organização próprias. Por isso, foi criado o Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

Para ocorrer, a inovação resulta de um processo colaborativo e emergente da combinação ativa de indivíduos, conhecimento e recursos. Portanto, é um processo de criação de novas conexões sociais entre as pessoas, suas ideias e recursos que elas carregam, de modo a produzir novas combinações, impulsionar o crescimento sustentável e apoiar o bem-estar da sociedade. É preciso aproximar e vincular a inovação às necessidades das pessoas, tornando-a, desse modo, democrática. Alguns autores argumentam que instituições econômicas inclusivas aceleram a atividade, o crescimento da produtividade e a prosperidade econômica. Dessa forma, a combinação de inovação tecnológica e organizacional fornece um modelo de progresso econômico. A transição para modelos de desenvolvimento sustentável, isto é, assegurado de uma relação adequada do homem com a natureza e da continuidade da vida no planeta, requer inovação. Além disso, a inovação não pode ser dissociada da destruição criativa, que substitui o velho pelo novo no âmbito econômico e também desestabiliza relações de poder consolidadas na política (ACEMOGLU; ROBINSON, 2012; CARVALHO, 2018).

Desse modo, para os objetivos propostos pelo Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis, toma-se como base a definição de inovação apresentada pelo *Novo Marco Legal da Inovação*, levando em consideração que o próprio conceito de inovação evoluiu para novas concepções, deixando de lado as visões mais centradas nas estruturas empresariais e adotando outras que olham com maior atenção o tecido social ao seu redor, sem perder de vista o papel central que têm as empresas.

Tendo em vista que, no âmbito do Observatório, o conceito de inovação não se restringe apenas às novidades tecnológicas, são acrescentadas, nesta definição, as inovações sociais, isto é, mudanças que envolvem a melhor provisão de bens públicos e outros requisitos necessários para ampliar a qualidade de vida nas cidades e regiões.

Cabe ressaltar que, para fins de classificação e mapeamento de soluções, o Observatório utiliza quatro categorias de inovação, são elas: produto; processo ou metodologia; organizacional ou gestão/modelo de negócios; e social. Desse modo, o OICS considera transformações que modificam sensivelmente a forma de organizar as bases de produção e consumo da sociedade, combinando mudanças de processos e produtos e também de comportamentos e hábitos sociais (GALVÃO; MACEDO, 2020).

## 4. Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

A plataforma do Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS) (OICS, 2020) visa a proporcionar aos tomadores de decisão uma experiência de acesso facilitado a um banco de soluções

inovadoras que, quando contextualizadas no território por meio de um sistema de informação geográfica, podem indicar caminhos mais assertivos para a definição das soluções mais promissoras a sua tipologia de cidade-região. É um espaço virtual construído com a colaboração de diversos atores, com o propósito de inspirar o engajamento e a participação conjunta daqueles que observam, criam e vivem a cidade em ações voltadas a promover a transição rumo a sustentabilidade.

Para subsidiar a tomada de decisões fundamentada em evidências, o OICS oferece um banco de soluções e o sistema de informações geográficas que apresenta extensa caracterização do território com base nos temas mapeados pelo projeto. Os mapas de caracterização do território foram desenvolvidos por meio de tipologias de cidades-regiões, isto é, o conjunto de municípios que se caracterizam pela conurbação de metrópoles. Além desses conteúdos, o Observatório seguirá produzindo guias metodológicos e sumários para gestores públicos.

Para construir as tipologias de cidades-região e mapear as soluções mais adequadas às diferentes realidades do nosso País, a plataforma disponibiliza: estudos de caso das soluções aplicadas em diversos municípios; e uma caracterização do território baseada em indicadores sociodemográficos e ambientais, em dados geobiofísicos e análises estatísticas (Índice Sintético e Análise de Agrupamento). Todos esses dados são integrados por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG Web OICS) (OICS, Mapa), permitindo aos usuários uma consulta dinâmica ao banco de soluções, relacionando-as aos diferentes tipos de território que caracterizam nosso vasto País.

O objetivo da ferramenta SIG Web é disponibilizar aos tomadores de decisão um instrumento de apoio à análise estratégica de cenários, que integra diferentes formatos de dados, geográficos e estatísticos, relacionando-os especialmente com as soluções levantadas pelo OICS. Além disso, o SIG Web oferece aos demais usuários uma ferramenta com potencial analítico que utiliza o território como variável de análise, trazendo indicativos e apontando caminhos mais assertivos para a aplicabilidade de iniciativas em sustentabilidade urbana. Tais soluções consideram as especificidades das diferentes cidades-regiões do País.

## 5. Sistema de informação geográfica

Uma abordagem estratégica do conhecimento ocorre quando as informações disponíveis nas diversas áreas temáticas são reunidas e integradas, com o uso da tecnologia, e transformadas em inteligência. Os sistemas de informação que utilizam o território como variável de análise são um exemplo de tecnologia de informação aproveitada para a gestão estratégica do território, com o objetivo de empregar a inteligência territorial em prol de um desenvolvimento mais sustentável.

Um sistema de informações com tais características proporciona aos gestores uma visão integrada do território, que possibilita a tomada de decisão de forma estratégica, por meio do monitoramento e planejamento orientado pela visualização da relação entre diversas fontes de dados. Essas informações, organizadas e integradas, servem de subsídio aos gestores na implementação e avaliação de políticas públicas e programas governamentais, que possuem como meta o desenvolvimento sustentável das cidades. O SIG Web OICS foi construído com base em *software* livre, destinado a geoprocessamento, com *interface* integrada, capaz de armazenar dados estatísticos e geográficos e gerar mapas.

As figuras de 1 a 7 representam as telas do SIG Web OICS que ilustram os caminhos possíveis para a contextualização das soluções no território. Na Figura 1, estão dispostos os resultados do *Índice Temático de Sustentabilidade*: índice sintético correspondente aos níveis de criticidade determinantes da área apresenta no tema em questão, calculado com base na média de indicadores temáticos levantados para a caracterização de cada tema.



Figura 1. Índice de Sustentabilidade – Tema: Saneamento Ambiental – Água

Fonte: SIG Web OICS (OICS, Mapa).

A Figura 2 expõe o resultado da análise de agrupamento, calculado a partir da similaridade dos indicadores. Esses resultados permitem ao usuário encontrar as cidades-regiões similares em cada temática; acessar uma síntese das principais características do grupo; e conhecer as especificidades de cada cidade-região pesquisadas com relação ao tema de interesse.





Figura 2. Análise de Agrupamento – Tema: Saneamento Ambiental - Água

Fonte: SIG Web OICS (OICS, Mapa).

Para uma análise mais detalhada das características temáticas de determinada área, o sistema permite ao usuário carregar também os valores de cada indicador que serviu de *input* para o cálculo do índice e da análise de agrupamento, detalhando o nível de informação disponível para ser analisada conforme o interesse de cada usuário (Figura 3).



Figura 3. Indicadores – Tema Saneamento Ambiental -Água

Fonte: SIG Web OICS (OICS, Mapa).



Os dados estatísticos disponíveis para caracterização do território nacional, segundo temas da sustentabilidade urbana, são ainda muito limitados em razão da complexidade em se obter e organizar informações referentes à grande quantidade e diversidade de municípios que compõem o nosso País: mais de 5.000. Há, portanto, uma grande dificuldade de se encontrar dados em fontes formais e perenes, que permitam traçar uma análise detalhada e completa de todo o território. Para contornar essa limitação com relação à disponibilidade de dados, o SIG Web do Observatório oferece aos usuários a possibilidade de carregar camadas de informações geográficas, com dados geobiofísicos, contendo informações complementares e que recobrem todo território nacional. Na Figura 4, estão representadas no mapa as informações de biomas, tendo como opção de carga, também, os dados de temperatura, uso e cobertura da terra, vulnerabilidade a inundação, bacias hidrográficas, dentre outros.

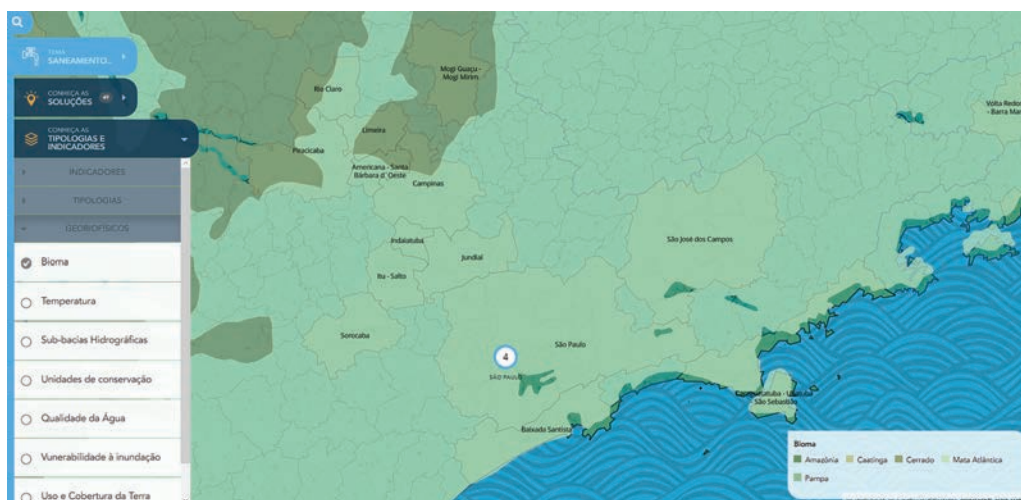


Figura 4. Camadas de dados Geobiofísicos

Fonte: SIG Web OICS (OICS, Mapa).

Outro potencial importante do SIG Web que vem sendo desenvolvido pelo Observatório é o de permitir a transição entre diferentes escalas de análise, facilitando ao usuário a busca por informações mais detalhadas na escala local de sua cidade-região. Essas informações veem sendo carregadas no Sistema por meio de uma grade estatística, onde estão disponíveis os dados da pesquisa do entorno dos domicílios, levantados em nosso País por meio do Censo Demográfico do IBGE. Os dados disponíveis na grade estatística, ilustrados na Figura 5, representam o percentual de ruas com esgoto a céu aberto, cujas informações estão especificadas em quadrículas de 1km, possibilitando análises na escala local.

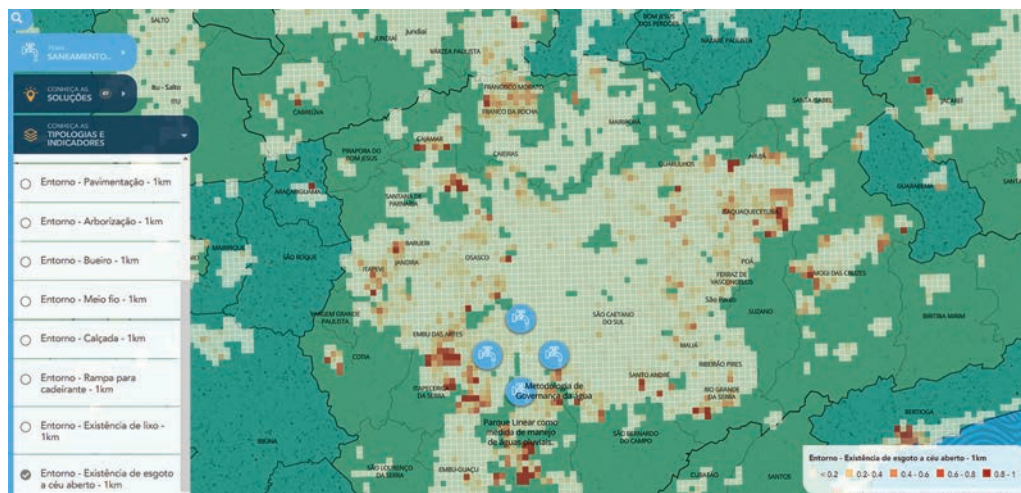


Figura 5. Grade estatística 1km - Percentual de ruas com esgoto a céu aberto - Pesquisa do entorno dos domicílios – Censo Demográfico 2010

Fonte: SIG Web OICS (OICS, Mapa).

Como comentado, todo esse detalhamento das características do território tem como finalidade estimular a aplicação de soluções em sustentabilidade urbana de acordo com a diversidade de cenários socio-ambientais-demográficos encontrados em nosso País. Seguindo nessa direção, o SIG Web do Observatório permite plotar no mapa as componentes do banco de soluções e explorar suas características, relacionando-as com o território em questão. Na Figura 6, é exposto um exemplo de uma solução de Fitorremediação, do tema Saneamento - Água, que se encontra em uma área crítica com relação ao Índice de Sustentabilidade de Saneamento.

Ao clicar sobre a solução selecionada, é possível encontrar mais detalhes sobre suas características (Figura 7), tais como Categoria, Maturidade, Estágio de desenvolvimento; os ODS com os quais se relaciona; e, ainda, todo um detalhamento, a contextualização e os exemplos de aplicação (Estudos de caso).

O objetivo de disponibilizar todos esses conteúdos estruturados em um sistema de informação geográfica é permitir aos usuários uma experiência dinâmica de consulta de dados integrados, relacionados aos temas da sustentabilidade urbana, estimulando, por meio desse acesso, a replicação, nos diferentes cenários que compõem o nosso País, das soluções levantadas pelo Observatório.



Figura 6. Exemplo de acesso à solução plotada no mapa – Tema Saneamento Ambiental -Água

Fonte: SIG Web OICS (OICS, Mapa).

**Saneamento Ambiental - ÁGUA**  
Reúso e reciclagem

**Categoria:** Tecnologias

**Maturidade:** Protótipo/Piloto (em implementação ou teste)

**Estágio de desenvolvimento:** Difusão/adoção

**Palavras-Chave:**

- Fitorremediação
- Águas cinzas
- Tratamento de esgoto

**Como contribui para redução do GEE (Gases de Efeito Estufa):** Diminui o gasto de energia e insumos para tratamento de esgoto. Auxilia na preservação dos mananciais.



Figura 7. Características da solução – Tema Saneamento Ambiental -Água

Fonte: SIG Web OICS (OICS, Mapa).

## 6. Considerações finais

A possibilidade da emergência de cidades sustentáveis diz respeito à capacidade dos governos – em particular os locais – de traduzir os aspectos da sustentabilidade para ações concretas no plano da gestão urbana. Um elemento de suma importância para o processo de desenvolvimento sustentável das cidades é a ideia de gestão territorial, ou gestão local, com uma visão integrada dos diversos setores da sociedade e um compromisso com o global. De forma sintética: uma gestão pública que respeite o local e se responsabilize pelo global. Dessa forma, ao se transformar a mentalidade e cultura dos planejadores, poderá haver a busca pela construção de cidades mais sustentáveis, mais inteligentes, mais saudáveis e mais modernas.

Desde a aparência até a infraestrutura, a cidade é o principal lugar onde a cidadania se realiza. Por conta disso, o planejamento e a gestão devem ser considerados dois dos principais pilares dessa transformação. O Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis se posiciona na agenda para a sustentabilidade urbana no Brasil como um espaço para inspirar pessoas, replicar inovação e fomentar políticas públicas para cidades sustentáveis. Sua construção se dá na *interface* entre pesquisa e conhecimento científico e a escuta dos mais variados públicos que vivem e constroem as cidades.

Ao mapear soluções e localizá-las no território nacional, buscamos fornecer inteligência estratégica para estimular o desenho de políticas de inovação adaptáveis a diferentes contextos brasileiros (CAGNIN *et al.*, 2018). As tipologias de cidades-região, por sua vez, permitem que a tomada de decisão considere diferentes realidades no Brasil, aproximando as alternativas inovadoras existentes de uma implementação em diferentes contextos. Essa experimentação, por meio do mapeamento de soluções e da caracterização do território nacional, é, ao fim, uma forma de estimular os governos locais, estaduais e o federal a modelar e implementar políticas e soluções que promovam a sustentabilidade urbana, elemento chave para avançar rumo a cidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis.

### Referências

ACEMOGLU, Daron; ROBINSON, James **Why nations fail: the origins of power, prosperity, and poverty**. New York: Crown Business. 2012. ISBN-13: 978-0307719225

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016**. “Novo Marco Legal da Inovação” Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e

à inovação. Brasília – DF: 2016. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2016/lei/l13243.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13243.htm)

BOFF, L. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. 4 ed. Petrópolis: Vozes, 2015. 200 p. ISBN-13: 978-8532642981

BUENO, M. do C.D. **Grade estatística: uma abordagem para ampliar o potencial analítico de dados censitários**. Tese (Doutorado em demografia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas. Campinas: 2014. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/281097/1/Bueno\\_MariadoCarmoDias\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/281097/1/Bueno_MariadoCarmoDias_D.pdf)

CAGNIN, C.; FRAGA, R.G.; WIEDMAN, G. A new framework for shaping and implementing innovation policies for a sociotechnical transition of cities and regions towards more sustainable pathways, 2018. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUTURE-ORIENTED TECHNOLOGY ANALYSIS (FTA)*, 6th – Future in the Making. Brussels, 4-5 June 2018. Presentation... Brussels: 2018. Disponível em: [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/fta2018-paper-a2-cagnin\\_o.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/fta2018-paper-a2-cagnin_o.pdf)

CARVALHO, Laura. **Valsa brasileira: Do boom ao caos econômico**. 1. ed. São Paulo: Todavia, 2018. 192 p. ISBN-13: 978-8593828621

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Estratégia de ação para o tema cidades sustentáveis: significados e implicações para a política nacional de ciência e tecnologia**. Brasília: 2015. Disponível em: <https://ifc.edu.br/wp-content/uploads/2015/03/ENCTI-2013-2017.pdf>

FAGERBERG, Jan Innovation: a guide to the literature. **The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, p. 1- 24. 2005. Disponível em: <https://www.oxfordhandbooks.com/view/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001/oxfordhb-9780199286805-e-1?print=pdf>

FILHO, N.A.S.; SALLES, V.O.; FLECK, F.V. Teoria da complexidade, cultura de paz e sustentabilidade: integração de perspectivas através da ecoformação. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, 2010. 15 p. Disponível em: <https://periodicos.utfrpr.edu.br/rbect/article/download/9701/pdf>

GALVÃO, Antonio; MACEDO, Mariano **Proposta do programa de transformação sociotécnica de territórios – PTS**. Brasília: GAMA Consultoria e Assessoria, 2020.

LOPES, L.S.de A.; ZERBINI, M.S. Paz, sustentabilidade e desenvolvimento humano. *In: CACHICHI, R.C.D.; COSTA, I.G. da; LEÃO JÚNIOR, T.M. de A. (Orgs). Paz, Inovação & Sustentabilidade*. 1. ed. Curitiba: Centro de Estudos da Contemporaneidade. Instituto Memória Editora & Projetos Culturais. 2016. p.48-70. Disponível em: <https://aberto.univem.edu.br/bitstream/handle/11077/1468/GT9%20E-BOOK%2019mai16.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



MAGALHÃES, F.N.C. Da Metrópole à cidade-região na direção de um novo arranjo espacial metropolitano? **Estudos Urbanos e Regionais**, UFMG, v.10, n. 2, 2008. Disponível em: <https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/198/182>

MAZZUCATO, Mariana. **O estado empreendedor**: desmascarando o mito do setor público x setor privado. São Paulo: Portfolio-Penguin. 2014. 340 p. ISBN-13: 978-8582850039

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. New York, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS – OICS. **Banco de 2020 soluções urbanas** Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/>.

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS – OICS. **Mapa**. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/mapa-tipologias>

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. **Manual de Oslo**: diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. 3. ed. Rio de Janeiro: FINEP, 2006. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>

RODRIGUEZ-POSE, A. The Rise of the “city-region” concept and its development policy implications. Department of geography and environment, London School of Economics. **European Planning Studies**, London, UK, v. 16, n. 8, 2008. <https://doi.org/10.1080/09654310802315567>

UNITED NATIONS - UN. **Revision of world urbanization prospects**, 2018. <https://doi.org/10.18356/6255ead2-en>

UNITED NATIONS HABITAT – UN HABITAT. Urbanization and development: emerging futures. **World cities report**, v. 3, n. 4, p. 4-51, 2016. Disponível em: <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/WCR-2016-WEB.pdf>

# Iniciativas pilotos para sustentabilidade em Brasília: recuperação de nascentes, áreas de recarga e demais áreas de preservação permanente, degradadas ou alteradas

Nazaré Soares<sup>1</sup>, Elisa Meirelles<sup>2</sup>, Márcia Coura<sup>3</sup>, Elói Campos<sup>4</sup>

## Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar algumas iniciativas de Soluções baseadas na Natureza (SbN) que estão sendo desenvolvidas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal (Sema/DF) em parceria com o projeto CITInova – Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis. Todas as iniciativas relatadas buscam incentivar, estimular e apoiar ações para a conservação e recuperação ambiental, com foco em segurança hídrica. Neste sentido, a abordagem destaca a recomposição de vegetação nativa em áreas de nascentes e áreas de recargas de aquíferos; a implantação de sistemas agroflorestais com inovação

## Abstract

*This article aims to present the Nature-based Solutions (NBS) being implemented by the Federal District Environmental Secretariat (Sema/DF) in partnership with the CITInova project - Integrated Planning and Technologies for Sustainable Cities. These initiatives seek to encourage, stimulate and support environmental conservation and recovery focused on watersafety. To this end, special attention is given to there composing of native vegetation in springs and aquifer charge areas, implementation of agroforestry systems with technological innovation and innovative initiatives for there mediation of areas contaminated by solid waste in the Federal District.*

- 1 Coordenadora executiva do projeto CITInova, em Brasília, e mestre em Política e Gestão do Meio Ambiente pela Universidade de Brasília (UnB).
- 2 Assessora especial da Subsecretaria de Gestão das Águas e Resíduos Sólidos (Sugars) da Sema/DF, engenheira florestal, com mestrado em Ciências Florestais pela UNB.
- 3 Subsecretária da Subsecretaria de Assuntos Estratégicos (Suest) da Sema/DF, bióloga pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e mestre em Gestão e Auditorias Ambientais pela Universidad Internacional Iberoamericana (Unini) do México/Finiber da Fundação Universitária Iberoamericana (Funiber).
- 4 Graduado, mestre e doutor em Geologia pela UNB, professor do Departamento de Geociências da UNB, com experiências em Hidrogeologia; Pedologia; Recursos Hídricos Subterrâneos; Sedimentologia; e Geologia Ambiental.

tecnológica; além de iniciativas inovadoras para remediação de áreas contaminadas por resíduos sólidos no Distrito Federal.

**Palavras-chaves:** Soluções baseadas na Natureza (SbN). Tecnologia inovadoras. Segurança hídrica.

**Keywords:** *Nature-based Solutions (NBS). Innovative Technologies. Watersafety.*

## 1. Introdução

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal (Sema/DF), por meio do Projeto CITInova– Planejamento Integrado e Tecnologias para Cidades Sustentáveis<sup>5</sup> (CITINOVA, 2020), está implementando vários projetos-pilotos com tecnologias inovadoras e potencial de replicação.

A implantação dessas ações é pautada: principalmente pela necessidade de se buscar alternativas para a segurança hídrica, garantindo a produção de água em qualidade e quantidade para abastecimento público; bem como pela necessidade de se encontrar soluções mais eficientes para a remediação de área contaminada pela disposição inadequada de resíduos no antigo Lixão da Estrutural (Aterro Controlado do Jóquei), em Brasília, no Distrito Federal (DF).

As bacias hidrográficas do Descoberto e do Paranoá são responsáveis por cerca de 70% do abastecimento urbano de Brasília. A severidade da crise hídrica que afetou o DF nos últimos anos decorreu principalmente de três aspectos: mudança no regime de chuvas, aumento do consumo em razão do crescimento populacional e manejo inadequado de áreas que suprem os mananciais, denominadas áreas de recarga. Algumas práticas utilizadas nessas bacias levam à impermeabilização do solo, impedindo a infiltração da água e reposição dos aquíferos, o que afeta diretamente as nascentes. Para o enfrentamento desses desafios, a Sema/GDF, com apoio do projeto CITInova, está implementando as iniciativas descritas a seguir:

---

5 O CITInova é um projeto multilateral realizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), com apoio do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, na sigla em inglês). No DF, o projeto é executado pela Sema/DF e gerido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE).



## 2. Projetos-pilotos

### 2.1. Implantação de Sistemas Agroflorestais (SAF) mecanizados para produtores familiares nas bacias do Descoberto e Paranoá

Há diversos tipos de Sistemas Agroflorestais (SAF), todavia, os SAF implantados com a finalidade de contribuir para a conservação e restauração dos recursos naturais, o fortalecimento dos meios de vida dos agricultores e a conciliação da produção com promoção dos serviços ambientais são aqueles mais complexos, que se aproximam da estrutura e função do ecossistema original do lugar (MICCOLIS *et al*, 2017).

Para este projeto, optou-se pelos SAF implantados a partir do plantio de árvores associadas aos cultivos agrícolas, com semeadura direta de sementes, que tem custo bem menor do que o feito somente por mudas. Esse sistema também apresenta desenvolvimento mais rápido em razão da associação de espécies com tempos diferentes de crescimento. Isso faz com que as culturas sirvam de proteção, alimento e sombra para as espécies mais lentas, além de propiciar diversas colheitas por ano e acelerar o desenvolvimento de florestas naturais.

Essa iniciativa foi priorizada no projeto devido aos seus resultados positivos na preservação da capacidade de produção de água dos mananciais que abastecem as cidades. Foi considerado, ainda, que o estímulo à expansão dos sistemas agroflorestais, com uso dessa avançada tecnologia, é uma estratégia promissora à conversão dos agricultores que ocupam essas áreas com vistas a uma agricultura mais sustentável, que associe a geração de renda com a recuperação da capacidade de produzir água.

Assim, o projeto prevê o plantio de 20 hectares de SAF mecanizados nas Bacias do Paranoá e do Descoberto e aquisição de três implementos adaptados para serem testados neste sistema. O incremento da mecanização será um grande estímulo para o produtor, na migração dos sistemas tradicionais de cultivo para os sistemas agroflorestais. Os implementos são:

- a. Uma enxada rotativa com subsolador, que prepara rapidamente grandes extensões de canteiros a uma profundidade de até 80 centímetros (cm), dispensando o uso de perfuratriz na abertura de covas destinadas ao plantio de árvores;

- b. Uma ceifadeira-enleiradeira, que corta o capim nas entrelinhas entre os plantios e simultaneamente deposita na linha de plantio, onde serve de matéria orgânica e cobertura do solo; e
- c. Um podador de altura, que, puxado por trator, eleva o trabalhador, equipado com motosserra, na altura da poda de árvores maiores, dispensando o uso de escadas, que precisariam ser retiradas e recolocadas em cada árvore a ser podada.



**Foto 1.** Equipamento utilizados na formação de SAF: enxada rotativa com subsolador

*Fonte: Acervo Sema/Projeto CITinova (CITINOVA, 2020).*



**Foto 2.** Equipamentos utilizados na formação de SAF: enleiradeira e ceifadeira

*Fonte: Acervo Sema/Projeto CITinova (CITINOVA, 2020).*



Foto 3. Área com SAF consolidados

Fonte: Acervo Sema/Projeto CITInova (CITINOVA, 2020).



Foto 4. Implantação de SAF comunidades rurais

Fonte: Acervo Sema/Projeto CITInova (CITINOVA, 2020).



As ações do projeto também envolvem a capacitação de agricultores, em quatro módulos de formação, teóricos e práticos, sobre SAF, totalizando um treinamento de 64 horas. Nessas oficinas, eles também aprendem a usar o maquinário aplicado aos SAF mecanizados. Espera-se, com essa iniciativa, obter resultados mais favoráveis na proteção do solo, na produção de água e no incremento da renda do produtor. Já foram capacitados 80 agricultores e técnicos. O último módulo de capacitação deverá tratar de técnicas de manejo em SAF, com conteúdo referente ao último implemento, ou seja, podador de altura.



Foto 5. Aula de campo – treinamento em Sistemas Agroflorestais

Fonte: Acervo Sema/Projeto CITinova (CITINOVA, 2020).

## 2.2. Restauração de 80 hectares em Áreas de Preservação Permanente (APP) de nascentes e cursos hídricos e em áreas de recargas de aquíferos

O Distrito Federal possui passivo ambiental maior que 20 mil hectares de áreas potenciais para a recomposição, sendo 10 mil em Áreas de Preservação Permanente (APP) (SEMA-DF, 2017). No Projeto CITinova (CITINOVA, 2020), serão implementadas ações voltadas para a recomposição

da vegetação nativa em 80 hectares de nascentes, áreas de recarga e demais áreas de preservação permanente, degradadas ou alteradas, nas Bacias do Rio Descoberto e Rio Paranoá, visando à manutenção e recuperação de seus aquíferos.

Entre as ações de recomposição, serão utilizados diversos métodos, conforme vocação das áreas a serem selecionadas, incluindo plantio de mudas, plantio direto de sementes, condução da regeneração natural, enriquecimento em áreas alteradas e/ou plantios agroflorestais que aliam a produção agrícola sustentável com a conservação do solo e trazem benefícios aos serviços ecossistêmicos.

Essa iniciativa busca recuperar ou recompor as áreas degradadas ou alteradas, bem como testar outras técnicas previstas no Código Florestal, com a finalidade de diminuir custos de implantação dos projetos e permitir o uso sustentável do solo, combinando a produção de cultivos agrícolas com plantio de árvores frutíferas, medicinais, madeireiras, entre outras, compatíveis com as práticas de cultivo e consumo da população local.



Foto 6. Ação de restauração de nascente no Parque Águas claras.

Fonte: Acervo Sema/Projeto CITInova (CITINOVA, 2020).

Testar abordagens mais eficientes de recomposição da vegetação nativa no bioma Cerrado é uma das entregas do projeto CITInova. O plantio de mudas tem sido o método mais aplicado e difundido, porém, há alguns fatores preponderantes para o insucesso de plantios de recuperação, entre eles, o curto período de manutenção estabelecido, a presença de fogo, ataques de formigas e vandalismo. No caso desse projeto, serão testadas outras técnicas da recomposição, como o plantio direto de sementes consorciadas com o plantio de mudas. Será verificado, ainda, se as outras técnicas existentes podem ser mais eficientes para o bioma Cerrado, considerando que são poucas as experiências de mesma finalidade direcionadas a esse bioma.

Nesse contexto, além do tradicional plantio com mudas, estão sendo testadas as técnicas de plantio direto de sementes, condução de regeneração natural, nucleação e enriquecimento em áreas alteradas, sendo observados, simultaneamente, a eficiência e o comportamento das espécies do bioma Cerrado nessas diferentes técnicas de recuperação abordadas.

### 2.3. Tecnologias inovadoras testadas para remediar áreas contaminadas por resíduos sólidos urbanos

Desativado em 20 de janeiro de 2018, o local objeto desta iniciativa já foi considerado o maior lixão ao ar livre da América Latina. Localizado em uma região de duas cabeceiras de córregos que alimentam o Lago Paranoá, às margens de Brasília, o antigo Lixão da Estrutural contém resíduos depositados desde a década de 1960, que causam a contaminação dos solos, dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) e emitem gases de efeito estufa (GEE), dentre outros problemas.

As ações previstas no Projeto CITInova (CITINOVA, 2020) irão disponibilizar o diagnóstico dos atuais níveis de contaminação e os resultados de testes pilotos com o uso de tecnologias inovadoras, para subsídio à remediação da área do antigo Lixão na região da Estrutural. Essas informações permitirão que o Governo do Distrito Federal execute o gerenciamento da área contaminada, dispondo de informações seguras sobre as tecnologias mais adequadas para a efetiva remediação, etapa necessária do Plano de Gerenciamento de Área Contaminada, considerando as dimensões afetadas (aproximadamente 200 hectares) e o volume dos resíduos depositados ao longo de quase seis décadas. As tecnologias testadas serão:

#### 2.3.1. Implantação de fitorremediação para descontaminação do solo

Na área de amortecimento do Parque Nacional de Brasília (PARNA), situada em localidade contígua ao lixão, será testada a técnica de fitorremediação. Este método consiste na utilização



de espécies vegetais para a retenção de contaminantes dispersos no solo, onde os diferentes metais disponíveis são absorvidos nas estruturas vegetais como raízes, caules e folhas das plantas.

Para isso, foram plantadas 500 mudas de 10 espécies nativas do bioma Cerrado e de uma espécie exótica, em uma área de um hectare (1 ha) confirmadamente contaminada. A expectativa é a de que esse projeto-piloto possa fornecer informações sobre: quais espécies respondem de forma mais eficiente na descontaminação de metais pesados do solo; se as espécies do bioma cerrado respondem melhor do que a espécie exótica plantada; e qual é o tempo necessário mínimo para que se dê a descontaminação do solo por meio dessa técnica.

As espécies nativas plantadas incluem: *ipê-roxo*, *angico*, *baru*, *fedegoso*, *mama-cadela*, *cedro*, *copaíba*, *mulungu*, *pata-de-vaca* e *jatobá* (totalizando 400 mudas), além do eucalipto (espécie exótica), somando 100 mudas. De maneira conjunta com as espécies arbóreas de ciclo longo, foram plantadas espécies de ciclo curto, em sulcos, como o sorgo e o girassol. Todas as espécies selecionadas possuem registros em trabalhos que indicam seu potencial acumulador de metais.



**Foto 7.** Plantio de sorgo – fitorremediação do Lixão

**Fonte:** Acervo Projeto CITInova (CITINOVA, 2020).

Antes do plantio, foram retiradas amostras dos solos em duas profundidades: de 10 a 30 cm; e de 60 a 80 cm. A segunda fase de amostragens deverá ser realizada após 8 a 10 meses do plantio. Os pontos de amostragens serão definidos em função do desenvolvimento da biomassa, mas, sempre que possível, próximos aos pontos originais. Análises serão realizadas em amostras do caule, a 40 cm do solo, e da massa foliar, em três plantas da mesma espécie. As análises prioritárias

serão feitas para metais tóxicos, além de outros cátions, como cálcio, ferro e magnésio. As avaliações dos resultados deverão focar na capacidade de sequestro de metais que cada espécie exibe, em comparação com dados de literatura.



**Foto 8.** Irrigação das mudas das 10 espécies nativas plantadas no experimento da fitorremediação, totalizando 400 mudas nativas e 100 mudas exóticas

**Fonte:** *Acervo Sema/Projeto CITInova (CITINOVA, 2020).*

Também foi retirada massa foliar de plantas nativas e exóticas localizadas na área do lixão e em área conservada no Campus da Universidade de Brasília (UnB), com o objetivo de verificar o teor de metais acumuladas na massa vegetal, em área contaminada e não contaminada. Para esse teste, foram utilizados: mamona, margaridão, leucena e eucalipto (como espécies exóticas) e pequi, ipê, angico e araticum (como espécies nativas).

Este experimento é considerado projeto-piloto de Soluções baseadas na Natureza (SBN) inovadoras, como resposta ao impacto causado, até 2018, pela deposição irregular, na área, do lixo proveniente da população do DF na área. Para reduzir esses impactos negativos de contaminação da água, do solo e do ar, optou-se por tratar os problemas locais, na faixa de tamponamento do PARNA, por meio da utilização de espécies vegetais com potencial de acumulação de metais.

### 2.3.2. Estabilização de metais no Solo

Para o desenvolvimento desse teste piloto, foi definida uma área de um hectare (1 ha). Inicialmente, foram amostrados os solos a duas profundidades 20 a 40 cm e 60 a 80 cm. Em seguida, a área



foi pulverizada com pó de rocha dolomítica (o mesmo utilizado em agricultura) para a elevação do pH na faixa próxima ou maior que 7cm. Após 3 meses da adição da rocha carbonática, novas análises serão realizadas próximo aos pontos originais para avaliar a efetividade do controle do pH na estabilização dos metais. Os procedimentos analíticos deverão ser realizados com a metodologia de estudos de solos, isto é, com digestão e extração por ácido fraco a frio. Neste caso, pode-se avaliar a biodisponibilidade dos metais e verificar o quanto fica retido no solo em fase estável e, portanto, não disponível para o meio ambiente.

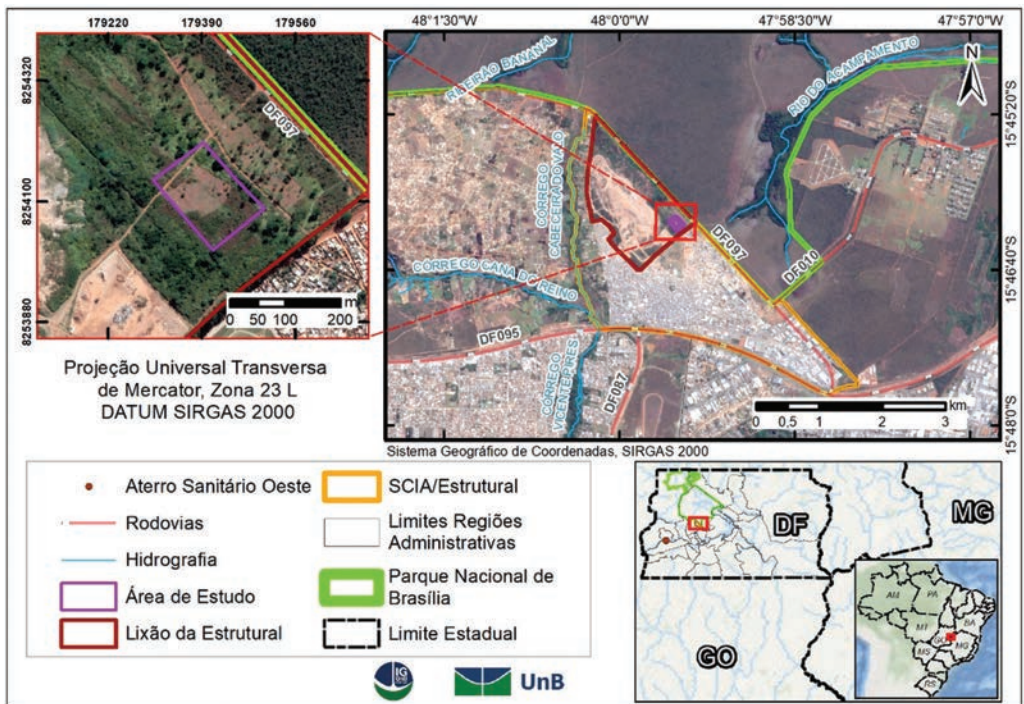


Figura 1. Pontos de amostragem de monitoramento no Lixão da Estrutural, em Brasília/DF

Fonte: Sinalizações feitas por equipe do Departamento de geociências da UnB sob imagem do Google Earth capturada em 03 de abril de 2020.

A elevação do pH dos solos do Cerrado, que são naturalmente ácidos, também é um aprendizado oriundo do comportamento das reações químicas na natureza, pois é conhecido que solos mais

6 O pH corresponde ao potencial hidrogeniônico de uma solução. Ele é determinado pela concentração de íons de hidrogênio (H+) e serve para medir o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de determinada solução. Fonte: < <https://www.todamateria.com.br/o-que-e-ph/#:~:text=O%20pH%20corresponde%20ao%20potencial,ou%20alcalinidade%20de%20determinada%20solu%C3%A7%C3%A3o> >.

alcalinos, de outras regiões com climas e geologia distintos, são capazes de reter metais. Assim, pretende-se mudar as condições locais dos solos para que os metais sejam estabilizados em uma fase mineral estável e não fiquem biodisponíveis (como no ambiente dos solos naturais).

### 2.3.3. Enclausuramento da fonte e monitoramento geotécnico preliminar

Para obtenção de dados preliminares sobre a estabilidade geotécnica da pilha de rejeitos, serão instalados marcos de concreto, com amarração por estação total e irradiação com auxílio de medições de eventuais variações laterais das miras de leitura. As medições periódicas da inclinação dos marcos também devem compor a base do monitoramento. As aferições devem ser realizadas a cada 4 meses e os resultados avaliados continuamente, a partir da comparação da medida em um tempo  $n$  com os dados da posição original dos marcos e de um tempo  $n-1$ . Caso qualquer movimento seja notado no maciço, medidas de contenção devem ser tomadas, incluindo: quebra do talude, compactação lateral da pilha (em locais com maior declividade), proteção do talude para casos viáveis (por exemplo, uso de gabiões ou rip rap).

Para o teste de enclausuramento da fonte de contaminação, serão aplicadas técnicas tradicionais de aterros, compactação e drenagem pluvial com o uso de tubos e manilhas. A água de drenagem deverá ser lançada em áreas externas ao maciço de resíduos, como ação para diluição da pluma de contaminação (como uma alternativa de tratamento *in situ* da contaminação por lixiviado de resíduos sólidos). Por meio da aplicação dessa técnica, busca-se evitar a produção continuada de chorume a partir da infiltração de águas de chuva sobre o maciço de resíduos sólidos.

Esta ação também tem base na observação da natureza local. O clima da região apresenta forte sazonalidade em duas estações contrastantes: seco, entre maio e setembro, e chuvoso, entre outubro e abril. Com aplicação desse piloto, pretende-se transformar a área do aterro em uma microrregião com apenas uma estação no ano, isto é, permanentemente seco. Sem a entrada de água das sucessivas chuvas, a produção do chorume fica limitada, alterando toda a geoquímica do sistema.



Figura 2. Localização dos poços de amostragem de monitoramento a serem instalados no Lixão da Estrutural, em Brasília-DF

**Nota:** Os poços destacados em vermelho deverão ter 80 metros de profundidade e os demais até 30 metros. Os poços destacados em verde estão situados no interior do Parque Nacional de Brasília. Os pontos escolhidos estão em áreas públicas ou em faixas de domínio de vias de acesso. Cinco poços estão localizados no interior do Parque Nacional de Brasília. No interior da poligonal da URE, existem 10 poços construídos pelo projeto Finatec/CEB.

**Fonte:** Sinalizações feitas por equipe do Departamento de geociências da UnB sob imagem do Google Earth capturada em 03 de abril de 2020.

### 3. Considerações finais

Os projetos pilotos mencionados vão de encontro ao compromisso do Governo do Distrito Federal com a causa ambiental. “Entre suas principais atribuições estão a de definir políticas, planejar, organizar, dirigir e controlar a execução de ações nas áreas de resíduos sólidos, recursos hídricos, educação ambiental e áreas protegidas, visando ao desenvolvimento sustentável do DF” (Parágrafo copiado do site da Sema-DF (SEMA,2018), às 17h de 03/06/2020).

Além disso, as iniciativas de Sbn que estão sendo implementadas pela Sema/DF, com apoio do Projeto CITInova (CITINOVA, 2020), estão associadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU,2015), em especial, ao ODS 11 – Cidades e comunidades sustentáveis pelo reforço de ações de mitigação de impactos dos ecossistemas nas zonas urbanas e oferta de múltiplos benefícios vitais para a existência de cidades sustentáveis e resilientes.

## Referências

CITInova - **Planejamento integrado e tecnologias para cidades sustentáveis**. Disponível em: <https://citinova.mctic.gov.br>. Acesso em: 2 jun 2020.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA. **Competências da SEMA**. set. 2018. Disponível em: <http://www.sema.df.gov.br/competencias-da-sema/> Acesso em: 03 jun. 2020.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA. **Plano recupera cerrado** - Uma avaliação das oportunidades de recomposição para o Distrito Federal. 99p. 2017. Disponível em: [http://www.sema.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/PLANO\\_RECUPERA\\_CERRADO.pdf](http://www.sema.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/PLANO_RECUPERA_CERRADO.pdf)

MICCOLIS, Andrew *et al.* **Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção**. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília: Instituto, População e Natureza-ISPAN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016. 266 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161912/1/ICRAF-SAFs-Cerrado-e-Caatinga.pdf>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS)**; 17 objetivos para transformar nosso mundo. 2015b. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>

# Soluções baseadas na Natureza: uma revisão sobre o conceito

Raiza Gomes Fraga<sup>1</sup>, Doris Aleida Villamizar Sayago<sup>2</sup>

## Resumo

Surgido no final dos anos 2000, o conceito de Soluções baseadas na Natureza (SbN) vem ganhando destaque entre organismos internacionais e na União Europeia como uma aposta para a adaptação às mudanças climáticas. As SbN são entendidas como soluções que, de alguma forma, se inspiraram, copiaram ou tomaram como base processos naturais para gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos para a sociedade. O presente artigo resgata o histórico de surgimento do conceito, apresentando uma revisão da abordagem e as definições sobre o tema, a partir dos principais autores no continente europeu.

**Palavras-chave:** Soluções baseadas na Natureza. Sustentabilidade. Políticas públicas. Mudanças climáticas.

## Abstract

*Emerged in the late 2000s, the concept of nature-based solutions (NBS) has been gaining prominence among international organizations and in the European Union as a bet for adaptation to climate change. NBS are understood as solutions that have somehow been inspired, copied or based on natural processes to generate social, environmental and economic benefits for society. This article retrieves the history of the concept's emergence by presenting a review of the approach and definitions on the theme from the main authors on the European continent.*

**Keywords:** Nature-based solutions. Sustainability. Public policy. Climate change.

1 Doutoranda em Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS-UnB).

2 Pós-doutorado em Desenvolvimento Sustentável e em Ciência Política. Professora adjunta do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (CDS-UnB).

## 1. Introdução

Surgido no final dos anos 2000, o conceito de Soluções baseadas na Natureza (SbN) vem ganhando destaque entre organismos internacionais e na União Europeia (EU) como uma aposta para a adaptação às mudanças climáticas. As SbN são entendidas como soluções que, de alguma forma, se inspiraram, copiaram ou tomaram como base processos naturais para gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos para a sociedade.

Na Europa, o conceito é especialmente aplicado para o contexto urbano, em um reconhecimento do papel da natureza e da biodiversidade em gerar cobenefícios, por exemplo, para a saúde e o bem-estar, contribuindo para a resiliência urbana, além de criar oportunidades de geração de emprego e renda. As SbN representam iniciativas como áreas verdes urbanas, jardins de chuva, alagados construídos, telhados verdes e agricultura urbana, abordando diversas maneiras em que os serviços ecossistêmicos podem ser geridos e restaurados de forma a reduzir a vulnerabilidade urbana frente a eventos extremos.

A União Europeia vem desenvolvendo pesquisa e implementação de SbN desde o início dos anos 2000, sendo um importante ator para a disseminação do tema, juntamente com organismos como a União Internacional para a Conservação da Natureza<sup>3</sup> (UICN) e o Banco Mundial. Por meio dos trabalhos da Comissão Europeia, foi iniciado, em 2015, um movimento de investigação sobre SbN no âmbito do setor acadêmico daquele continente, o que resultou em subsídios à tomada de decisão em escala regional.

O tema é particularmente atual para um Brasil que, recentemente, viu o metabolismo de grandes cidades ser afetado por chuvas acima da média de que se tem registro. Nossa histórica relação de negação da natureza no espaço urbano começa a ser sentida em episódios recorrentes de alagamentos e destruição, como os vistos nas cidades de Belo Horizonte e São Paulo no início de 2020. O valor da natureza passa a ser percebido, ainda que em uma visão limitada, a partir dos prejuízos econômicos gerados após eventos extremos.

Por se tratar de um conceito jovem, ainda existem diferentes definições e abordagens das SbN, mas, em geral, se referem ao uso da natureza como uma estratégia econômica para o desenvolvimento humano (NESSHOVER *et al.*, 2017). O presente artigo resgata o histórico de surgimento do conceito, apresentando uma revisão da abordagem a partir dos principais autores no continente europeu.

---

3 Em suas línguas oficiais, Inglês e Francês, respectivamente *International Union for Conservation of Nature* e *Union internationale pour la conservation de la nature*, também conhecida pelas siglas IUCN e UICN.



## 2. O surgimento do conceito de Soluções baseadas na Natureza (SbN)

De tempos em tempos, surgem novos termos e conceitos, acompanhando a evolução do discurso em torno da sustentabilidade. Desde o surgimento do termo *ecodesenvolvimento* e, posteriormente, com a publicação do Relatório Brundtland cunhando o termo *desenvolvimento sustentável*, a batalha pela hegemonia de interpretação em torno do conceito de sustentabilidade floresceu. São muitas as definições, algumas relacionadas à dimensão ambiental, outras voltadas à articulação entre economia e meio ambiente e, ainda, outras orientadas para a equidade social (NASCIMENTO, 2012). Como aponta Nascimento (2012), no fundo, todos os termos e todas as ideias tratam de construir um modelo de desenvolvimento que permita a conservação da natureza, ao mesmo tempo em que garanta a vida minimamente digna de todos. Esse conceito remete, portanto, à ideia de durabilidade da espécie humana em um cenário onde ultrapassamos em muito os limites planetários (ROCKSTROM, 2009).

O mais recente conceito a ingressar no campo da sustentabilidade é o de Soluções baseadas na Natureza (SbN), ou em inglês *nature-based solutions*. Essa expressão surge como um conceito polifônico e detentor em si de todas as demais estratégias consolidadas no âmbito de serviços ecossistêmicos e de capital natural. Ou seja, a ideia em torno das SbN funciona como um conceito guarda-chuva que busca expressar todas as soluções que, de alguma forma, se inspiraram, copiaram ou tomaram como base processos naturais para gerar algum benefício para a sociedade humana.

As ameaças ao espaço operacional seguro para a humanidade (ROCKSTROM, 2009) não são novidade em um cenário em que os danos físicos e materiais - causados por chuvas, secas, poluição, deslizamentos, áreas contaminadas e insegurança alimentar - estão presentes no cotidiano da maioria da população mundial, em maior ou menor grau. O conceito de Soluções baseadas na Natureza (SbN) surge em função da busca por uma abordagem que responda aos crescentes desafios ambientais.

As discussões em torno do *Millennium Ecosystem Assessment (MEA)*<sup>4</sup>, no início dos anos 2000, pautaram o tema da biodiversidade e a importância crescente dos serviços ecossistêmicos para

---

4 A iniciativa de Avaliação Ecosistêmica do Milênio – em Inglês, Millennium Ecosystem Assessment, acrônimo (MEA) - foi um programa de pesquisa sobre as mudanças no ecossistema e suas consequências para o bem-estar humano. O trabalho foi apoiado pelas Nações Unidas, envolvendo uma série de instituições e 1.360 especialistas em todo mundo, entre os anos de 2001 a 2005, com o objetivo de produzir evidências sobre as condições e tendências nos ecossistemas globais e os serviços por eles prestados. Como resultado, o programa gerou uma série de documentos que representam uma base científica do status dos ecossistemas e das ações para conservá-los e utilizá-los de maneira sustentável (UN, 2005).

a manutenção da vida humana. A urgência em se adotar políticas de promoção da conservação, restauração e gestão sustentável dos ecossistemas fomentou debates em torno de ideias como a de ‘soluções naturais’ e capital natural (COHEN-SHACHAM, 2016). Nesse período, surge o termo “Soluções baseadas na Natureza” ou, em inglês, “nature-based solutions”.

O conceito de Soluções baseadas na Natureza vinha sendo desenvolvido especialmente em um grupo de trabalho na União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN). Mas, é em uma publicação do Banco Mundial que surge a primeira referência ao termo, no fim dos anos 2000. O documento, um portfólio de iniciativas financiadas pelo Banco Mundial entre o período de 1998 e 2008, demonstra os investimentos do Banco em projetos que contribuíram para a mitigação e adaptação climáticas, sustentados, total ou parcialmente, pelo uso de Soluções baseadas na Natureza para a conservação e o uso sustentável do capital natural (WORLD BANK, 2008). O portfólio aponta para o montante de 6 bilhões de dólares investidos no período, em iniciativas que ajudaram os países clientes a cumprir suas obrigações firmadas junto à Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) (WORLD BANK, 2008).

Na UICN, o debate em torno do conceito avança com a publicação de um *position paper* na oportunidade da Conferência das Partes da Convenção-quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (COP-15), realizada em 2009, em Copenhague. O documento *No time to lose: make full use of nature-based solutions in the post-2012 climate change regime* trouxe, naquela edição da COP, o posicionamento da UICN sobre as ações para o enfrentamento das mudanças climáticas, reconhecendo o papel que os ecossistemas naturais podem ter ao permitir a adaptação às mudanças no clima.

Após as negociações de 2009 da COP-15, a UICN introduziu o conceito em seu programa global, considerando-o um marco, uma vez que representava um terço de suas ações previstas para o período de 2013-2016 (IUCN, 2012). A experiência da UICN em projetos em torno de serviços ecossistêmicos e redução de riscos de desastres contribuiu para o seu posicionamento em 2016, quando formalmente adotou o conceito de SbN, por meio da publicação da carta “*Defining Nature-based Solutions*” (IUCN, 2016). O texto da carta aponta que a adoção do conceito por parte da UICN toma como base: décadas de trabalho realizados pela equipe da instituição (em especial pela sua Comissão de Gestão de Ecossistemas); além de princípios e estruturas pré-existentes, com destaque para a Abordagem Ecossistêmica da Convenção sobre Diversidade Biológica (IUCN, 2016).

Considerando as primeiras menções ao termo por parte do Banco Mundial e da UICN, pode-se afirmar que o surgimento do conceito se dá entre organizações internacionais que o adotam em abordagens nas áreas das ciências ambientais e conservação da natureza. É a partir de 2010 que



o conceito migra para a esfera das políticas públicas, em especial por meio das discussões em torno da Estratégia de Biodiversidade da União Europeia (UE) para 2020, quando alguns elementos centrais para a abordagem das SbN começam a ser desenhados (MAES; JACOBS, 2015).

A aludida Estratégia, que deu seguimento ao Plano de Ação da EU em matéria de Biodiversidade (lançado no ano de 2006), previa a recuperação, até o final de 2020, por meio de infraestrutura verde, de pelo menos 15% de ecossistemas degradados abrangidos pelos territórios dos países membros (CE, 2011). Outro elemento central para o desenho do conceito de SbN na União Europeia, antecipado pelo documento, é a proposta de mapeamento e avaliação da situação dos ecossistemas e seus serviços, em cada país, permitindo uma análise econômica desses serviços e a integração desses valores nos sistemas de contabilidade e informação, em nível nacional e das políticas do bloco (CE, 2011). Esse movimento será executado mais à frente, por meio de diversas pesquisas financiadas pela UE para a análise de políticas públicas e a inclusão das SbN em seu quadro.

Estabelecidas então como prioridades, a recuperação e a promoção de infraestruturas verdes em zonas urbanas e rurais da UE são mencionadas no documento referido, com a ressalva da necessidade de incentivos para que os investimentos iniciais em projetos dessa natureza sejam encorajados. Como alternativa, são propostas a orientação de financiamentos próprios por parte da União Europeia e a construção de parcerias público-privadas (CE, 2011).

Essa relação entre os serviços ecossistêmicos e a valoração econômica do capital natural proposta pela Estratégia da Biodiversidade e, mais tarde, pela Estratégia de Infraestrutura Verde torna-se uma linha importante para os argumentos adotados pela União Europeia a fim de promover Soluções baseadas na Natureza (RAYMOND *et al.*, 2017). É importante notar que, no período de 2008 a 2010, os países europeus passavam por uma forte crise econômica, com índices elevados de desemprego, forçando uma agenda da inovação e crescimento econômico para a região.

Nesse momento, a discussão desloca-se do debate exclusivo de ganhos ambientais para um entendimento dos múltiplos benefícios que as Soluções baseadas na Natureza poderiam promover. As SbN reafirmam-se, portanto, com uma “sutil mudança de perspectiva: não só seriam as pessoas as passivas favorecidas dos benefícios advindos da natureza, mas também poderiam, proativamente, gerenciar ou restaurar ecossistemas naturais como uma contribuição significativa para abordar os principais desafios sociais (COHEN-SHACHAM, 2016, p.3) ”.

Em 2015, após rodadas de discussões em comissões especiais sobre Soluções baseadas na Natureza, é lançado o relatório *“Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-based solutions & re-naturing cities – Final report of the Horizon 2020 Expert Group on*

*"Nature-based solutions and re-naturing cities"* (EC, 2015), cunhando o termo no contexto da União Europeia e apontando os objetivos e as ações voltados à agenda de pesquisa e inovação para Soluções baseadas na Natureza. Inicialmente desenhado na Diretoria Geral para Pesquisa e Inovação da Comissão Europeia – em Inglês, *Directorate-Generale for Research and Innovation* (DG RT) -, o relatório congrega os esforços em torno da agenda, lançando uma nova etapa para a abordagem, financiada pelos investimentos do programa Horizonte 2020<sup>5</sup>.

A Diretoria Geral para Pesquisa e Inovação (DG RT) adota, portanto, o conceito de Soluções baseadas na Natureza, entendendo-o como um meio inovador para apoiar o "crescimento econômico, como parte da economia verde" (EC, 2015). Uma vez consolidado em publicações e encontros no âmbito das comissões da União Europeia, o conceito passa a ser difundido e viabilizado, deste modo, por meio do programa Horizonte 2020, que prevê investimentos-pilotos em grande escala e projetos de demonstração de SbN tangíveis, em sua maioria tentando responder às lacunas em pesquisa e inovação apontadas pelo relatório da UE de 2015 sobre o tema.

### 3. Em busca de definições

Um grande desafio dessa temática é o número de definições diferentes em torno do conceito de Soluções baseadas na Natureza. As duas principais abordagens citadas em artigos acadêmicos apresentam as definições propostas pela UICN e pela União Europeia. A UE adotou as SbN como elemento central de sua política de ciência, tecnologia e inovação. O bloco vem investindo em projetos-pilotos para demonstrar a viabilidade das Soluções baseadas na Natureza enquanto política pública de enfrentamento das mudanças climáticas e de promoção de uma urbanização sustentável (MAES; JACOB, 2015).

Em comum, os diversos conceitos de SbN têm como objetivo explícito relacionar os benefícios que a natureza pode oferecer à vida humana. Entretanto, devido ao seu enquadramento ser tão amplo, o sentido das SbN pode, muitas vezes, ser vago (NESSHOVER *et al.*, 2017). A Tabela 1 resume as definições apresentadas pela UICN e pela União Europeia.

---

5 O Horizonte 2020 é considerado o maior programa de pesquisa e inovação da União Europeia, com mais de 80 bilhões de euros disponíveis para financiamento ao longo de um período de sete anos (2014 a 2020) (CE, 2014) e com perspectivas de exercer papel importante na expansão da agenda em SbN.

Tabela 1. Definição de Soluções baseadas na Natureza

	<i>União Internacional para a Conservação da Natureza</i>	<i>União Europeia</i>
<i>Definição de Soluções baseadas na Natureza (SbN)</i>	“Ações para proteger, gerir e restaurar de forma sustentável ecossistemas naturais ou modificados que abordem os desafios da sociedade de forma eficaz e adaptativa, proporcionando simultaneamente benefícios para o bem-estar humano e a biodiversidade” (COHEN-SHACHAM, 2016, p. 2)	“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 cobenefícios 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, p. 2)
<i>Princípios para a adoção de estratégias de SbN</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A intervenção oferece uma solução eficaz para um grande desafio global, utilizando a natureza.</li> <li>2. A intervenção oferece benefícios de biodiversidade em termos de ecossistemas diversos e bem geridos.</li> <li>3. A intervenção é econômica em relação a outras soluções.</li> <li>4. O raciocínio por trás da intervenção pode ser facilmente e convincentemente comunicado.</li> <li>5. A intervenção pode ser medida, verificada e replicada.</li> <li>6. A intervenção respeita e reforça os direitos das comunidades sobre os recursos naturais.</li> <li>7. A intervenção aproveita fontes de financiamento públicas e privadas (COHEN-SHACHAM, 2016, p.24 e 25).</li> </ol>	-----
<i>Áreas estratégicas para intervenções com SbN</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Segurança hídrica</li> <li>2. Segurança alimentar</li> <li>3. Saúde pública</li> <li>4. Redução de riscos de desastres</li> <li>5. Mudanças climáticas</li> </ol> (COHEN-SHACHAM, 2016)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Urbanização sustentável</li> <li>2. Recuperação de ecossistemas degradados</li> <li>3. Adaptação e mitigação frente às mudanças climáticas</li> <li>4. Gerenciamento de riscos e resiliência (EC, 2015)</li> </ol>

Fontes: *Cohen-Shacham, 2016; European Commission, 2015.*

Certamente, a definição do conceito não se esgota aqui. Para Kabisch *et al.* (2016), SbN é um dos muitos conceitos que promovem a manutenção, melhoria e restauração da biodiversidade e dos ecossistemas como meio para enfrentar diferentes preocupações/problemas simultaneamente. Por sua vez, Maes e Jacobs (2015) propõem uma abordagem mais prática, entendendo as SbN como estratégias que utilizem os serviços ecossistêmicos com redução de entrada de energias não-renováveis e aumento de investimento em processos renováveis. Na concepção desses autores, a natureza não deve mais ser vista como uma fonte de recursos para aliviar a crise econômica, mas, sim, uma fonte de inspiração de soluções econômicas mais sistêmicas (MAES; JACOB, 2015, p.123).

Em oposição às abordagens que se assentam nas soluções tecnológicas para o enfrentamento dos desafios ambientais, Eggermont *et al.* (2015) entendem o conceito de SbN como parte de uma abordagem alternativa que reconhece o complexo sistema sócioecológico e a necessidade de sua gestão para a entrega de serviços ecossistêmicos à humanidade. Assim, a expressão SbN surge referindo-se ao uso da natureza para resolver diferentes problemas socioambientais de longo prazo. Se, de um lado, os serviços ecossistêmicos estão frequentemente voltados aos benefícios imediatos para o bem-estar social e a economia, de outro, as SbN iriam além deste cenário, redirecionando o debate de interação entre natureza e sociedade, de maneira a utilizá-la para o alcance de objetivos como o bem-estar social, a redução da pobreza, o desenvolvimento socioeconômico e a governança participativa (EGGERMONT *et al.*, 2015).

É consenso haver uma necessidade de se caracterizar melhor o conceito de SbN (KABISCH *et al.*, 2016). Maes e Jacobs (2015) entendem que a aplicação da expressão em uma agenda de pesquisa e inovação requer uma definição mais apurada, com base no conhecimento acumulado pela abordagem dos serviços ecossistêmicos.

Há, ainda, um longo caminho para a definição e a caracterização de SbN, principalmente devido ao fato de este conceito dialogar com tantos outros que contam com literatura consolidada. O relatório da União Europeia sugere que o conceito de SbN é fundamentado e construído a partir de outras definições muito similares, em especial os conceitos de “abordagem ecossistêmica; serviços ecossistêmicos; adaptação/mitigação baseada no ecossistema; e infraestrutura verde e azul” (EC, 2015). Outros autores apontam, ainda, mais expressões correlatas a SbN: intervenções baseadas na natureza; soluções baseadas em ecossistemas; engenharia ecológica; e capital natural são alguns conceitos dotados de significados comuns à expressão SbN (FAIVRE *et al.*, 2017; MAES; JACOBS, 2017; NESSHOVER *et al.*, 2017).

Para Cohen-Shacham *et al.* (2016), o termo SbN deve funcionar como um conceito guarda-chuva para demais abordagens relacionadas aos serviços ecossistêmicos. Os autores apresentam cinco principais categorias de abordagens ecossistêmicas que podem ser vinculadas ao conceito de SbN.

**Tabela 2.** Abordagens vinculadas ao conceito de Soluções baseadas na Natureza

<i>Categoria de abordagens de SbN</i>	<i>Exemplos</i>
<i>Abordagens de restauração de ecossistemas</i>	Restauração ecológica Engenharia ecológica Restauração da paisagem florestal Adaptação baseada em ecossistemas Mitigação baseada em ecossistemas Serviços de adaptação climática Redução de riscos de desastres baseada em ecossistemas
<i>Abordagens relacionadas à infraestrutura</i>	Infraestrutura natural Infraestrutura verde
<i>Abordagens de gestão baseadas em ecossistemas</i>	Gerenciamento integrado de áreas costeiras Gerenciamento integrado de recursos hídricos
<i>Abordagens de proteção do ecossistema</i>	Abordagens de conservação baseadas na área Gerenciamento de áreas protegidas

**Fonte:** *Elaboração própria adaptado de Cohen-Shacham, 2016.*

Enquanto os trabalhos da UICN caracterizam as estratégias de SbN com um viés fortemente conservacionista, Nesshover *et al.*, (2017) salienta que o conceito de SbN não explicita se a conservação e a proteção da biodiversidade são objetivos ou simplesmente pré-requisitos para a adoção de estratégias de SbN.

De maneira geral, a União Europeia parece estar conduzindo os projetos de SbN com foco central na gestão dos múltiplos benefícios que a natureza pode trazer para a sociedade, em uma visão bastante utilitarista, mais do que conservacionista. Os projetos de SbN conduzidos pela União Europeia, aliás, suscitam o debate da sustentabilidade fraca *versus* sustentabilidade forte, considerando que entendem a natureza como um capital natural disponível para a sustentação da vida humana e não como um capital insubstituível (NESSHOVER *et al.*, 2017).

Ainda, a inserção do termo “soluções” nos leva a crer que há problemas e necessidades claras e consensuais (NESSHOVER *et al.*, 2017). No entanto, a história já demonstrou que a gestão dos ecossistemas é uma atividade complexa, cujos problemas dificilmente são resolvidos com a implementação de uma única solução. Dessa forma, o conceito de SbN passa a lidar com a categoria de incerteza, elemento que se demonstra central para a avaliação e implementação de projetos de SbN.

Em vista de o conceito abrigar múltiplas abordagens, Eggermont *et al.* (2015) propõem uma tipologia de SbN, caracterizando-as em três tipos, conforme elencado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Tipologias de Soluções baseadas na Natureza

<b>Tipo 1</b>	Soluções que envolvem fazer melhor uso de recursos naturais existentes
<b>Tipo 2</b>	Soluções baseadas no desenvolvimento de protocolos para a gestão sustentável de ecossistemas
<b>Tipo 3</b>	Soluções que envolvem a criação de novos ecossistemas

Fonte: *Elaboração própria a partir de Cohen-Shacham, 2016.*

A classificação tipológica de Eggermont é importante, se for considerada a adoção de SbN enquanto políticas públicas, havendo, ainda, a necessidade de uma análise ancorada em critérios preestabelecidos, para a decisão de qual melhor estratégia adotar. Escalonar os projetos de Soluções baseadas na Natureza na construção de políticas públicas é ainda um desafio, mas que vem sendo experimentado em algumas cidades do mundo, em especial, de países europeus e dos Estados Unidos.

## 4. Considerações finais

A partir de sua adoção, nos anos 2000, pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN) e pelo Banco Mundial, a emergência do conceito de Soluções baseadas na Natureza se dá no contexto das ciências ambientais e de conservação da natureza. A ideia deste conceito pode ser resumida como a inspiração nos sistemas naturais em busca de soluções: para a adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas; ao mesmo tempo em que geram melhorias na qualidade de vida da população (COHEN-SHACHAM, 2016).

A proposta das SbN se traduz em uma abordagem sistêmica que envolve, ao mesmo tempo, desafios sociais, ambientais e econômicos. A construção do conceito tem forte base na literatura sobre serviços ecossistêmicos (FAIVRE *et al.*, 2017), diferenciando-se, entretanto, das iniciativas de valoração dos serviços ecossistêmicos, ao orientar-se para uma visão de longo prazo, essencialmente fundamentada em processos de inovação (tecnológica, social e de mecanismos de gestão, entre outros). O foco na inovação justifica-se na relação do conceito de SbN com o mercado e a geração de emprego e renda, em um cenário de diagnóstico de futuro, no qual os postos de trabalho seriam cada vez mais vinculados ao setor ambiental (EGGERMONT *et al.*, 2015).

Antes restrita ao campo político, a expressão começa a ser trabalhada em diferentes comunicações oficiais disponíveis para o grande público. A Nova Agenda Urbana (ONU, 2019) faz referência direta à expressão, apresentando-a como uma alternativa para o planejamento territorial e urbano. A Convenção sobre Diversidade Biológica (CBD) (BRASIL, 2016) também

advoga as abordagens relativas ao conceito de SbN. Por sua vez, o Acordo de Paris (ONU, 2015) e a Declaração de Sendai (UNDRR, 2015) fazem menção ao tema quando sublinham a importância de garantir a integridade dos ecossistemas, considerando o seu papel de adaptação e proteção da vida humana (FAIVRE *et al.*, 2017).

O entendimento por parte da União Europeia (FREITAS, 2018) é o de que as estratégias das Soluções baseadas na Natureza devem ser vistas como ferramentas para a territorialização das agendas globais. Nesse sentido, as SbN dialogam com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015), por exemplo, quase que se apresentando como técnicas e meios de implementação das metas propostas.

Do ponto de vista conceitual, a ideia elementar por trás da expressão de SbN remete à reintegração da natureza no planejamento urbano. Não se trata, portanto, de uma ideia nova, mas de uma ideia que, empacotada com os certos argumentos, pode atrair atenção, investimentos e conscientização para a importância e os benefícios decorrentes de um ambiente urbano mais verde. Portanto, apenas reconhecer as Soluções baseadas na Natureza como uma resposta para alguns dos desafios urbanos já pode ser considerado um avanço, pois, em sua concepção, a expressão nada mais representa do que dar lugar à natureza no espaço urbano.

Algumas áreas apresentam particular suscetibilidade para as SbN, a exemplo da manutenção dos serviços ecossistêmicos em áreas urbanizadas, da restauração de áreas degradadas, do *design* de soluções para o enfrentamento das mudanças climáticas e do uso sustentável da natureza no alívio de grandes desafios, como o bem-estar, a vulnerabilidade, a justiça social e econômica e a cultura (NESSHOVER *et al.*, 2017). Laforzezza *et al.* (2017) apresentam exemplos de ações de SbN nas cidades e os seus resultados desejados: agricultura urbana para fomentar a produção local e a coesão social; telhados verdes para adaptação climática; regeneração de áreas industriais abandonadas, por meio do reflorestamento ou da criação de parques; jardins de chuva para regulação de águas pluviais; e espaços verdes para a promoção da saúde humana.

Muitos trabalhos acadêmicos dedicam-se a analisar a eficácia e eficiência das abordagens de SbN (VAN DEN BOSCH *et al.*, 2017; WILD; GILL, 2017; LIQUETE *et al.*, 2016; PANNO *et al.*, 2017; VAN DER JAGT *et al.*, 2017; XING *et al.*, 2017). O foco destes trabalhos é verificar se os benefícios previstos pelo conceito de SbN realmente se materializam após a sua implementação. Certamente, a realidade encontrada nos países desenvolvidos diverge muito das condições das cidades brasileiras. Ao enfrentar problemas como o de coesão social, saúde e adaptação climática, os países desenvolvidos apresentaram soluções para elementos centrais da agenda urbana, como os que envolvem saneamento, mobilidade e moradia.

No Brasil, podemos pensar que estratégias que valorizem a provisão de serviços ecossistêmicos poderiam contribuir para o cenário de fechamento de diversos lixões em todo o País. Após a implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), muitos lixões ou áreas impróprias para o descarte de resíduos ficaram abandonadas e necessitam de recuperação. Estratégias como as de fitoremediação e fitoestabilização seriam uma possibilidade de enfrentamento. Por sua vez, para as cidades costeiras que enfrentam o avanço do mar ou a erosão da faixa de areia, a recuperação de áreas verdes nativas é uma alternativa. Para as chuvas que inundam as nossas cidades, a criação de parques lineares, a construção de áreas alagáveis e a expansão de áreas verdes em torno dos cursos d'água são medidas simples, porém eficazes para o enfrentamento de inundações. Em relação aos municípios que ainda não dispõem de cobertura total de tratamento de esgoto e convivem com o despejo de esgoto em cursos d'água, sistemas de drenagem naturais, como os jardins filtrantes, poderiam amenizar o cenário, sem comprometer investimentos para a necessária construção de estações de tratamento.

Outra área em que o Brasil necessita investir e que dialoga com o conceito é a de recuperação ambiental em áreas de nascentes. A crise hídrica vivida pelo Distrito Federal e por outras unidades da Federação justifica um investimento em estratégias alternativas, que não apenas a construção de mais reservatórios ou obras de captação em mananciais cada vez mais distantes da população. O investimento na recuperação de áreas degradadas é também uma estratégia de Solução baseada na Natureza e proporciona benefícios em diversos setores.

Certamente, é necessário um mergulho mais aprofundado nas alternativas, no embasamento do conceito e na sua tradução para um território com características amplamente diversas (entre si e em relação ao lugar que inspirou o desenvolvimento do conceito de SbN). No entanto, a proposta central do conceito (FREITAS, 2018) é entender as Soluções baseadas na Natureza como parte enigmática de uma transição sociotécnica para cidades mais resilientes, justas e sustentáveis. E conhecer as SnN é um bom começo para esse percurso.

## Referências

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Convenção sobre a diversidade biológica**. 2016. Disponível em: <https://mma.gov.br/biodiversidade/conven%C3%A7%C3%A3o-da-diversidade-biol%C3%B3gica.html#:~:text=A%20Conven%C3%A7%C3%A3o%20est%C3%A1%20estruturada%20sobre,n%C3%ADveis%3A%20ecossistemas%2C%20esp%C3%A9cies%20e%20recursos>



COHEN-SHACHAM, E. *et al.* **Nature-based solutions to address global societal challenges**. IUCN, Gland, Switzerland, v. 97, 2016. 114 p. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2016-036.pdf>

COMISSÃO EUROPEIA - CE. **Estratégia de Biodiversidade da UE para 2020**. dez. 2011. 6 p. Disponível em: [https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/biodiversity\\_2020/2020%20Biodiversity%20Factsheet\\_PT.pdf](https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/biodiversity_2020/2020%20Biodiversity%20Factsheet_PT.pdf)

COMISSÃO EUROPEIA - CE. **Horizonte 2020 em breves palavras**. 2014. 40 p. Disponível em: [https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020\\_PT\\_Kl0213413PTN.pdf](https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/sites/horizon2020/files/H2020_PT_Kl0213413PTN.pdf)

EGGERMONT, Hilde *et al.* Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe. **GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society**, v. 24, n. 4, p. 243-248, 2015. Disponível em: <https://www.biodiversa.org/898/download>

EUROPEAN COMMISSION - EC. **Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-based 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>

FAIVRE, Nicolas *et al.* Nature-based solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. **Environmental Research**, v. 159, p. 509-518, 2017. Disponível em: <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/96155.pdf>

FREITAS, Tiago. 'Let Nature be the Solution' - The EU's approach to SBN and its landscape of projects. *In: INTERNATIONAL SEMINAR ON NATURE-BASED SOLUTIONS*, 2., Brasília, 9-10 jul. 2018. **Presentation...** Brasília, DF : 2018. 49 p. Disponível em : <https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/09TiagoFreitas.pdf>

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. **The IUCN Programme 2013–2016**. Adopted by the IUCN World Conservation Congress, September 2012. 27 p. Disponível em: [https://www.iucn.org/downloads/iucn\\_programme\\_2013\\_2016\\_final\\_6.pdf](https://www.iucn.org/downloads/iucn_programme_2013_2016_final_6.pdf)

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. **WCC-2016-Res-069-EM**, Defining nature-based solutions, Hawaii, 2016. Disponível em: [https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC\\_2016\\_RES\\_069\\_EN.pdf](https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_EN.pdf)

KABISCH, Nadja *et al.* Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. **Ecology and Society**, v. 21, n. 2, 2016. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss2/art39/>

LAFORTEZZA, Raffaele *et al.* Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. **Environmental research**, n. 165, dez. 2017. Disponível em: <http://lees.geo.msu.edu/research/nbs.pdf>

LIQUETE, Camino *et al.* Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. **Ecosystem Services**, v. 22, p. 392-401, 2016. Disponível em: [https://www.academia.edu/34238160/Integrated\\_valuation\\_of\\_a\\_nature\\_based\\_solution\\_for\\_water\\_pollution\\_control\\_Highlighting\\_hidden\\_benefits?auto=download&email\\_work\\_card=download-paper](https://www.academia.edu/34238160/Integrated_valuation_of_a_nature_based_solution_for_water_pollution_control_Highlighting_hidden_benefits?auto=download&email_work_card=download-paper)

MAES, Joachim; JACOBS, Sander. Nature-based solutions for Europe's sustainable development. **Conservation Letters**, v. 10, n. 1, p. 121-124, 2017. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/conl.12216>

NASCIMENTO, Elimar P. Sustentabilidade: o campo de disputa de nosso futuro civilizacional. IN: LÊNA, P. & NASCIMENTO, E. **Enfrentando os limites do crescimento-sustentabilidade, decrescimento e prosperidade** (Garamond). Rio de Janeiro: 2012. Disponível em: <https://books.openedition.org/irdeditions/20154>

NESSHÖVER, Carsten *et al.* The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. **Science of the Total Environment**, v. 579, p. 1215-1227, 2017. Disponível em: [https://pureportal.inbo.be/portal/files/12909626/Nesshover\\_etal\\_2017\\_SciTotalEnviron.pdf](https://pureportal.inbo.be/portal/files/12909626/Nesshover_etal_2017_SciTotalEnviron.pdf)

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **ACORDO de Paris**. 2015 (29 jan.). Decisão 1/CP.21. FCCC/CP/2015/10/Add.1. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acordodeparis/>

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Nova Agenda Urbana**. 2019. Disponível em: [https://nacoesunidas.org/?post\\_type=post&s=%22Nova+Agenda+Urbana%22](https://nacoesunidas.org/?post_type=post&s=%22Nova+Agenda+Urbana%22)

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS); 17 objetivos para transformar nosso mundo**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/>

PANNO, Angelo *et al.* Nature-based solutions to promote human resilience and wellbeing in cities during increasingly hot summers. **Environmental research**, v. 159, p. 249-256, 2017. Disponível em: <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/154615.pdf>

RAYMOND, Christopher M. *et al.* A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environmental Science & Policy**, v. 77, p. 15-24, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Nadja\\_Kabisch/publication/318702116\\_A\\_framework\\_for\\_assessing\\_and\\_implementing\\_the\\_co-benefits\\_of\\_nature-based\\_solutions\\_in\\_urban\\_areas/links/5ea00234299bf13079b206c3/A-framework-for-assessing-and-implementing-the-co-benefits-of-nature-based-solutions-in-urban-areas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nadja_Kabisch/publication/318702116_A_framework_for_assessing_and_implementing_the_co-benefits_of_nature-based_solutions_in_urban_areas/links/5ea00234299bf13079b206c3/A-framework-for-assessing-and-implementing-the-co-benefits-of-nature-based-solutions-in-urban-areas.pdf)

ROCKSTRÖM, Johan *et al.* Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and society**, v. 14, n. 2, 2009. Disponível em: <https://ced.agro.uba.ar/gran-chaco/sites/default/files/pdf/sem6/Rockstorm%20et%20al%202009.pdf>

UNITED NATIONS - UN. **Millennium Ecosystem Assessment**. 2005. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION – UNDRR. **Declaração de Sendai**. 2015. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/porta1novomedia/2015/03/Declara%C3%A7%C3%A3o-de-Sendai.pdf> e <https://www.undrr.org/publication/sendai-declaration>

VAN DEN BOSCH, Matilda; SANG, Å. Ode. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health—A systematic review of reviews. **Environmental research**, v. 158, p. 373-384, 2017. Disponível em: <http://agnesvandenbergnl/vandenbosch.pdf>

VAN DER JAGT, Alexander PN *et al.* Cultivating nature-based solutions: The governance of communal urban gardens in the European Union. **Environmental research**, v. 159, p. 264-275, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.013>

WILD, T. C.; HENNEBERRY, J.; GILL, L. Comprehending the multiple ‘values’ of green infrastructure—Valuing nature-based solutions for urban water management from multiple perspectives. **Environmental research**, v. 158, p. 179-187, 2017. Disponível em: [http://eprints.whiterose.ac.uk/117195/14/Wild\\_et\\_al\\_2016\\_Comprehending\\_the\\_Multiple\\_Values\\_of\\_Green\\_Infrastructure\\_-\\_Valuing\\_Nature\\_Based\\_Solutions\\_-\\_AFC.pdf](http://eprints.whiterose.ac.uk/117195/14/Wild_et_al_2016_Comprehending_the_Multiple_Values_of_Green_Infrastructure_-_Valuing_Nature_Based_Solutions_-_AFC.pdf)

WORLD BANK. **Biodiversity, climate change and adaptation: nature-based solutions from the World Bank portfolio**. 2008. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/7785/467260WPOREPLA1sity1Septo20081final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

XING, Yangang; JONES, Phil; DONNISON, Iain. Characterization of nature-based solutions for the built environment. **Sustainability**, v. 9, n. 1, p. 149, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Yangang\\_Xing/publication/312665434\\_Characterisation\\_of\\_Nature-Based\\_Solutions\\_for\\_the\\_Built\\_Environment/links/58885556afdcc6b791ed640/Characterisation-of-Nature-Based-Solutions-for-the-Built-Environment.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Yangang_Xing/publication/312665434_Characterisation_of_Nature-Based_Solutions_for_the_Built_Environment/links/58885556afdcc6b791ed640/Characterisation-of-Nature-Based-Solutions-for-the-Built-Environment.pdf)

# Aprendiendo de la roca natural: pavimentos urbanos sostenibles

Francesc Aragall<sup>1</sup>

## Resumo

Os atuais pavimentos urbanos para uso de pedestres são fonte de inúmeros problemas de segurança, higiene, acessibilidade, manutenção, ecológicos e econômicos. A partir de uma análise sistemática desses problemas, a equipe de design do projeto, coordenado pelo autor, analisou diferentes tipos de materiais e várias técnicas de fabricação para buscar obter um tipo de pavimento e um projeto elaborado para as ruas que resolvesse os problemas observados. A análise das características físico-químicas concluiu que nenhuma opção ofereceu solução para todos os problemas, mas que alguns tipos de rochas apresentaram características muito interessantes, embora heterogêneas. Isso levou a equipe a testar a sinterização de minerais para criar rochas com características aprimoradas. Com base em um método de fabricação viável, estudou-se sua aplicação como pavimento urbano sustentável.

## Abstract

*The urban pavements for pedestrian use are a source of numerous safety, hygiene, accessibility, maintenance, ecological and economic problems. From a systematic analysis of these problems, the project team had analyzed different types of materials and various manufacturing techniques to obtain a type of pavement and a design for a section of the streets that solves the observed problems. The analysis of the physical-chemical characteristics has concluded that no option offers a solution to all problems, but some types of rock presents very interesting characteristics, although heterogeneous. This led the team to test the sintering of minerals to create rocks with enhanced features. Based on a viable manufacturing method, its application as a sustainable urban pavement has been studied.*

<sup>1</sup> Francesc Aragall, designer experto en Design for All/Universal Design, presidente de la Design for All Foundation, Barcelona, España. Research and Development director en Access Safety, Barcelona, España.

**Palavras-chave:** Pavimentos urbanos. **Keywords:** *Urban pavements. Sustainability. Sustentabilidade. Rocha natural. Sinterização. Natural rock. Sintering. Acessibilidade. Design urbano.*

## 1. Descripción del problema

Access Safety es una empresa especializada en el desarrollo y comercialización de pavimentos técnicos que se creó en el año 2014. Su motivación principal desde entonces ha sido la de ofrecer pavimentos que aporten accesibilidad y seguridad en entornos construidos.

A partir del año 2017, la empresa emprendió un proyecto de investigación profundo sobre los requerimientos necesarios en el pavimento urbano.

Ello la motivó a emprender un análisis sistemático de los pavimentos urbanos para uso peatonal basado en la observación directa y en entrevistas a ciudadanos, a responsables de planificación urbana; de tráfico y de seguridad; y de empresas de construcción, lo que permitió la elaboración de la siguiente tabla de problemas:

**Tabla 1.** Problemas en los pavimentos peatonales y sus causas

Problema	Posibles causas
Caídas de peatones, ciclistas y motoristas.	Las irregularidades de las aceras, los firmes deslizantes y con pendiente excesiva son causas de muchas de las caídas que sufren los peatones, y la pintura en los pasos de peatones, especialmente cuando está mojada o mal mantenida, provoca también accidentes de peatones, motoristas y ciclistas.
Falta de accesibilidad en el espacio urbano. En los últimos años, hemos visto como personas que solo ocasionalmente utilizaban el espacio público ahora son usuarios habituales. Personas muy mayores, personas ciegas, niños, personas con discapacidad intelectual o con movilidad reducida son algunos de estos usuarios	La falta de señalización podotáctil, los vados mal ejecutados y los obstáculos en las aceras dificultan que todas las personas puedan ejercer el derecho a la movilidad.
Contaminación acústica.	Los pavimentos irregulares y con grabados profundos provocan que tanto vehículos como personas llevando maletas generen ruido. Además, estos tipos de pavimento causan una gran incomodidad a los usuarios de sillas de ruedas al provocar vibraciones.

Problema	Posibles causas
Pavimentos sucios.	Las manchas de aceite, chicles pegados y excrementos de animales son los elementos visibles de la suciedad en los espacios públicos, pero aún sin verlas, el espacio urbano es cobijo de innumerables bacterias que transmiten enfermedades.
Falta de adecuación a los nuevos modos de movilidad. Peatones, bicicletas, sillas de ruedas y vehículos de movilidad personal de todo tipo comparten el espacio urbano con vehículos motorizados para el transporte público y privado, así como para la logística urbana.	La falta de compartimentación y señalización de los espacios entraña un alto riesgo para todas las personas.
Degradación del espacio público.	Especialmente en los cascos antiguos, los materiales originales se van degradando, empeorando cada día su aspecto, despegándose y rompiéndose, afectando a la accesibilidad, confort y estética. Todo ello conlleva un creciente número de caídas, mayor contaminación acústica y menor atractivo para ciudadanos y visitantes.
Absorción del calor.	Los pavimentos oscuros y gruesos tienden a absorber la radiación solar y, por tanto, aumentar la temperatura de la ciudad en estaciones calurosas.
Exceso de agua en las zonas peatonales en caso de lluvias torrenciales.	Desagües y pendientes insuficientes y una proporción incorrecta entre pavimento permeable e impermeable, generan una lámina de agua excesiva en las zonas peatonales.
Disonancia estética entre el pavimento y el entorno.	Uso de materiales de baja calidad o estéticamente inadecuados en entornos históricos y en paisajismo.
Rotura de piezas de pavimento en espacios compartidos.	El paso ocasional o frecuente de vehículos pesados en zonas peatonales causa la rotura de piezas.
Separación y movimiento progresivo de las piezas del pavimento.	Subbases demasiado blandas o que sufren infiltraciones de agua, así como la colocación de piezas sin adhesivos adecuados genera estos movimientos.
Alto impacto ecológico, económico y laboral.	Si bien es muy distinto que en cada tipo de pavimento dependiendo del origen de los materiales y del tipo de extracción en su entorno original, todos ellos tienen en común un peso elevado, que implica esfuerzos importantes en su colocación, y una vida útil relativamente baja.

Fuente: *Elaboración del autor, 2018.*

### Pavimento irregular en zona peatonal



Foto 1. Pavimento irregular en zona peatonal

Fuente: *Elaboración del autor, 2019.*

### Pavimento irregular de adoquines



Foto 2. Pavimento irregular de adoquines

Fuente: *Elaboración del autor, 2019.*



### Roturas por peso



Foto 3. Rotura del pavimento debida al paso de vehículos pesados

Fuente: *Elaboración del autor, 2020.*

### Desgaste y suciedad



Foto 4. Desgaste y suciedad

Fuente: *Elaboración del autor, 2019.*

## Separación inadecuada del carril para bicicletas



Foto 5. Separación inadecuada del carril para bicicletas

Fuente: *Elaboración del autor, 2020.*

A partir de la Tabla 1, podemos clasificar los distintos problemas en dos grupos:

- **Problemas relacionados con el diseño del espacio urbano.**

Básicamente éstos son los relacionados con el drenaje de la lluvia, los resaltes y pendientes inadecuadas, la distribución de usos de la calle, insuficiente contraste visual entre el itinerario peatonal y el resto de la acera y la falta de señalización visual y podotáctil y, evidentemente, la selección de materiales inadecuados.

- **Problemas relacionados con los materiales.**

Éstos suelen ser debidos al uso de materiales poco resistentes a la presión, al desgaste o a las manchas, excesivamente absorbentes de agua y de radiación solar; pero también a su colocación sobre firmes inestables o mediante adhesivos inadecuados.

Si bien para el primer grupo es necesario definir una serie de recomendaciones de diseño del espacio público, para el segundo se precisa un análisis del comportamiento fisicoquímico de los distintos materiales empleados.

### 1.1. Aproximación a los criterios de diseño del espacio peatonal

Aunque el objetivo de este artículo no es el de profundizar en el diseño del espacio urbano, se propone aportar aquí algunos de los elementos que deben ser considerados para garantizar la accesibilidad, la seguridad y el drenaje de las aguas de lluvia:

- Todo el mobiliario urbano y la señalización deberían estar alineados sin interferir con el itinerario peatonal y situarse sobre una franja vegetal a lo largo de la acera, con gran capacidad de absorción de agua de lluvia.
- Los carriles para bicicletas y vehículos de movilidad personal deben situarse entre la línea de mobiliario urbano y la calzada, separados bien por un cambio de cota, o mediante obstáculos físicos.
- La pendiente longitudinal de las calles no debería superar el 5% y el transversal situarse entre el 1% y el 2%.
- El pavimento destinado al itinerario peatonal debería presentar un ancho de 1 metro por cada usuario simultáneo previsto y contar con bancos y zonas de sombra a lo largo del recorrido.
- El pavimento de la zona destinada al itinerario peatonal debería ser de tonos claros y presentar una diferencia de reflectancia de la luz de al menos 30 puntos con respecto a los pavimentos contiguos.

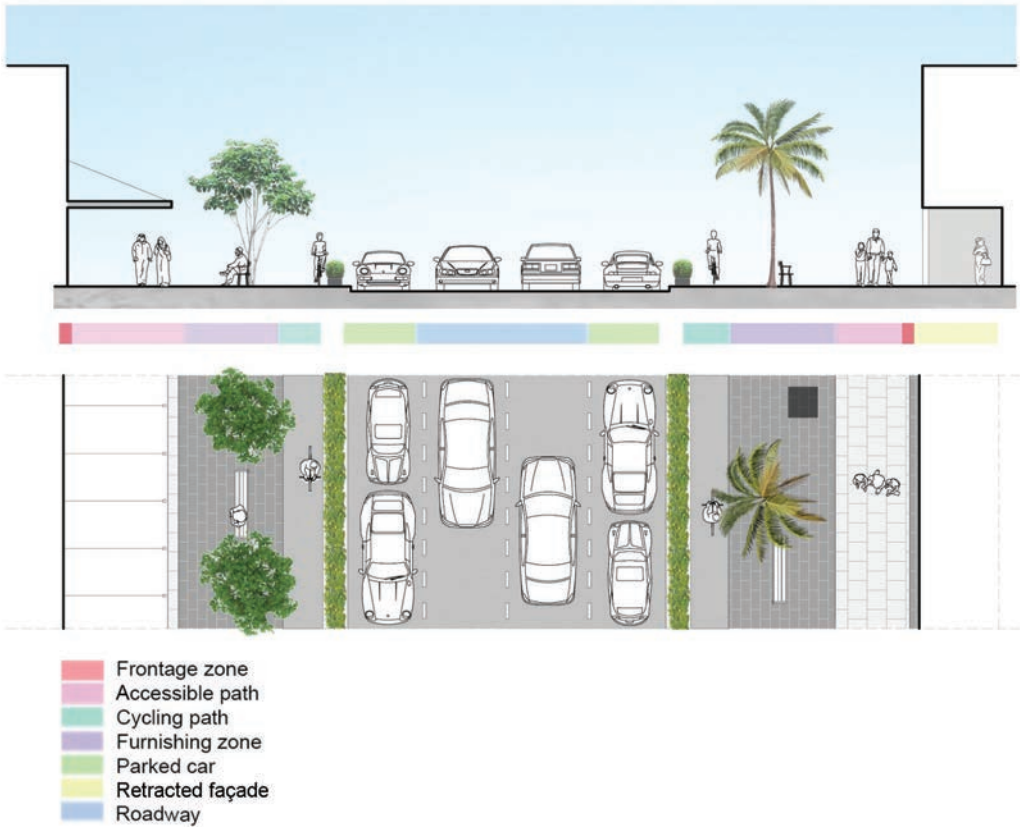


Figura 1. Sección de calle con bancos y zona sombreada (UAE Universal Design Code) (UAE, 2020)

Fuente: *Elaboración del autor.*

## 1.2. Análisis de las características fisicoquímicas de los pavimentos instalados

A la hora de analizar los distintos materiales empleados en los pavimentos urbanos, se han descartado el asfaltado y los firmes continuos de hormigón puesto que, si bien resultan económicos, su vida útil, en buenas condiciones de limpieza, preservación de su integridad y características antideslizantes, es muy corta.

También se han descartado los pavimentos sobre firmes inestables, como la colocación en seco sobre base de arena, puesto que éstos habitualmente se deforman y pierden su integridad.

Así pues, se han agrupado los materiales más habituales para pavimentos en cuatro grandes grupos:

- Losetas de hormigón prensado.
- Losas de pizarra.
- Losas de granito.
- Losas de roca caliza.

Para compararlos, se analizó un conjunto de características consideradas importantes y que se describen a continuación:

- **Resistencia mecánica.** cuantifica la carga que puede soportar antes de romperse.
- **Dureza en la escala de Mohs.** Mide la resistencia al rayado, en esta escala el mineral con un valor más bajo es el talco (1) y el de mayor valor es el diamante (10), el hierro presenta un valor 4.
- **Resistencia a la abrasión.** Determina el posible desgaste superficial por uso. La prueba de laboratorio determina la resistencia al desgaste en una escala del 1 al 5.
- **Resistencia al resbalamiento.** Determina la probabilidad de resbalar sobre un determinado material en seco y en mojado, mediante un test que simula el movimiento de un zapato.
- **Absorción de agua.** Previene la rotura en caso de heladas, pero también permite prever la absorción de suciedad.
- **Resistencia a las manchas.** Determina la facilidad de limpieza con distintos productos en una escala del 1 al 5, sometiendo las piezas a distintos agentes. El valor más alto representa la limpieza con agua.
- **Adherencia de goma de marcar.** Analiza la facilidad de adherencia de la goma de marcar. La goma de marcar es uno de los productos que más contribuye a deteriorar el aspecto de los pavimentos.

- **Coefficiente de dilatación.** Determina el movimiento de expansión y retracción de los materiales según la temperatura ambiente. Un valor mayor exigirá prever juntas mayores entre las piezas.
- **Densidad media.** Permite una aproximación, entre otras cosas, al peso y grosor necesario de las piezas, aunque especialmente en las rocas, la densidad no suele ser homogénea en todo su volumen.
- **Vida útil.** Expresa el número de años que el material cumple la función para el que fue creado, así como su aspecto. En el caso del pavimento también expresa el número de años durante los cuales se mantiene el pavimento sin ser reemplazado.
- **Albedo.** Mides el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre ella. Un cuerpo totalmente negro presenta un Albedo 0 y uno blanco absoluto un Albedo de 1. Cuanto menor es el Albedo, más contribuye el material al calentamiento global.
- **Resistencia a las bacterias.** Analiza su capacidad bacteriostática. En función de la porosidad, los distintos materiales pueden ser o no bacteriostáticos, es decir, que eviten la proliferación de bacterias y, por tanto, los riesgos para la salud y los olores desagradables.

**Tabla 2.** Características fisicoquímicas de los materiales usados como pavimento

	Loseta de Hormigón prensado	Pizarra	Granito	Caliza
Resistencia mecánica	300x300x45 8kN	300x600x40 7,9kN	300x600x40 5,5kN	300x600x40 4,7kN
Dureza en la Escala de Mohs	4	3	5,5>7	3
Desgaste por abrasión	CLASE 4	CLASE 4	CLASE 5	CLASE 3>4
Resistencia al resbalamiento	40>65	40>60	40>60	40>60
Absorción de agua	<6%	0,4%>1,8%	<1,6%	2%>6%
Resistencia a manchas	CLASE 1>4	CLASE 2>4	CLASE 1>5 según tipo de granito	CLASE 1>4
Adherencia de goma de mascar	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere



	Loseta de Hormigón prensado	Pizarra	Granito	Caliza
Coefficiente de dilatación	$\pm 11 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 11 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Densidad	2,4g/cm <sup>3</sup>	2,4>2,9g/cm <sup>3</sup>	1,7>2,4g/cm <sup>3</sup>	1,9>2,7g/cm <sup>3</sup>
Vida útil (años manteniendo características antideslizantes y aspecto)	>15	>15	>15	>15
Albedo	0,10>0,35	0,10>0,20	0,12>0,18	0,30>0,45
Resistencia a bacterias	No	No	No	No

Fuente: *Elaboración del autor.*

Como se desprende de la Tabla 2 comparativa, en la que se ha destacado en verde las características más favorables, ningún material resuelve de manera satisfactoria todos los problemas descritos. Así pues, ¿Qué características debería presentar el pavimento urbano para satisfacer todas las necesidades de los usuarios y los instaladores?

## 2. Características deseables en los materiales usados como pavimento urbano

Para un mejor análisis se agruparon estas características en función de los tres componentes típicos de la sostenibilidad: aspectos sociales, ambientales y económicos.

### Aspectos sociales:

- Presentar y mantener una alta resistencia al resbale a lo largo de su vida útil. Por tanto, una superficie que se mantenga por encima de un valor de 70, en seco y en mojado, en el test del péndulo.
- Garantizar la integridad del pavimento a lo largo de su vida útil (para prevenir caídas y deterioro del espacio urbano). Es decir, una resistencia a la abrasión de 5.
- Resistir a las manchas, a la goma de mascar y a las bacterias. No poroso y fácil de limpiar con agua.

- Resistir la presión de vehículos y cargas pesadas. Resistencia a la rotura superior a los 8 kN del hormigón.
- Reducir la contaminación acústica. Sin rugosidades superficiales ni necesidades de juntas importantes.
- Reducir los esfuerzos de colocación y limpieza.
- Más ligero que los pavimentos actuales.
- Presentar y mantener una apariencia compatible con cualquier entorno urbano y los requerimientos de diseño. Por tanto, permitir la aplicación de distintos colores y texturas.
- Mejorar la accesibilidad para usuarios con limitaciones. Por ejemplo, permitir la inclusión de acanaladuras o botones para el guiado y la advertencia de peligros a personas con baja visión.

#### Aspectos ecológicos:

- Prevenir el deterioro de entornos naturales. Evitar materiales extraídos en entornos naturales.
- Maximizar el uso de materiales reciclados.
- Minimizar el uso de energía y agua en su producción, embalaje, transporte, colocación y mantenimiento.
- Minimizar su contribución al calentamiento global. Por tanto, debería presentar un Albedo alto.
- Maximizar la vida útil del pavimento. Debería asegurar que mantiene inalterables sus características y aspecto, al menos durante 25 años.
- Minimizar los embalajes y el uso de plástico.
- Maximizar la reciclabilidad.

**Aspectos económicos:**

- Coste reducido de instalación y mantenimiento.
- Precio competitivo.
- Presentar una gran resistencia estructural a climas fríos y cálidos. Y, por tanto, no ser poroso.

### 3. La piedra sinterizada y su fabricación

Después de analizar y descartar diversos tipos de materiales naturales y artificiales (hormigones mejorados, rocas con alto contenido en cuarzo, pavimentos metálicos, aglomerados asfálticos, cerámicas, etc.) observamos que los minerales de forma aislada presentan algunas de las características deseadas y que su combinación en algunas rocas ígneas, como algunos tipos concretos de granito y basalto, presentan características muy próximas a las deseables. Sin embargo, tanto su localización en puntos concretos del planeta como su falta de homogeneidad, nos llevó a descartar esta opción.

En este proceso de selección nos llamó la atención la cuarcita, una roca metamórfica consistente en arenisca recristalizada rica en cuarzo, muy frecuente en la península ibérica, más homogénea y dura que el granito, así como menos porosa. Además, descubrimos que ésta era la roca utilizada preferentemente para la construcción de las vías romanas (una gran parte todavía existentes) en la península ibérica.

El hecho de que esta roca sea producto de la recristalización y que ello suponga una mejora de sus cualidades, nos llevó a estudiarla más detenidamente y a investigar si existía algún proceso industrial de características similares.

Así fue como conocimos la sinterización, consistente en compactar a alta presión varios polvos metálicos y/o pétreos mezclados homogéneamente y, una vez compactados, realizar un tratamiento térmico, a una temperatura inferior a la de fusión de la mezcla, obteniéndose una pieza consolidada y compacta.

Este procedimiento de fabricación proporciona una gran cohesión de los polvos, creando enlaces fuertes entre las partículas, que acaban uniéndose en un solo bloque con la forma de un molde determinado.

El hecho de conocer este procedimiento nos llevó a estudiar la posibilidad de conseguir industrialmente la obtención de rocas, puesto que, si su formación en la naturaleza es el resultado de la compactación y calentamiento a lo largo de milenios, quizás fuera posible conseguir el mismo resultado.

Puesto que el proceso industrial de la cerámica consiste básicamente en prensar y cocer arcillas establecimos un acuerdo de colaboración con varias empresas para ensayar nuestra hipótesis.

Así pues, utilizando sus instalaciones, analizamos los componentes de la cuarcita, formulamos una mezcla análoga de minerales pulverizados, los amalgamamos de forma homogénea y los sometimos a alta presión y a temperaturas de cuasi fusión.

Después de varias pruebas, el resultado fue la obtención de una roca casi idéntica a la cuarcita natural con cualidades fisicoquímicas mejoradas gracias a la homogeneización de sus componentes y la aplicación equilibrada de presión y calor.

Una vez determinados el tamaño de la pulverización de los componentes y la presión y temperatura necesarios, ensayamos con los componentes de otras rocas como el granito, el basalto y varios tipos de areniscas, así como los componentes del cemento. El resultado, en todos los casos, fueron rocas de apariencia análoga a la original, pero con características fisicoquímicas mejoradas.

La única limitación que presentó el proceso de fabricación fue que solamente se consiguió una distribución suficientemente homogénea del calor por debajo de espesores de 20mm.

Así pues, se procedió a elaborar muestras de un conjunto de rocas producidas y a someterlas a los mismos test a los que fueron sometidos los pavimentos, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 3, en la que se debe considerar que las muestras examinadas tenían la mitad del grosor que los pavimentos comparados.

**Tabla 3.** Comparación de características fisicoquímicas de la piedra natural sinterizada con los materiales usados como pavimento urbano

	Loseta de Hormigón prensado	Pizarra	Granito	Caliza	Piedra natural sinterizada
Resistencia mecánica	300x300x45 8kN	300x600x40 7,9kN	300x600x40 5,5kN	300x600x40 4,7kN	300x600x20 12,8 kN
Dureza en la Escala de Mohs	4	3	5,5>7	3	8
Desgaste por abrasión	Clase 4	Clase 4	Clase 5	Clase 3>4	Clase 5
Resistencia al resbalamiento	40>65	40>60	40>60	40>60	>70 en seco y mojado
Absorción de agua	<6%	0,4%>1,8%	<1,6%	2%>6%	<0,02%
Resistencia a manchas	Clase 1>4	Clase 2>4	Clase 1>5 según tipo de granito	Clase 1>4	Clase 5
Adherencia de goma de mascar	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere	No se adhiere
Coefficiente de dilatación	$\pm 11 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 11 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 12 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\pm 6,5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Densidad		2,4>2,9g/cm <sup>3</sup>	1,7>2,4g/cm <sup>3</sup>	1,9>2,7g/cm <sup>3</sup>	2g/cm <sup>3</sup>
Vida útil (años manteniendo características antideslizantes y aspecto)	>15	>15	>15	>15	>50
Albedo	0,10>0,35	0,10>0,20	0,12>0,18	0,30>0,45	0,10>0,35
Resistencia a bacterias	No	No	No	No	Bacteriostático

Fuente: *Elaboración del autor.*

Dados los excelentes resultados obtenidos, que demostraron que cumplía con todas las características deseables en un pavimento urbano, se procedió a analizar la viabilidad económica del proceso de fabricación. Una primera aproximación permitió estimar que los costes de fabricación se situaban ligeramente o muy por debajo de los costes de producción de la piedra natural, dependiendo del tipo de piedra y muy similares a los de fabricación de losas de hormigón.

## 4. Diseño y prototipado

Una vez establecida la viabilidad comercial de este nuevo producto se procedió al diseño y la producción de muestras.

Al seleccionar las piedras a reproducir, se tuvo en cuenta su belleza y aplicación en entornos urbanos, pero también la imposibilidad de extracción actual o del impacto ambiental que ello conllevaría.

Así pues, se seleccionaron las rocas de Pamukkale en Turquía, el basalto de la cascada de Svartifoss en Islandia, el granito del monte Rushmore en Estados Unidos, la arenisca empleada en las pirámides de Gizah en Egipto y la arenisca de Montjuïc en Barcelona, utilizada desde la época romana hasta su clausura en mitad del siglo 20, tanto para la construcción de edificios como para pavimentar el caso antiguo. También se decidió reproducir las losas de hormigón prensado utilizadas habitualmente en las calles de Barcelona.

### Paisage de Pamukkale



Foto 6. Paisaje de Pamukkale

Fuente: Wikipedia. Antoine Tavenaux, disponible en [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pamukkale\\_30.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pamukkale_30.jpg).



## Cascada Svartifoss



Foto 7. Cascada Svartifoss

Fuente: Wikipedia. Andreas Tille, disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SvartifossSummer.jpg>.

## Monte Rushmore



Foto 8. Monte Rushmore

Fuente: Wikipedia. B.Badgett, disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mountrushmore.jpg>.

## Gizah Pyramids



Foto 9. Pirámides de Gizah

Fuente: Wikipedia. Ricardo Liberato, disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:All\\_Gizah\\_Pyramids.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:All_Gizah_Pyramids.jpg).

## Templo de la Sagrada Familia



Foto 10. Templo de la Sagrada Familia

Fuente: Wikipedia. Sagrada Familia, disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Passion\\_Facade\\_of\\_the\\_Sagrada\\_Fam%C3%ADlia\\_\(6\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Passion_Facade_of_the_Sagrada_Fam%C3%ADlia_(6).jpg).

## Panots de Barcelona



Foto 11. Pavimento habitual de Barcelona

Fuente: Wikipedia. Francesc Bonnín, disponible en: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Panots\\_de\\_Barcelona.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Panots_de_Barcelona.jpg).

Posteriormente, se procedió a fotografiar y analizar los componentes de todos los materiales seleccionados para reproducirlos lo más exactamente posible.

En el caso de las losas prensadas, se procedió a mejorar el diseño ya que las hendiduras del dibujo, hechas para mantener cierta capacidad de antideslizamiento cuando la pieza empieza a desgastarse, también generan ruido cuando se circula sobre ellas con maletas o carros. Dado que con el nuevo material la hendidura era innecesaria, ésta fue rediseñada para evitar el ruido.

También se procedió a diseñar un sistema de hendiduras para el basalto Svartifoss y la caliza de Pamukkale para que pudieran ser utilizadas como guía para personas invidentes en los pasos de peatones. En este caso, se procedió a realizar un test de usabilidad para recoger datos sobre posibles mejoras antes de su diseño final.



## Test traffic Aragall



Foto 12. Ensayo de usabilidad de la guía para personas invidentes en paso de peatones

Fuente: Foto del autor.

Por último, a partir de los diseños se fabricaron las muestras de los distintos modelos que, al someterlas a los test de laboratorio, descritos anteriormente, se obtuvieron idénticos resultados.

## Pieza Pamukkale



Foto 13. Muestra de Pamukkale

Fuente: Foto del autor.

### **Pieza Svartifoss**

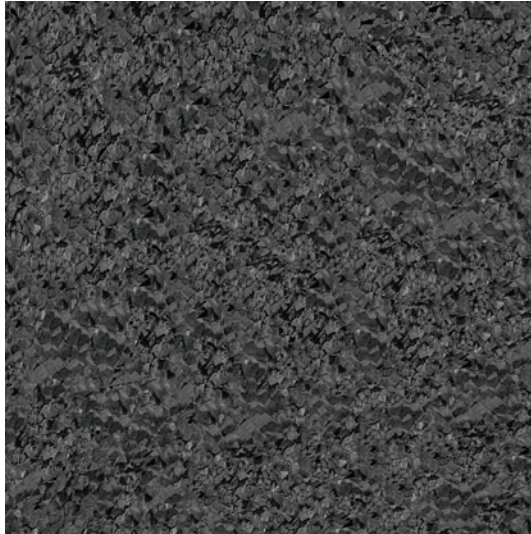


Foto 14. Muestra de Svartifoss

Fuente: *Foto del autor.*

### **Pieza Rushmore**



Foto 15. Muestra de Rushmore

Fuente: *Foto del autor.*

## Pieza Gizah



Foto 16. Muestra de Gizah

Fuente: *Foto del autor.*

## Pieza Montjuic



Foto 17. Muestra de Montjuic

Fuente: *Foto del autor.*

## Pieza Silent

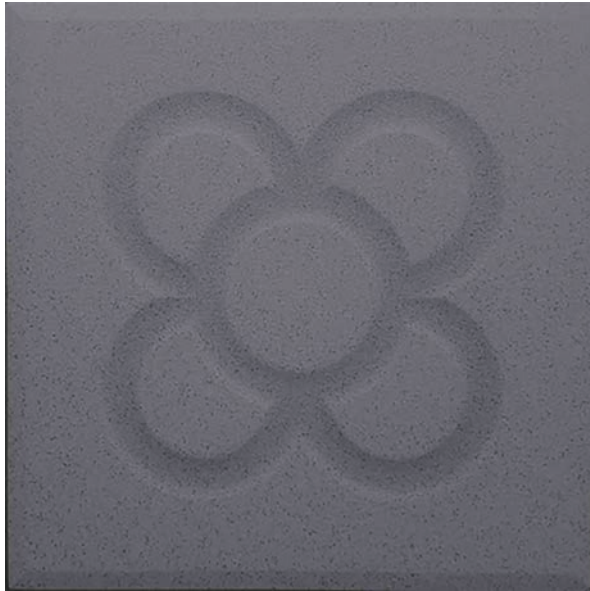


Foto 18. Muestra de Silent para Barcelona

Fuente: Foto del autor.

## Pieza Silent 9 pastillas

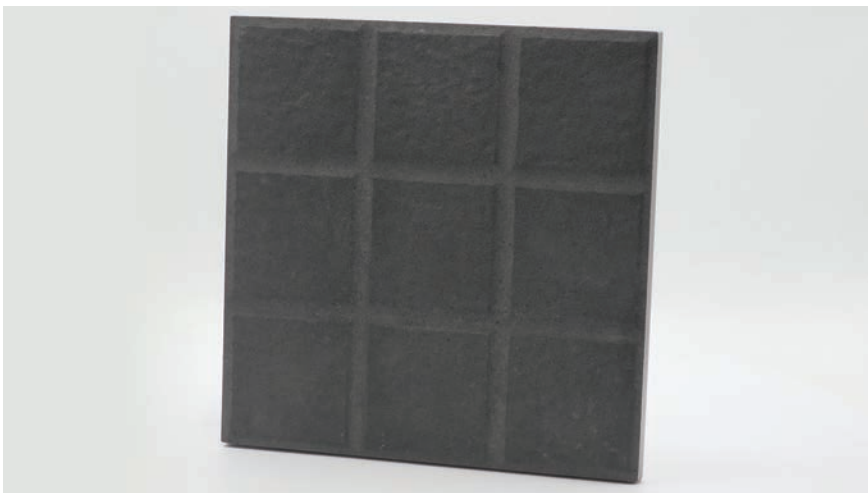


Foto 19. Muestra de Silent de 9 pastillas

Fuente: Foto del autor.



## 5. Resultados

A la vista de los resultados, Access Safety (ACCESS SAFETY) decidió iniciar la comercialización de este nuevo producto.

Hasta la fecha, se han instalado los materiales en varios municipios, con excelentes resultados, soportando hielo, fuertes pendientes, uso intensivo y suciedad.

### Rushmore Puigcerda



**Foto 20.** Piezas Rushmore instaladas en espacio urbano

Fuente: *Foto del autor.*

## Silent junto pavimento original



**Foto 21.** Silent de 9 pastillas colocado en calle en pendiente junto a pavimento original

**Fuente:** Foto del autor.

Al presentar el producto, varios municipios hicieron la demanda de diseñar piedras sinterizadas emulando la piedra natural que habían utilizado hasta la fecha. Para ello, estudiamos y pudimos constatar que es posible atender esta demanda (hasta la fecha se han reproducido un tipo de mármol y dos tipos de arenisca), comprobando que el proceso de diseño y fabricación de piedras específicas es viable económicamente a partir de unos 5.000m<sup>2</sup>.

A modo de conclusión, podemos afirmar que, inspirados por la naturaleza, hemos desarrollado un producto que contribuye a protegerla, a la vez que mejora las ciudades para las personas, puesto que:

### A nivel ambiental

- Evitamos la erosión y los residuos que las canteras producen en el medio natural.
- Conseguimos un desperdicio 0 en el proceso de producción.
- Integramos materiales reciclados y residuos de canteras como parte de nuestros componentes.
- Reducimos la contaminación producida por su transporte, pues con el mismo consumo de energía, es posible transportar hasta 5 veces más metros cuadrados que de otros materiales.
- Contribuimos a la eficiencia ambiental del espacio urbano y los edificios, puesto que el largo ciclo de vida de nuestros productos es superior a 50 años y su reciclabilidad es del 100% al final de su ciclo.
- Evitamos el uso de detergentes en el espacio urbano.
- Reducimos el efecto albedo de los pavimentos urbanos.

### A nivel económico

- Reducimos el tiempo de colocación de los pavimentos, pues su menor peso facilita las tareas del transporte en obra y su colocación.
- Aportamos las mismas cualidades estéticas que la piedra natural con mayor durabilidad y menor coste.
- Reducimos drásticamente los costes de mantenimiento y limpieza, por ejemplo, en salarios, maquinaria y productos detergentes.
- Aseguramos su durabilidad en cualquier clima, al aumentar su resistencia al frío y al calor.

## Y a nivel social

- Contribuimos a evitar caídas accidentales de peatones, ciclistas y motoristas, así como atropellos, accidentes de circulación y laborales.
- Reducimos la contaminación acústica.
- Eliminamos la presencia de bacterias, manchas y olores sobre el pavimento urbano.
- Reducimos los esfuerzos de colocación a los operarios.
- Mejoramos los aspectos estéticos del espacio público y los edificios.
- Adaptamos el producto a la tradición local y a los criterios de diseño, acercando las características estéticas de nuestros productos a las exigencias del cliente.

## Referências

ACCESS SAFETY. **Sitio**. Disponible en: <http://www.access-safety.es/en/about-us>

UAE Universal Design Code. Dubai universal design code. **Direct Access**. 2020. Disponible en: <https://www.directaccess.ae/design-code/#:~:text=The%20Dubai%20Universal%20Design%20Code,must%20comply%20with%20the%20Code>.



# Cooperation in research and innovation programming with Brazil: topics, success stories and future opportunities

Dominique Darmendrail<sup>1</sup>, Elisa Natola<sup>2</sup>,

## Resumo

Alcançar os objetivos da política internacional relacionados ao acesso à água limpa e ao saneamento exigirá contribuições: (1) da ciência multidisciplinar, dos sistemas de conhecimento e de parcerias sociais, de modo a apoiar a implementação dos processos envolvidos; e também 2) de amplas parcerias de financiamento para alcançar a massa crítica e implementar uma abordagem intersectorial de enfrentamento aos desafios globais identificados. Para superar as barreiras enfrentadas por programas de pesquisa e inovação – fragmentação, massa crítica insuficiente, reduzido nível de absorção dos resultados por políticas e mercados -, um inovador modelo de programa de pesquisa

## Abstract

*Achieving International policy targets on clean water and sanitation by 2030 will require contributions: (1) from science that links disciplines, knowledge systems, and societal partners, to support and implement the necessary developments; and (2) large funding partnerships to reach the necessary critical mass and implement the cross-sectoral approach required to address the ascertained global challenges. To overcome the barriers faced by research and innovation programmes (fragmentation, insufficient critical mass, low level of results uptake by policies and markets), an innovative research programming model entitled Joint Programming Initiative (JPI) is developed since 2008, which targets major global societal challenges*

- 1 Currently works at the Environment and Biological Resources Department of the French Research Funding Agency (ANR). Coordinates the Water Joint Programming Initiative, a network of 30 research and innovation funding agencies dealing with water security challenges and coordinates an International Cooperation Support action in this area. Ms. Darmendrail has a 30 years' experience in Environmental and Water Sciences.
- 2 Political scientist and Senior Advisor for International Cooperation and European Policies and Programmes. Within Confap, is advisor for International Cooperation between European Union & Brazil, is the Brazilian National Contact Point for Horizon 2020 Marie Skłodowska-Curie Actions-MSCA; coordinates cooperation activities, programmes and projects between Confap and the EU and with the Water Joint Programming Initiative.

intitulado de Joint Programming Initiative (JPI) vem sendo desenvolvido desde 2008. Seus alvos são os principais desafios sociais globais que não podem ser combatidos pelos países de maneira individual. O artigo apresenta um amplo leque de ações realizadas pela Water JPI para enfrentar tais desafios globais, destacando a importância de esforços em pesquisa e inovação, mas também em ampliar o nível internacional de implementação das soluções mais sustentáveis, justas e aceitáveis, nas quais Soluções baseadas na Natureza (SbN) são mais relevantes. O artigo também ressalta a cooperação com o Brasil, lançada em 2017, em conjunto com o Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa (Confap).

**Palavras-chave:** Pesquisa e Inovação. Iniciativas de programação conjunta. Cooperação Brasil – Europa. Desafios relacionados à água.

*that cannot be addressed individually by countries. The paper presented the broad range of actions taken by the Water JPI to tackle water challenges in the global context, highlighting the importance of the efforts to research and innovate, but also scale up at international level for implementing the most sustainable, fair and acceptable solutions, in which Nature-Based Solutions are of most relevance. It highlights the cooperation with Brazil launched in 2017, together with the Brazilian National Council of State Funding Agencies [in Portuguese, Conselho Nacional das Fundações Estaduais de Amparo à Pesquisa, acronym Confap].*

**Keywords:** *Research and Innovation. Joint Programming Initiative. Brazil – Europe Cooperation. Water – related challenges.*

## 1. What are the Joint Programming Initiatives?

Joint Programming Initiatives (JPI) are intergovernmental collaborations to tackle major societal challenges unable to be addressed by individual countries and, in doing so, to contribute to the development of the European Research Area (ERA). Member States and associated countries participate in joint initiatives on a voluntary basis to increase the value of relevant national and European Research, Development and Innovation (RDI) funding through joint planning, implementation and evaluation of national research programmes. This is achieved through common visions, and Strategic Research and Innovation Agendas (SRIA). Launched in 2010, the JPI “Water challenges for a changing world”, the Water JPI Vision 2020, aimed to tackle the ambitious challenge of achieving sustainable water systems for a sustainable economy both in Europe and beyond. The objectives of the JPI are:

- Aligning national policy priorities, strategies, competencies and programmes;



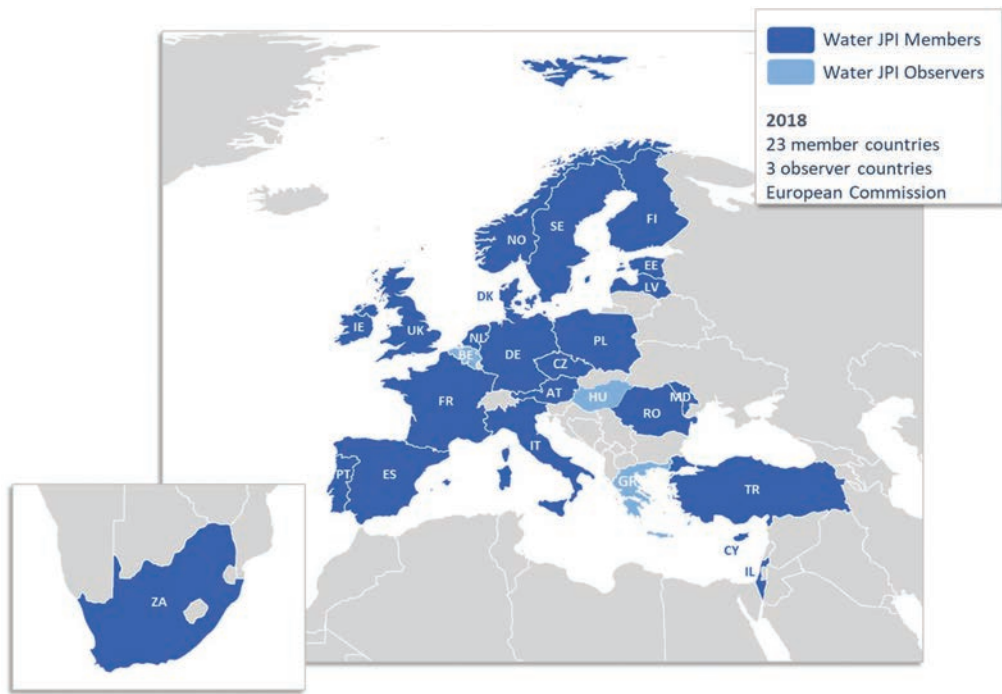
- Driving scientific excellence through mission-oriented joint actions;
- Building trust and encouraging new forms of collaboration and partnership between local, regional, national, European and international policymakers, research funding agencies, research performing organisations, international initiatives and other stakeholders;
- Benefiting from institutional alignment and partnering;
- Providing effective links between research and knowledge on one hand, and global policy on the other, such as the United Nations (UN) Sustainable Development Goals (SDG) and the European Green Deal that is committed to making Europe climate-neutral by 2050; and
- Extending links to various challenge-related international initiatives for learning from other countries' experiences.

## 2. The Water JPI

The Water JPI, entitled “Water Challenges for a Changing World”, was launched and later formally approved by the European Council in December 2011. The Water JPI membership (Figure 1) consists of 23 Member States and the European Commission (EC) as a non-voting member with three observing countries. It accounts for 88% of all European public RDI annual expenditure on water issues (WATER JPI, 2020a).

The international cooperation dimension of the first implementation actions of the Water JPI includes Israel, Norway, the Republic of Moldova, South Africa and Turkey (full Water JPI members), as well as two additional Horizon 2020 associated countries (Egypt and Tunisia) and three international partners (Brazil, Canada and Taiwan) involved in specific joint transnational activities (Figure 2).

The Water JPI is dedicated to achieving its 2030 vision “Together for a water-secure world” with a share vision “Jointly enabling smart water solutions for a changing world”.

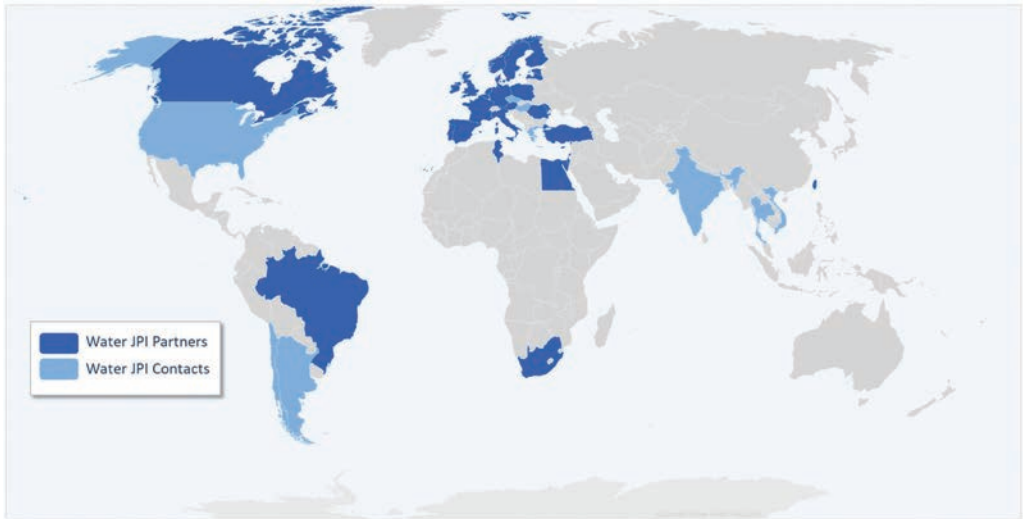


**23 Member countries:**  
Austria, Cyprus, Czechia, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Ireland, Israel, Italy, Latvia, the Republic of Moldova, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, South Africa, Spain, Sweden, Turkey and the United Kingdom.  
**3 Observer countries:**  
Belgium, Greece and Hungary  
**And the European Commission (EC).**

Figure 1. Water JPI Membership

Source: *Water JPI, 2019a.*

This will be realised through a multi-disciplinary approach, which includes economic, ecological, societal and technological considerations. This JPI mobilises existing national and regional RDI programmes and aims to harmonise their research agendas and infrastructures. It will define common research needs and develop joint activities in the ERA context that will increase efficiency by avoiding duplications across Europe and beyond. The Water JPI provides an opportunity for broader cross-border cooperation, greater collaboration and a more unified focus on water RDI across Europe and beyond. It must be remembered that the European water sector has a wide diversity of stakeholders and is highly fragmented: water resources, water supply and wastewater have often been locally managed.



**Figure 2.** JPI Partnership Map

Source: *Water JPI, 2019a*.

The Water JPI produces science-based knowledge leading to the support of European and International policies, comprising the identification of problems, their quantification, and the development of feasible technical and managerial solutions. It will coordinate water RDI in the participating countries, contribute to the Smart Specialisation Agenda, and provide a powerful tool for international cooperation in the water area.

The JP<sup>3</sup> concept is therefore based on the following key principles, as illustrated in **Figure 3**:

- Joint actions are launched based on a shared Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA) agreed by all actors.
- Variable geometry: countries participate only in activities related to their specific interests.
- Flexibility: activities are developed in response to partners' needs and opportunities using a large range of implementation tools.
- Everything in common except funding: each JPI partner funds its activities and its communities' participation (so-called virtual common pot).

<sup>3</sup> JP – this is the concept transformed in initiatives / actions with JPI.

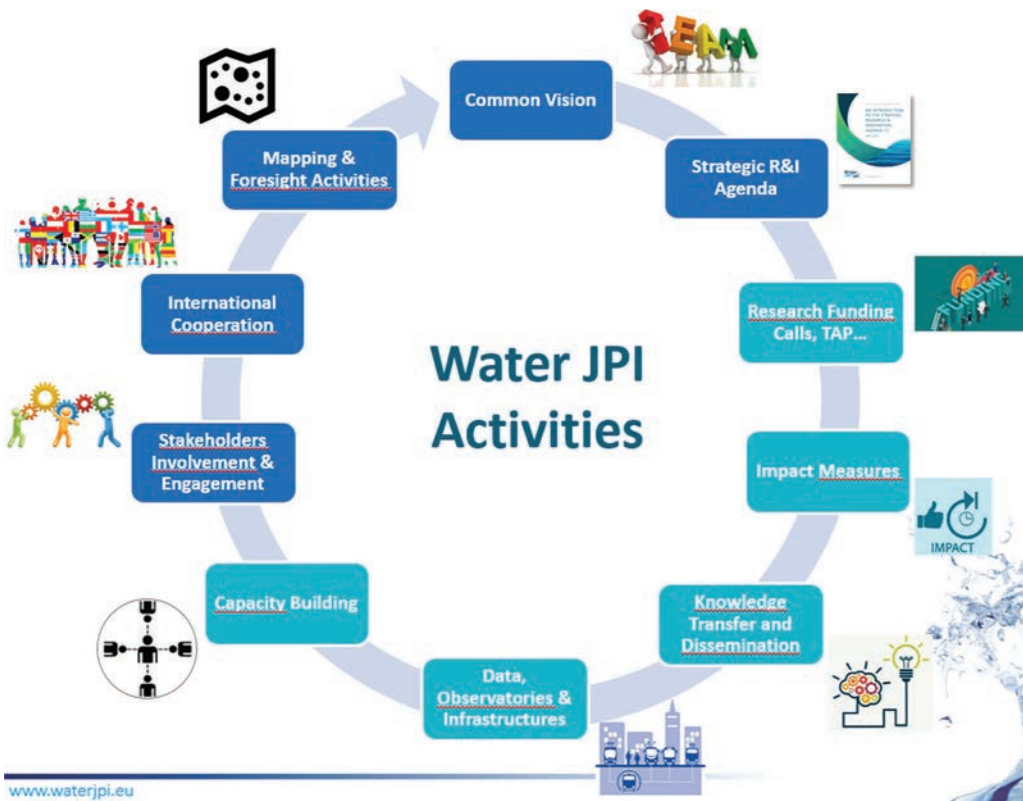


Figure 3. Water JPI activities

Source: *Water Europe*, 2020.

*To date*, the Water JPI has been successful in mobilising important national water research and innovation funding. It has encouraged and stimulated the broadening of the JPI to several international cooperation partner countries and has focused on new knowledge and knowledge transfer. The JPI engages in mapping exercises to explore gaps, undertakes joint transnational calls and Thematic Annual Programming (TAP) to generate knowledge, and takes part in two knowledge hubs. Between 2013 and 2018, the Water JPI engaged in five joint calls encompassing 336 research organisations and 70 research and innovation projects (Table 1).

**Table 1.** Water JPI Joint Calls (2013–2018)

Water JPI Joint Calls, 2013–2018				
Year	Joint Call	Participation	Value	Funded Projects
2013	Emerging water contaminants	10 countries	€9 million	7
2015	Waste water treatment and water reuse	15 countries + European Commission	€14 million	16
2016	Water challenges in agriculture, forestry and freshwater aquaculture	22 countries + European Commission	€18 million	21
2017	Water-related UN Sustainable Development Goals	12 countries	€6.8 million	8
2018	Closing the Water Cycle Gap: Sustainable Management of Water Resources	18 countries + European Commission	€15.2 million	18

Source: Prepared by the authors.

Currently, two calls are launched in 2020 in relation with *Risks posed to human health and the environment by pollutants and pathogens present in water resource*, one for traditional Research and Innovation proposals and one for accelerating the transfer of funded projects results, a new type of call to support a more efficient exploitation of project outputs.

New opportunities will be offered in 2021 via an ERA-NET Cofund dedicated to “conservation and restoration of degraded ecosystems, including a focus on aquatic ecosystems”, for 2020-2021 Joint Calls (submitted to the European Commission for extra funding in February 2020 – if approved, the call should be launched end of 2020).

**For developing knowledge transfer and dissemination**, the first Water JPI Knowledge Hub on Contaminants of Emerging Concern (CEC) started in March 2018, with 25 experts (WATER JPI, 2019b). In this area, several documents were produced:

- **Water JPI Policy Brief** on “*What is contaminating our waters next? Contaminants of Emerging Concern (CEC) – novel ways to reduce their human and environmental risks*” - October 2018 (WATER JPI, 2018a).
- **Water JPI Knowledge Hub on CEC Policy Brief** “*Contaminants of Emerging Concern - an emerging risk in our waters*” - June 2019 (WATER JPI Knowledge Hub, 2019).

- **Water JPI Knowledge Hub on CEC Stakeholder Brief** “*Continuous increase of CECs in the anthroposphere as a stressor for water resources*” – January 2020 (WATER JPI Knowledge Hub, 2020).

The second Knowledge Hub on the UN SDG started in December 2019. Their main topic for future joint actions will be the Water – Energy – Food - Ecosystems Nexus, as Water resources are embedded in all forms of development (e.g. food security, health promotion and poverty reduction), in sustaining economic growth in agriculture, industry and energy generation, and in maintaining healthy ecosystems (UN Water, 2018).

**For aligning national programmes and related funded projects**, the Water JPI launched a TAP Action on Ecosystem Services (WATER JPI, 2020b) which kicked-off in June 2019 in Dublin, covering six projects from four countries. After exchanging on possible impact indicators for such activity, the project teams discussed the title and scope of their first joint output, a policy brief in relation with the overall importance of communicating the variety of services (cultural services, water supply, etc.) that contribute to overall human and environmental health and therefore the quality of life. The common ground included shared challenges (reluctance to change, lack of awareness) as well as possible communication tools (social media for younger generations, integration into governmental policies and strategies).

### 3. Nature-Based Solutions in Water JPI Programme

Nature-Based Solutions (NBS) are considered in the Water JPI SRIA Theme 1: Improving Ecosystem Sustainability and Human Well-being, in particular in Theme 1.2 - Integrated approaches: developing and applying ecological engineering and ecohydrology. The aim of the RDI actions under this theme is to maintain the essential functions, processes and services of water bodies and associated ecosystems over the long-term through integrated and interdisciplinary RDI actions. The key to sustainable development is to achieve a balance between the exploitation of natural resources for socio-economic development and conserving ecosystem services (benefits people obtain from ecosystems).

Further water management efforts and RDI actions are currently needed to ensure the protection and/or restoration of water bodies and ecosystems whilst meeting the socio-economic, political and cultural needs of current and future generations. Research on ecosystem sustainability will also support a relatively wide range of national, European and international policy initiatives including: the 7th Environment Action Programme (EAP); the EU Biodiversity Strategy; the

Water Framework Directive (WFD); the Habitats and Flood Directives; and the United Nations Sustainable Development Goals (UN SDG).

The 2017 Water JPI Exploratory Workshop (WATER JPI, 2016) was organised in close cooperation with BiodivERSA (BiodivERSA, 2020) and achieved its intended objectives: network and share knowledge, discuss views on the knowledge gaps and RDI needs in Theme 1, come to a consensus and elaborate on how these RDI needs could be addressed to link to the UN SDGs, water policy and predict impact. The results of these exchanges were considered for updating the Water JPI SRIA and for developing content for call for RDI proposals.

The Water JPI 2018 Joint Call addressed R&I to support the implementation of EU water policy, in particular on the thematic area “Closing the Water Cycle Gap – Sustainable Management of Water Resources” of the Water JPI SRIA.

The following themes are targeted in the call:

1. Enabling Sustainable Management of Water Resources;
2. Strengthening Socio-economic Approaches to Water Management; and
3. Supporting Tools for Sustainable Integrated Management of Water Resources.

The Sub-theme 1.2 of this focused on “Integrative management by implementing Natural Water Retention Measures (NWRM) such as Managed Aquifer Recharge (MAR)”. The aim is to increase the knowledge and develop NWRMs such as MAR in a multidisciplinary way, to protect, prolong, sustain and augment freshwater supplies. Evidence of their effectiveness and on the multiple benefits they deliver should be demonstrated.

The water JPI decided to focus on MWRM as the European Commission had a call launched end of 2017 targeting topics such as:

- Valuing nature: mainstreaming natural capital in policies and in business decision-making
- Strengthening international cooperation on sustainable urbanisation: nature-based solutions for restoration and rehabilitation of urban ecosystems
- Innovative nature-based solutions for carbon neutral cities and improved air quality



- Visionary and integrated solutions to improve well-being and health in cities (e.g. capture the multiple co-benefits created by nature-based solutions in terms of health and well-being).

Five out of the 18 projects of the 2018 call are related to NBS (WATER JPI, 2017).

**Table 2.** List of the RDI projects funded under the 2018 Call

Projects	Research teams from following countries
ATeNaS - To Ally Technology, Nature and Society for integrated urban water management	Poland, Finland, France
EviBan - Evidence Based Assessment of Nature based solutions	Norway, Finland, France, South Africa
MARadentro - Managed Aquifer Recharge: Addressing the Risks of Recharging Regenerated Water	Spain, France, Italy, Sweden
NATWIP - Nature-Based Solutions for Water Management in the Peri-Urban	Sweden, Norway, Poland, South Africa, Spain
RAINSOLUTIONS - Research-based Assessment of Integrated approaches to Nature-based SOLUTIONS	Sweden, Brazil, Estonia, Ireland, Netherlands, Norway, Romania

Source: Prepared by the authors.

To illustrate the Water JPI, two funded projects – See Table 3 (below) and 4 in following chapter “Brazil in the Water JPI”.

**Table 3.** Illustration of a Water JPI funded project addressing NBS

Call 2018 – MARadentro - Managed Aquifer Recharge: Addressing the Risks of Recharging Regenerated Water
<p>The aim of MARadentro is to lower the pressure on water resources through (i) the evaluation of the risks associated to the use of regenerated water in Managed Aquifer Recharge (MAR) and (ii) the identification of proper requirements to ensure human health and environment protection, feasibility and public confidence in the use of reclaimed water in MAR. The specific goals are:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) enhance water quality improvement during MAR through advanced tools to stimulate pollutants degradation and pathogens inactivation. These tools include reactive layers based on biotic and abiotic systems,</li> <li>b) resort to reactive transport modelling tools to predict the behavior of pollutants and pathogens,</li> <li>c) perform an environmental risk assessment by advanced modeling tools to test whether the use of reclaimed water for the proposed MAR system has no adverse effects on the ecosystem,</li> <li>d) address the challenges in upscaling MAR operations from lab tests to a pilot MAR and a real field MAR site,</li> <li>e) evaluate the economic feasibility of the proposed system in a real field MAR,</li> <li>f) promote the general public acceptance on water reuse and MAR, and</li> <li>g) transfer knowledge gained and provide recommendations to stakeholders for efficient implementation and operation of MAR, and to authorities and policy makers on water to help for an EU regulation on MAR.</li> </ul>

---

Call 2018 – MARadentro - Managed Aquifer Recharge: Addressing the Risks of Recharging Regenerated Water

---

**Scientific outputs:** **MarAdentro** aims to increase the benefits of MAR regarding water quality and quantity, and to minimize the associated risks of using reclaimed wastewater as recharge water source by developing affordable and effective technologies through reactive layers' implementation. Based on the knowledge gained, **MarAdentro** will provide recommendations/guidelines for a future regulative scenario regarding the reuse of reclaimed water for MAR. The technological readiness level from several multidisciplinary approaches and applications will be improved, reaching a MAR prototype close to market.

**Innovation outputs:** **MARadentro** addresses MAR challenges through the following novel approaches:

a) Development of bioaugmented/biologically active reactive layers to enhance the pollutant and pathogen removal capacity; b) developed layers will be adapted to three environments, laboratory, pilot and field MAR, to identify and overcome issues related to aquifer characteristics, climate, etc.; c) determination of the key-points governing the risk of MAR to human health and ecological status through the incorporation of the risk assessment concept in modelling tools; d) use of the rapid early warning monitoring of flow-cytometry and toxicity assays to assess MAR depuration efficiency; e) application of the most powerful analytical techniques based on high resolution mass spectrometry for the identification and structural elucidation of the transformation products of the chemical contaminants formed.

**Societal outputs:** **MARadentro** will fill knowledge and regulatory gaps for MAR technology to contribute to closing the water cycle gap. **MARadentro** will develop a knowledge base for understanding, preventing and mitigating the risks associated to MAR implementation, to make MAR a reliable technology for water management adapted to the emerging water challenges. The incorporation of novel reactive layers will ensure MAR as a sound and safe technology, capable to increase fresh water resources as well as to improve ecological status and chemical quality of groundwater, while ensuring no negative impacts over human health. The economic analysis will facilitate the market replication of MAR into the water sector. Key scientific recommendations, validated by the demonstrable data produced, will be formulated and legislative refinement suggested over the basis of scientists and stakeholder's guidance to help develop water policies closer to end-users needs. General public acceptance about MAR is expected providing a firm scientific basis and an open access to the outcomes.

---

**Partners:** Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC-IDAEA, Spain), Universidad Politécnica de Cataluña (UPC, Spain), Aqualia Gestión Integral del Agua SA (AQUALIA, Spain), HydroSciences Montpellier (CNRS, France), Centre Nationale Reserche (CNR-IRSA, Italy), and Swedish University of Agricultural Sciences (SLU, Sweden)

**Contact:** Dr Silvia Diaz (MAR, 2018).

---

**Source:** *Project coordinator / [www.maradentro-jpi.eu](http://www.maradentro-jpi.eu).*

On these same challenges, BiodivERsA and the Water JPI decided to jointly submit a proposal for getting EC cofunding on “Conservation and Restoration of degraded ecosystems and their biodiversity, including a focus on aquatic systems” which should lead to a call end 2020.

## 4. Brazil in the Water JPI

Brazil was one of the seven countries targeted by the Water JPI since its launch in 2011 for:

- Strengthening the international dimension of European Water RDI.
- Developing durable partnerships for Water RDI in the world.

A first mapping detailed i) major water challenges; ii) major funding organizations in Brazil; iii) existing RDI programming initiatives with EU funders (European Commission and Member States); iv) scientific publications between EU and Brazil; and v) a market analysis (WATER JPI, 2012).

The main water challenges faced by Brazil were identified:

- Brazil holds 12% of the World's fresh water. Water is very unevenly distributed across the country. Around 50% of the water is found in the Amazon, where only 4% of the Brazilian population lives, whilst 80% live less than 100 km from the Atlantic Ocean. These large disparities in terms of the availability of the resource and the distribution of the population pose real challenges, such as the issue of producing and transporting drinking water to the coast, wastewater treatment, etc. In the urban areas, access to drinking water resources is very uneven. Water scarcity is common in the Northeast of Brazil; water pollution can be frequently found in the South-East of the country.
- About 37,5% of the collected wastewater is currently treated. More than 60% of impatient care at hospitals is due to water borne diseases.
- Large climatic variability can be found in Brazil, where equatorial, tropical, semi-arid and sub-tropical climates can be found. Climatic diversity presents an additional challenge, with large areas subjected to floods and droughts.
- The geopolitics of water is also an integral part of the major challenges facing this country. Brazil shares river basins with ten countries. This makes hydrological monitoring and pollution control more challenging, and requires international cooperation in the region.
- In relation to water quantity, Brazil is a key global player in hydroelectricity, with more than 85% of the country electricity consumption produced by hydroelectric plants.

Brazil had existing cooperation with several EU countries [i.e. France, on funding side, between ANR – Fapesp – Facepe (in Portuguese, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, acronym Fapesp; Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco, acronym Facepe), on research performing organisations side, between IRD and the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development, in Portuguese, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, acronym CNPq] and with the European Commission, which could help for launching a multilateral cooperation scheme. In 2014, 87% of the publications from Brazil were with European Partners.

Brazil, through the Brazilian National Council of State Funding Agencies (Confap) and its State Funding Agencies (FAP), joined the Water JPI activities in 2017 and participated in 3 Joint Transnational calls.

- **Call 2017** – Topic on developing accessible solutions for clean water management (Water JPI, 2017).
- **Call 2018** – Topic on strengthening socio-economic approaches to water management (WATER JPI, 2018b).
- **Call 2020** – Topics on risks posed to human health and the environment by pollutants and pathogens present in the water resources (WATER JPI, 2020c).

The Table 4 summarises the outcomes of this cooperation.

**Table 4.** Brazil in Water JPI Joint Calls (2017–2018)

Call	No of Applications Step 1	No of Applications Step 1 from Brazil	No of funded projects	No of funded projects with Brazilian partners
2017	67 57 Eligible	37 (9 as coordinators) 27 Eligible	8	6 projects with 8 Brazilian partners None as coordinators
2018	105 74 Eligible	24 (5 as coordinators) 13 Eligible	18	2, None as coordinators

Source: Prepared by the authors.

**Table 5.** Illustration of funded projects with Brazilian partner – 2017 Call

Call 2017 – IDOUM - Innovative Decentralized and low-cost treatment systems for Optimal Urban wastewater Management
<p>Reuse of treated wastewater is increasingly seen as one of the solutions to tackle the water scarcity problem and to limit the pollution load to surface water. Yet, using reclaimed water for non-potable purposes and particularly to irrigate food crops presents an exposure pathway for antibiotics and antibiotic resistant bacteria and genes (ARB&amp;G) to enter the human food chain.</p> <p>The objectives of IDOUM are: i) establishing monitoring strategies based on the data-derived prioritization of a set of indicator contaminants and pathogens for domestic wastewater, and ii) developing energy-efficient, cost-effective, and robust treatment systems for the decentralized production of treated wastewater mainly from domestic wastewater. Diagnostic indicators are selected based on their regular occurrence, potential for leaching/mobility and toxicological relevance. The second major objective of this project is to design wastewater treatment technologies based on the combination of biological-based treatment systems using selected plants and microorganisms (e.g., fungi, endophytic bacteria and microalgae) and the use of low-cost engineered nanostructured materials for catalytically activation of oxidants (persulfate and hydrogen peroxide). These decentralized treatment systems using smart technologies will be tailored to remove key antibiotics and antibiotic resistance bacteria and genes.</p>

---

**Call 2017 – IDOUM - Innovative Decentralized and low-cost treatment systems for Optimal Urban wastewater Management**


---

**Scientific outputs:** IDOUM delivers new knowledge in the identification of endophytic microorganisms of *Phragmites australis*, which will be used for bio-inoculation of constructed wetlands. IDOUM also develops and evaluates modified iron mining residues and CuO-based nanoparticles as catalysts for heterogeneous Fenton processes with hydrogen peroxide and persulfate.

**Innovation outputs:** IDOUM aims to show decentralized wastewater treatment systems avoiding large capital costs and reduced operation and maintenance costs. Pilot-scale demonstrators are implemented in Mossay Bay (SA), University of Campinas (Br) and in Montpellier (Fr).

**Societal outputs:** IDOUM is expected to have an impact on environmental and public health by defining lists of priority contaminants in each participating country to be removed from domestic wastewaters and to contribute to UN Goal 6.

**Partners:** HydroSciences Montpellier (France), Council for Scientific and Industrial Research (South Africa), Helmholtz Center for Environmental Health (Germany), São Paulo State University Institute of Chemistry (Brazil)

**Contact:** Prof. Serge Chiron (IDOUM, 2020).

---

**Source:** Project coordinator - <https://idoum.msem.univ-montp2.fr>.

**Table 6.** Illustration of funded projects with Brazilian partner – 2018 Call

---

**Integrated approaches to Nature-based SOLUTIONS**


---

The objectives of RAINSOLUTIONS are **(a)** to identify stakeholder and urban ecosystem needs to inform planning/design; **(b)** to review and capitalize upon existing experiences of good practices; **(c)** to simulate the impact of climate variability and existing urban infrastructure on NBS within scaled pilot laboratory and field installations; **(d)** to develop an integrated indicator system for the evaluation of key NBS in terms of closing the water quantity and quality gap addressing also socio-economic aspects; **(e)** to map ecosystem services delivered by NBS for an evaluation of the best technology to implement in different urban contexts to support sustainable water management; **(f)** to create a NBS planning and design framework supported by machine learning to generate recommendations; and **(g)** to disseminate the self-sustainable web-based framework in collaboration with national stakeholders and communicate the project impact.

**Scientific outputs:** RAINSOLUTIONS delivers new knowledge and related tools and guidelines for innovative planning and assessment of NBS as part of sustainable water systems. Targeted knowledge products will be developed for the different audiences informing them about the benefits of NBS and the proposed evidence-based framework. The platform will also facilitate expert knowledge exchange.

**Innovation outputs:** A reference framework for future solution is being deployed. This will facilitate the growth of small businesses providing NBS and services, and creating new local green jobs in the process.

**Societal outputs:** Benefit are via substantially improved quality of life and well-being due to innovative NBS used which, in turn, will help reduce the risk of flooding and droughts whilst restoring urban ecosystems and adding to the amenity value of the urban environment.

**Partners:** Lund University (Sweden), University of Johannesburg (South Africa), University of Pretoria (South Africa), VESI Environmental Ltd. (Ireland), Federal University of Technology of Paraná – UTFPR (Brazil), Técnica y Proyectos S.A. (Spain), Oslo Metropolitan University (Norway), Wageningen University and Research (The Netherlands), University of Tartu (Estonia) and Danube Delta National Institute for R&D (Romania)

**Contact:** Prof. Miklas Scholz (RAINSOLUTIONS, 2019).

---

**Source:** Project coordinator - [www.rainsolutions.info](http://www.rainsolutions.info).

Following the 2014 mapping and subsequent contacts with first successful cooperation, it was decided to strengthen the cooperation activities between Brazil and EU.

In the framework of the EU-Brazil Sector Dialogues on Science and Technology, the Brazilian Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications (MCTIC)<sup>4</sup>, and the European Commission, Directorate General for Research and Innovation (DG RTD) jointly implemented a dialogue focussed on water challenges, initiated after the World Water Forum 2018, held in Brasília.

The Sector Dialogues are an instrument aimed at reinforcing the strategic partnership between the EU and Brazil, based on the principles of reciprocity, complementarity and mutual interest, around key priorities for Brazil and for the EU.

The Objectives of this EU-Brazil Sector Dialogue Project were:

- To support policy dialogue on water challenges to tackle this grand challenge recognized by the United Nations considering its interlinkages to other challenges (health and well-being, sustainable cities, clean and sufficient water & sanitation, preservation of biodiversity, climate change, socio-economic development, etc.), while seeking more efficient outreach to civil society;
- To identify common research and innovation agendas and mutual learning opportunities with a potential for Brazil-EU cooperation in the field of water related UN SDGs;
- To link Brazilian and European R&I actors within each region for maximizing collaborations and partnerships; and
- To strengthen the integrated approach to action learning from the experiences of European and Brazilian networks and R&I programmes for providing solutions which could be implemented on both sides.

During the Brasília 2018 World Water Forum, several events were organised:

- a High Level Session “Science-Policy dialogue for identify key issues to solve global water challenges and support decision making”, where high-level political participation from the EC, MCTIC, the Brazilian Ministry for Foreign Affairs [in Portuguese, Ministério das Relações Exteriores, acronym (MRE)] and other partner institutions contributed.

---

4 At the time of the Sector Dialogues, the denomination of the ministry was Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications (MCTIC). In 2020, the ministry was dismembered, changing its name to Ministry of Science, Technology and Innovations (MCTI).

- A special session on financing research and innovation on water challenges with representatives of Brazilian Federal and States level [CNPq; Confap; Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of Graduate Education; and Brazilian National Water Agency, in Portuguese respectively, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, acronym Capes; and Agência Nacional de Águas, acronym ANA] and European funders (European Commission, Water Joint Programming Initiative).
- A side event organised at the Ministry of Science, Technology, Innovation and Communications of Brazil (MCTIC), with scientists from Brazil and European Union (EU), for discussing three top scientific challenges: sanitation, water crisis, water resources management.

After the side event, experts from Brazil and European Union further discussed key scientific topics for water challenges. They also identified opportunities for mutual learning and connecting Brazilian and European R&I actors with the objective of: i) leveraging nationally funded research in Brazil and within the EU; ii) connecting R&I centres and their communities; iii) empowering the young generations of researchers and innovators; iv) maximizing/sharing resources and infrastructures; and v) actively involving governing bodies and encouraging citizen participation.

Under the umbrella of the Urban Water Management theme, a series of research and innovation areas of action have been identified such as Urban regeneration and water management (for closing the water cycle gap); The food-energy-water nexus for increasing water productivity and urban environmental services; urban wastewater treatment; or recovery of degraded urban ecosystems, urban rivers and wetlands (soon available on BR – EU Sectoral Dialogues website).

Always under the umbrella of the EU-Brazil Sector Dialogues, another project has tackled water resources as a common priority, but within the Environmental Policy Dialogue. The project “EU - Brazil exchange and cooperation on sustainable integrated water resources management” is led by the European Commission – Directorate General for Environment (DG ENV) and the Brazilian National Water Agency (ANA), and should be concluded in 2020, with the elaboration of a roadmap which may design future actions to take jointly.

Moreover, always in the cooperation framework of the Sector Dialogues, another project supported within the Science & Technology Dialogue, involving the EC – DG RTD, MCTIC and Brazilian Center for Strategic Studies and Management [in Portuguese, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, acronym CGEE]: “Nature-Based Solutions for Transition to Sustainable Communities”, has also addressed water issues in the urban dimension, following NBS principles.



As a result of these respective projects, “Dialogues among the Dialogues” dealing with cities and water have been carried out along the respective implementation of the projects and most intensively during the a cycle of inter-connected events held in March 2020 in Brasília, promoting a greater approximation and interaction among the involved institutions and stakeholders, including the JPI Water.

## 5. Future opportunities

The cooperation themes addressed by the projects mentioned above have also been endorsed in 2019 within the ninth meeting of the Joint Steering Committee of the “EU-Brazil Cooperation Agreement on Science and Technology”, where cooperation on global water challenges has been formalized as a mutual priority to be furthermore deepened in the future.

In fact, the Joint Communiqué issued after the high policy level meeting, referring to water resources as a common priority, states that “both sides agreed to keep supporting the current cooperation under the JPI Water, EraNets, Belmont Forum and funded Sector Dialogue Support Facility to underpin cooperation on urban water management and looked forward to future possibilities under Horizon Europe” (EU, 2019). In such context, also the NBS and sustainable cities priority has been reaffirmed.

Sharing water challenges is the key driver for joining RDI programming, co-designing work programmes and engaging between Brazilian and European funding programmes and institutions. No single State or stakeholder can fix global challenges alone, considering the R&I resources and capacities required to address challenges such as the water related ones. In the upcoming years, there will be several opportunities for building on the existing cooperation and progressing in equal footing cooperation.

The Joint actions planned in 2020 (on Risks posed to human health and the environment by pollutants and pathogens present in water resources) and 2021 (Conservation and restoration of degraded ecosystems and their biodiversity, including a focus on aquatic systems) constitute new opportunities for joint contribution between Brazilian funding institutions and the countries involved in the Water JPI. The Knowledge Hub on Water Scarcity and Water reuse launched in December 2019 is now also open to experts from International countries and organisations.

The European Union is currently developing Horizon Europe, an ambitious € 94.4 billion research and innovation programme to succeed Horizon 2020 (budget proposed by the European

Commission on 27 May 2020). The process started with the elaboration of a multiannual Strategic Plan to prepare the content in the work programmes and calls for proposal for the first 4 years of Horizon Europe. The main novelties are related to the rationalisation of the funding landscape and the mechanisms to strengthen International Cooperation.

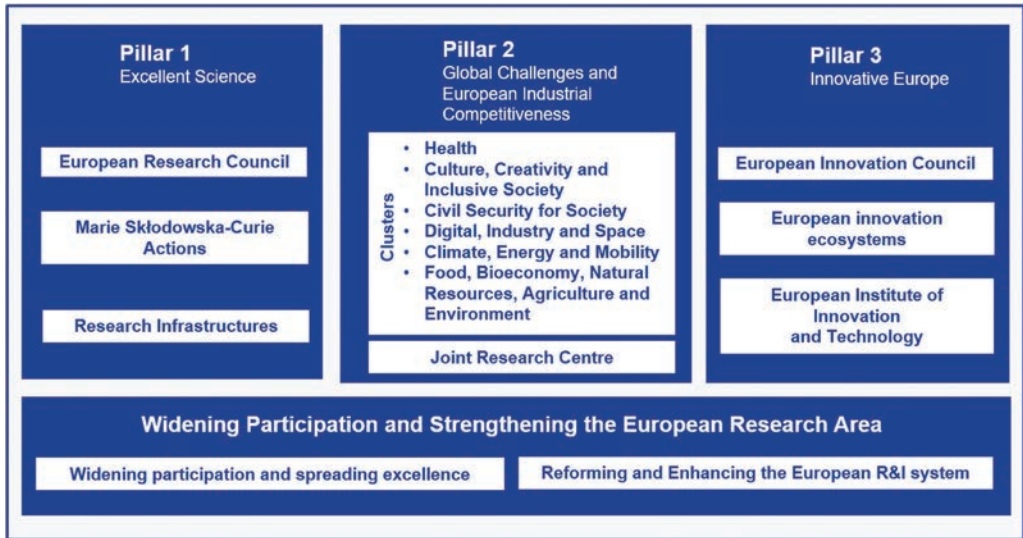


Figure 4. Preliminary Structure of Horizon Europe

Source: ECS, 2020.

In the second pillar, the Framework Programme plans to support European partnerships with EU countries, the private sector, foundations and other stakeholders. The aim is to deliver on global challenges and industrial modernisation through concerted research and innovation efforts. One proposal, so called Water4All – Water Security for the Planet, aims at securing all water demands in terms of quality and quantity, that both economic and natural systems, as well as people are protected from water-related hazards and risks. It proposes a portfolio of aligned multi-disciplinary actions (beyond calls) relevant for different stakeholders in order to create a critical mass and enhance impact by replicating implementation of innovative transformative solutions and building capacities in actor groups. It will strengthen water diplomacy and EU’s role as global actor by supporting international cooperation.

In this future cooperation scenario, it is most likely that the terms for EU-Brazil cooperation in R&I shall maintain elements of continuity, for instance the cooperation modalities identified

within the Administrative Arrangement signed between the European Commission – DG RTD and Confap, CNPq and the Brazilian Innovation Agency [in Portuguese, Financiadora de Estudos e Projetos, acronym Finep]: collaborative projects (co-financed by the Brazilian funding agencies), coordinated calls on key mutual priorities, and twinning of projects funded by both sides.

Such mechanisms should be maintained for the future, therefore policy dialogues which reinforce the identification and detail of common priorities can greatly contribute to future common actions, also in the field of water resources and cities, which are now clearly endorsed as target EU-Brazil cooperation topics.

Moreover, considering that Brazilian State Funding Agencies have supported several calls in the past years, allocating a considerable budget for enhancing cooperation on water with the JPI Water and with the EU (within EraNets), there is clearly a will to advance in such support, also in the context of the future Framework Programme.

Finally, the Brazil – EU Sectoral Dialogue projects are also proposing follow-up actions. Some are particularly of interest for increasing the Brazilian participation in the EU R&I programmes and developing co-designed programmes. They range from:

- Elaboration of a study aimed at identifying twinning research projects already funded at EU and Brazil level and develop communities;
- Widening the cooperation supported by the Sector Dialogues on Environmental Policies and Water Management, involving the European Commission, Directorate General for Environment (DG ENV): possible follow-up actions may be the creation of a EU-Brazil Water Platform, gathering a wider range of European and Brazilian stakeholders and partner institutions, also from the Research & Innovation sphere.
- Connecting Research Infrastructures: sharing resources and common objectives in Urban Water Management;
- Proposing Brazil as a testbed for the implementation of new infrastructures for urban water management.

All these actions will develop leveraging nationally funded research by enlarging Brazilian participation in multilateral projects.

## 6. Acknowledgements

We thank the Water JPI funded Project coordinators (Silvia Diaz Cruz – Spain, Serge Chiron – France and Miklas Scholz – Sweden) for their inputs.

### References

BiodivERsA. **Welcome to BiodivERsA**. Available at: <https://www.biodiversa.org/>

EUROPEAN COMMUNICATION STRATEGIES - ECS. **Implementing Horizon Europe: a next step towards achieving Horizon 2020**. Available at: [https://www.europeancommunicationstrategies.com/Implementing-Horizon-Europe-a-next-step-towards-achieving-Horizon-2020\\_a114.html](https://www.europeancommunicationstrategies.com/Implementing-Horizon-Europe-a-next-step-towards-achieving-Horizon-2020_a114.html)

EUROPEAN UNION. 9<sup>th</sup> Joint Steering Committee Meeting of the bilateral cooperation agreement on science and technology between Brazil and the Europe Union. **Joint Communiqué**. 2019. Available at: [https://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/policy/ec\\_rtd\\_eu-brazil-joint-communique\\_2019.pdf](https://ec.europa.eu/research/iscp/pdf/policy/ec_rtd_eu-brazil-joint-communique_2019.pdf)

IDOUM. **IDOUM Project**. Innovative decentralized and low-cost treatment systems for Optimal Urban wastewater Management Project. 2020. Available at: <https://idoum.msem.univ-montp2.fr>

MAR. Managed Aquifer Recharge. **Addressing the risks of recharging regenerated water call 2018**. Available at: <http://www.maradentro-jpi.eu>

RAINSOLUTIONS. **Welcome to RainSolutions, a water JPI project**. 2019. Available at: <http://www.rainsolutions.info>

UNITED NATIONS WATER – UN Water. **Sustainable Development Goal 6**. Synthesis Report on Water and Sanitation. Geneva: 2018. 199 p. Available at: [https://www.unwater.org/publication\\_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/](https://www.unwater.org/publication_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/)

WATER EUROPE. **Interview with Dominique Darmendrail, Water JPI Coordinator**; What is the Water JPI about? What is it working on? 2020. Available at: <https://watereurope.eu/interview-with-dominique-darmendrail-water-jpi-coordinator/>

WATER INTERNATIONAL COOPERATION – Water IC. **Joint Call 2017 - IC4WATER**. Supporting international cooperation activities water. Available at: <http://www.waterjpi.eu/joint-calls/joint-call-2017-ic4water>

WATER JPI. 2016 **Water JPI Exploratory Workshop Report**. Dublin: 2016. 65 p. Available at: [http://www.waterjpi.eu/images/documents/2016/Exploratory\\_Workshop\\_14112016/Documents/Exploratory\\_Workshop\\_1\\_Report%20\(2\).pdf](http://www.waterjpi.eu/images/documents/2016/Exploratory_Workshop_14112016/Documents/Exploratory_Workshop_1_Report%20(2).pdf)

WATER JPI KNOWLEDGE HUB. **Contaminants of emerging concern** - continuous increase of CECs in the anthroposphere as a stressor for water resources. Stakeholder brief. jan. 2020. 21 p. Available at: [http://www.waterjpi.eu/implementation/thematic-activities/water-jpi-knowledge-hub-1/jpi-khcec\\_january\\_2020\\_stakeholderbrief.pdf](http://www.waterjpi.eu/implementation/thematic-activities/water-jpi-knowledge-hub-1/jpi-khcec_january_2020_stakeholderbrief.pdf)

WATER JPI KNOWLEDGE HUB. **Contaminants of emerging concern** – an emerging risk in our waters. 2019. 2 p. Available at: <http://www.waterjpi.eu/images/documents/policy-brief-khcec-an-emerging-risk-in-our-waters.pdf>

WATER JPI. **Tackling European water challenges coordination and support action**. 2012. Available at: <http://www.waterjpi.eu/images/documents/2016/WP%205%201%20Final%20Report%20-%2030-04-2014%20without%20SWOT.pdf>

WATER JPI. **Water challenges for a changing world. Joint Call 2018 - WaterWorks 2017**. 2018b. Available at: <http://www.waterjpi.eu/joint-calls/joint-call-2018-waterworks-2017>

WATER JPI. **Water challenges for a changing world. Joint Call 2020**. Aquatic pollutants joint transnational call 2020. 2020c. Available at: <http://www.waterjpi.eu/joint-calls/joint-call-2020-aquaticpollutants>

WATER JPI. **Water challenges for a changing world. Members**. 2019a. Available at: <http://www.waterjpi.eu/about-us/members>

WATER JPI. **Water challenges for a changing world. Water JPI knowledge hub on contaminants of emerging concern**. 2019b. Available at: <http://www.waterjpi.eu/implementation/thematic-activities/water-jpi-knowledge-hub-1/water-jpi-knowledge-hub-on-contaminants-of-emerging-concern>

WATER JPI. **Water challenges for a changing world. Water JPI TAP on ecosystem services**. 2020b. Available at: <http://www.waterjpi.eu/implementation/thematic-activities/water-jpi-tap-action/first-water-jpi-tap>

WATER JPI. **Water challenges for a changing world. Water RDI Mapping.** 2020a. Available at: <http://www.waterjpi.eu/mapping-agenda/water-rdi-mapping>

WATER JPI. **Water challenges for a changing world. WaterWorks2017 RDI funded projects booklet.** Available at: <http://www.waterjpi.eu/joint-calls/joint-call-2018-waterworks-2017/booklet>

WATER JPI. **Water challenges for a changing world. What is contaminating our waters next?** contaminants of emerging concern (cecs) – novel ways to reduce their human and environmental risks. Policy Brief, 22 oct. 2018a. Available at: [http://www.waterjpi.eu/images/documents/waterjpi\\_policy\\_brief\\_final.pdf](http://www.waterjpi.eu/images/documents/waterjpi_policy_brief_final.pdf)

WATER JPI. **Water JPI vision 2030.** Together for a water-secure world. Apr. 2020d. 37 p. Available at: [http://www.waterjpi.eu/water-jpi-vision/waterjpi\\_vision2030\\_web.pdf](http://www.waterjpi.eu/water-jpi-vision/waterjpi_vision2030_web.pdf)

# Soluções baseadas na Natureza para um novo paradigma no tratamento de esgoto em áreas urbanizadas

Cecilia Polacow Herzog<sup>1</sup>

## Resumo

Nesse artigo, são abordadas Soluções baseadas na Natureza (SbN) e híbridas, para tratamento de esgoto, que podem ser instaladas em diversas situações urbanas e periurbanas, com múltiplos benefícios ambientais, econômicos e para a saúde da população. O esgoto tratado de forma descentralizada e circular oferece oportunidades para o aproveitamento das águas, do lodo e gás emitido, com redução no consumo de energia e nas redes coletoras. SbN aumentam habitats para biodiversidade local, contribuindo para mitigar a emissão de gases efeito estufa. Sistemas de tratamento de esgoto baseados na natureza ou híbridos podem integrar parques urbanos. Em áreas mais extensas, podem ser implantados alagados construídos e, para áreas com restrição de espaço, sistemas compactos de baixo impacto. Tais soluções inovadoras são apresentadas ao longo do artigo.

## Abstract

*This paper presents hybrid and nature-based solutions (NBS) for wastewater treatment that may be applied to diverse urban and peri-urban contexts. They offer multiple environmental and economic benefits, with the enhancement of human health, and lower energy consumption. Decentralized and circular sewage treatment enables to recycle water, transform sludge in compost, and use gas to generate energy. NBS promotes habitats for biodiversity and contributes to mitigate GHG emissions. Hybrid or NBS systems may integrate urban parks. In large areas constructed wetlands are viable, in more restricted spaces compact low impact systems are smart options. Some innovative examples are also presented.*

<sup>1</sup> Paisagista urbana, professora da graduação e pós-graduação do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e coordenadora da pós-graduação em Paisagismo Ecológico: planejamento e projeto da paisagem, na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Pesquisadora, palestrante, perita e consultora em temas relacionados a Urbanismo Ecológico e Soluções baseadas na Natureza para cidades sustentáveis e resilientes.



**Palavras-chave:** Soluções baseadas na natureza. Tratamento de esgoto sustentável. Alagados construídos.

**Keywords:** *Nature-based Solutions (NBS). Sustainable wastewater treatment. Constructed wetlands.*

## Mensagens principais

- O tratamento de esgoto é uma questão emergencial no Brasil.
- A água é um recurso essencial à vida. Como compõe quase a totalidade do esgoto, pode e deve ser tratada e reutilizada.
- O esgoto tem o potencial de gerar riqueza por meio de seus subprodutos sólidos e gasoso produzidos durante o processo de tratamento: o lodo pode se transformar em adubo para agricultura e regeneração de ecossistemas e, também, gerar energia térmica para aquecimento de água e cocção; o gás pode ser captado para uso como fonte de energia renovável.
- Soluções baseadas na Natureza oferecem múltiplos benefícios para as pessoas e sua qualidade de vida. A natureza e sua biodiversidade, oferecerem inúmeros cobenefícios, como a contribuição para a adaptação às crises climática e sanitária.
- O tratamento adequado de esgoto possibilita mitigar as emissões de gases efeito estufa (GEE) causadas pelo despejo indevido e impactante de esgoto nos corpos d'água, reduzindo a emissão de gás metano (CH<sub>4</sub>), que é aproximadamente 30 vezes mais poluente que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (KOSSE *et al.*, 2018), que é centenas de vezes mais potente que os outros GEE (RIBEIRO *et al.*, 2013).
- Existem inúmeras tecnologias inovadoras para o tratamento de esgoto: Soluções baseadas na Natureza ou sistemas híbridos de alto desempenho que podem chegar a tornar a água balneável e até mesmo potável.

- Os tratamentos feitos por Soluções baseadas na Natureza (principalmente as etapas finais de fitorremediação<sup>2</sup>/biorremediação<sup>3</sup>, lagoas de polimento) podem ser inseridos em projetos de parques públicos multifuncionais, para usufruto por parte da população e *habitat* para a biodiversidade.
- A descentralização da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é ideal, pois baixa os custos de implantação por demandar redes coletoras de pequenas extensões, gerando redução no consumo de energia e fechamento de ciclos no local.
- A adoção de sistemas compactos e inovadores demanda menor área para a sua instalação, sem impactar o ambiente do entorno, possibilitando melhor aproveitamento multifuncional de espaços nas cidades.
- O reuso da água limpa (para usos secundários ou até mesmo como insumo), do lodo para adubo e do gás para combustível é uma realidade e uma necessidade urgente a ser adotada como política pública para enfrentar os desafios contemporâneos.

## 1. Introdução

A qualidade das águas no Brasil é uma questão que se tornou emergencial devido ao contínuo lançamento de esgoto nos corpos d'água, por décadas, por uma população urbana crescente. Isso levou à contaminação por meio do lançamento de excessiva carga de matéria orgânica que potencializa o desenvolvimento de algas e bactérias nocivas à saúde humana e à vida aquática. Esses impactos têm causado imensos prejuízos à população, com ênfase à atual situação do fornecimento de água potável para os grandes aglomerados urbanos, como o exemplo da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que depende da transposição de águas do rio Paraíba do Sul para o sistema Guandu, recebendo contaminação durante todo o seu percurso. O rio Paraíba

- 2 **Fitorremediação** é uma técnica de utilização de plantas em um local para a redução ou total remoção permanente de contaminantes de solos, águas, sedimentos e ar poluídos. É um processo que não demanda energia, é esteticamente agradável e tem ótimo custo-benefício. Retira tanto elementos orgânicos quanto inorgânicos, como zinco, cobre e magnésio, entre outros. A quantidade de poluentes retirados pelas plantas deve ser considerada na hipótese de uso desses vegetais para consumo por parte de animais, pois podem se tornar tóxicos (WAYBACKMACHINE, 2019).
- 3 **Biorremediação** é o processo biológico provocado naturalmente por organismos que vivem no solo, como bactérias, fungos e plantas (raízes), que metabolizam os contaminantes e degradam os poluentes encontrados na água ou no solo, além de capturar carbono (UNIFESP, 2020).

do Sul nasce no Estado de São Paulo e percorre a área conurbada<sup>4</sup> entre as duas metrópoles, absorvendo despejo de esgoto e efluentes industriais<sup>5</sup>, com áreas de risco de contaminação de metais pesados em vários pontos de seu curso. Desde o final de 2019, as cidades que dependem dessa Estação de Tratamento de Águas (ETA) enfrentam uma situação calamitosa, com água insalubre, contendo alto teor de cloro, saindo das torneiras de milhões de brasileiros residentes no Grande Rio.

A situação dos mananciais e do tratamento de esgoto e outros efluentes em cidades menores e áreas rurais também é crítica no País.

A dependência de grandes ETE e ETA demanda extensas, ineficientes e caras redes para a condução tanto da água, da planta de tratamento até o ponto de consumo, quanto do esgoto, que leva o efluente da fonte geradora até o sistema de tratamento. Com isso, há uma imensa demanda de energia e desperdício no trânsito dos líquidos, por meio de vazamentos, falta de manutenção adequada, envelhecimento da rede, dentre outros fatores<sup>6</sup>.

Os dados fornecidos pelo Painel de Saneamento no Brasil, do Instituto Trata Brasil (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2019), revelam uma situação alarmante, não apenas pelos números expostos no Quadro 1, mas por conta da baixa qualidade do tratamento que, em sua maioria, é primário. Isso quer dizer que apenas os sólidos são retirados por gradeamento<sup>7</sup> e a água retorna com contaminantes para os corpos d'água ou essas substâncias são conduzidas para o mar, por meio de emissários submarinos. Em ambos os casos, a vida aquática é comprometida e os ecossistemas fluvial e marinho são negativamente impactados.

---

4 **Conurbação** é um termo que foi cunhado por Patrick Geddes no início do século 20, quando as cidades começaram a se expandir e se conectar, formando extensas áreas urbanizadas, de todos os tamanhos e interdependentes. No caso brasileiro, a maior conurbação se encontra no eixo Rio-São Paulo, com todas as outras áreas metropolitanas a ele relacionadas.

5 **Efluentes industriais** correspondem a líquidos provenientes de processos industriais que podem vir com diversos componentes químicos e até mesmo metal pesado.

6 No sistema Guandu a perda é de 40% (WRI BRASIL, 2018).

7 **Gradeamento** - O esgoto passa por uma filtragem feita por grades que retêm os sólidos grosseiros, posicionadas transversalmente na entrada do esgoto (UFC, 2019).

**Quadro 1.** Dados de coleta e tratamento esgoto no Brasil**Coleta**

- **53%** dos brasileiros têm acesso à coleta de esgoto.
- Quase **100 milhões** de brasileiros não têm acesso a este serviço.
- Cerca de **13 milhões** de crianças e adolescentes não têm acesso ao saneamento básico.
- **3,1%** das crianças e dos adolescentes não têm sanitário em casa.
- **36 municípios** entre as 100 maiores cidades do País têm menos de 60% da população contando com coleta de esgoto.

**Tratamento**

- **46%** dos esgotos do País são tratados.
- Somente **21 municípios** dentre as 100 maiores cidades do País tratam mais de **80%** dos esgotos.
- Em 2017, o País lançou aproximadamente **5.622 piscinas** olímpicas de esgoto não tratado na natureza.

Fonte: Instituto Trata Brasil.

Os impactos na saúde humana são imensos, mesmo em cidades onde o esgoto é parcialmente coletado e até mesmo tratado. Em dias de chuvas intensas, ocorrem inundações e alagamentos contaminados pelo esgoto que é jogado diretamente em corpos d'água canalizados. Estes, por sua vez, transbordam, afetando a população (BONAIUTO; ALBERS, 2020), especialmente a mais carente e que muitas vezes mora em áreas vulneráveis a inundações e alagamentos. Os dados da saúde são alarmantes e os custos desse impacto não são contabilizados.

O esgoto doméstico é 99,9% composto por água, apenas 0,01% por contaminação de origem orgânica e inorgânica, tanto em suspensão quanto dissolvidos (UNICAMP, 2005). Com o

tratamento adequado, o potencial do reuso de água é imenso, bem como o do lodo e do gás metano emitido no processo de tratamento.

Visto por esse prisma, o esgoto é um patrimônio a ser tratado com a devida atenção, especialmente nos tempos atuais, em que a crise climática tem: por um lado, agravado os episódios de seca, colocando em risco a segurança hídrica; e, por outro, provocado chuvas intensas, que causam inundações, alagamentos e deslizamentos, com consequentes impactos na saúde. Esses eventos acarretam danos e perdas econômicas recorrentes, demandando um novo olhar sobre o potencial do tratamento de esgoto.

## 2. Sistemas de tratamento de esgoto inovadores e economia circular

Dentro do contexto de inovação, o tratamento de efluentes tem demonstrado um imenso potencial para a geração de uma nova economia verde e circular (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2002), com a produção de água, adubo e combustível. Isso é possível por meio da adoção de ETE baseadas na natureza ou híbridas, sistemas que utilizam tecnologias aplicadas de modo a atender aos requisitos de contextos locais, tanto em áreas urbanas e periurbanas como rurais.

Estações de Tratamento de Esgoto sustentáveis e baseadas na natureza estão sendo alvo de pesquisa no Brasil e no mundo. Existem sistemas inovadores implantados trazendo benefícios e cobenefícios para a sociedade e a natureza. Contudo, tais sistemas ainda enfrentam diversas barreiras para a sua universalização devido: ao (1) desconhecimento de novas tecnologias e das Soluções baseadas na Natureza com essa finalidade; (2) à falta de ampla divulgação de suas potencialidades, de seu baixo custo e alto desempenho ecológico e social; (3) às reduzidas fontes de financiamento; e (4) ao reduzido número de tomadores de decisão com conhecimento técnico para a adoção e aprovação de projetos, dentre outras razões.

Há uma miríade de soluções com possibilidade de substituir as ETE convencionais, as quais normalmente ficam distantes dos locais da geração dos efluentes, o que demanda a implantação de redes de esgoto com elevatórias, exigindo altos investimentos e gerando perdas em seu curso, contaminando as águas superficiais e subterrâneas, além do solo. No Brasil, a perda durante o percurso do esgoto até a ETE, quando essa existe, é considerável (MORAIS; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010). A maioria das redes de coleta são distantes das ETE, antigas e sem adequada manutenção.

No Brasil, o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto (INCT ETEs Sustentáveis) tem encabeçado pesquisas em ETE sustentáveis, cuja definição é “que são concebidas e operadas segundo os preceitos da economia circular e do desenvolvimento sustentável, considerando as dimensões econômica, social e ambiental” (BRESSANI-RIBEIRO *et al.*, 2020).

Em Lisboa, a transformação de esgoto em água devidamente tratada levou à criação da *Fábrica de Águas* (Imagem 1), com vistas à mudança de paradigma no setor que destina água para diferentes finalidades, como irrigação, reuso em descarga sanitária e lavagem de ruas. Essas diferentes finalidades requerem distintos tratamentos da água de efluentes e, atualmente, evidenciam a capacidade daquele país de produzir água com as diferentes especificidades.

Recentemente, com um tratamento complementar, por meio de ozonização e osmose inversa, a companhia Águas do Tejo Atlântico firmou parceria com a Moinhos Água e Ambiente (água+) e a fábrica de cerveja artesanal “Cerlinx” para produzir a cerveja Vira. O objetivo é “virar” os hábitos e costumes, acabando com o preconceito de tornar esgoto em água potável (ÁGUAS DO TEJO ATLÂNTICO, 2020). Além do aproveitamento e da manutenção da qualidade da água do rio Tejo, as parceiras também separam os resíduos sólidos e dão destino aos diferentes componentes, com ênfase para a produção, a partir do lodo, de adubo destinado à agricultura. O projeto é focado na geração de uma economia circular, com o conceito do *Cradle-to-Cradle* (do Berço ao Berço), ao invés do paradigma atual, *Cradle-to-Grave* (do Berço ao Túmulo, ou seja, lixo ou aterro sanitário).

Além desses benefícios, a própria Fábrica de Águas de Alcântara, em Lisboa, é um projeto impressionante, com o maior teto verde da Europa cobrindo a estação de tratamento que recebe o esgoto produzido por aproximadamente 1 milhão de pessoas, moradoras das proximidades da bacia hidrográfica que perpassa a capital portuguesa e mais duas cidades vizinhas. A cobertura verde é biodiversa e faz parte do Corredor Verde de Alcântara, dando multifuncionalidade à ETE.

O modelo ideal é o de descentralização das ETE, de modo que atendam a bacias de coleta de fontes que estão próximas, de preferência, à montante. Desse modo, o material coletado pode descer por gravidade até a ETE, gerando redução dos custos de implantação, tanto pela eliminação de extensas e caras redes de esgoto quanto pela queda no consumo de energia. Podem também ser localizadas em parques e áreas com lagos de tratamento que oferecem numerosos serviços ecossistêmicos, com oferta de lazer para a população, ao mesmo tempo em que criam habitats para a biodiversidade (RIZZI; STEFANAKIS, 2020). As ETE têm um imenso potencial de se tornar parte de equipamentos públicos visíveis que oferecem múltiplos benefícios para a cidade, o bairro ou a área onde se localiza.

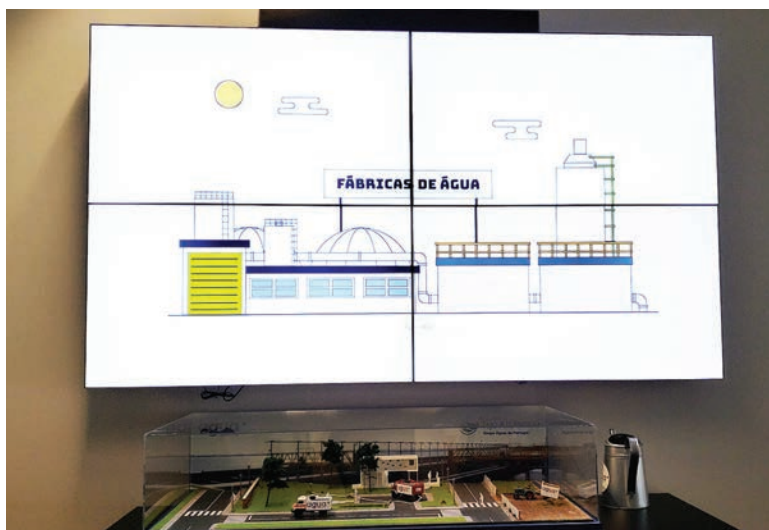


Foto 1. Esquema projetado da Fábrica de Água de Alcântara, com a maquete embaixo

Fonte: Registro da autora.

Existem ETE compactas que têm potencial para atender a diferentes demandas. Inúmeros sistemas estão sendo desenvolvidos e ofertados no mercado brasileiro, conforme explanado a seguir<sup>8</sup>.

Outro ponto importante é a implantação de coleta separada de águas residuais (chamadas *cinzas*, vindas de pias, chuveiros, lavagem de pisos, etc.) e das águas negras provenientes de esgoto sanitário. Isso aumenta a capacidade de tratamento específico para tipo de contaminação e melhora a coleta de nutrientes para o reúso em agricultura. Esse ponto tem se tornado importante em áreas urbanas, em razão do aumento de produção de alimentos em cidades, com o objetivo de tornar próximos a fonte produtora e o consumidor.

### 3. Soluções baseadas na Natureza e Tratamento de Água e Esgoto

As intervenções feitas nas paisagens – urbanas, periurbanas e rurais –, com alterações na cobertura do solo e nos processos naturais, eliminaram ou alteraram ecossistemas que mantinham as funções ecológicas dessas áreas, o que tem levado, muitas vezes, a consequências dramáticas. Os impactos do excesso (inundações e alagamentos) ou da falta de água; a poluição generalizada do ar, das

<sup>8</sup> Veja os estudos de caso neste artigo.



águas e do solo, com impactos diretos sobre a saúde e o bem-estar das pessoas; e as emissões de gases de efeito estufa que aceleram o aquecimento global, têm levado à busca por alternativas mais harmoniosas com a natureza e seus processos e fluxos. As mudanças climáticas estão tornando a transição para cidades sustentáveis e resilientes mais urgente e crítica. Nesse contexto multiescalar, as Soluções baseadas na Natureza (SbN) estão se tornando alternativas cada vez mais aceitas e aplicadas para enfrentar os diversos desafios e manter o funcionamento das cidades.

O planejamento e desenvolvimento de projetos de SbN têm evoluído com muita rapidez e vêm atender às necessidades da urgente mudança de paradigma, que vai da tentativa de controle da natureza, por meio de técnicas que alteram os processos e fluxos naturais, para uma nova visão de convívio mais harmonioso com as águas, a biodiversidade e o suporte geofísico local. SbN são inovações que buscam regenerar processos e fluxos naturais em ambientes transformados, permitindo e estimulando a conectividade entre áreas verdes, fragmentos de ecossistemas e margens de corpos d'água, de forma a dar mais sustentabilidade e resiliência ao sistema urbano. São soluções inspiradas e mantidas pela natureza, oferecendo múltiplas funções, ao mesmo tempo e no mesmo local, com benefícios explícitos para a população. Os objetivos das SbN são proteger, restaurar e manejar, de forma sustentável, os ecossistemas essenciais para a manutenção da vida (EU, 2015).

As Soluções baseadas na Natureza estão ganhando mais visibilidade por conta dos imensos benefícios que trazem para a sociedade. São soluções sistêmicas que atendem a diversas necessidades e propiciam o fechamento de ciclos, tanto das águas como da produção de alimentos, no lugar onde é necessário, dentre outros serviços ecossistêmicos.

Novas formas de resolver a questão do tratamento de esgoto têm sido alvo de pesquisas e novos processos em que os insumos poluentes são transformados em ativos essenciais à vida e ao funcionamento do sistema urbano. Alagados construídos (*constructed/built wetlands*), também conhecidos como jardins filtrantes, são essencialmente Soluções baseadas na Natureza que tratam as águas poluídas. Podem ser localizados em áreas receptoras de corpos d'água contaminados por poluição pontual<sup>9</sup> e poluição difusa<sup>10</sup>. Os processos de tratamento por fito e biorremediação podem variar de acordo com o contexto. A ETE de Araruama, um projeto

9 **Poluição pontual** é gerada em um ponto onde pode ser coletada e conduzida, por meio de redes, até a estação de tratamento ou, o que é muito comum no Brasil, direcionada ao corpo d'água mais próximo ou ao sistema de drenagem de águas pluviais.

10 **Poluição difusa** é gerada quando os primeiros minutos de chuva lavam as superfícies impermeáveis das cidades, escoando sobre os pavimentos ou telhados até o corpo d'água ou sistema de drenagem mais próximo. Essa água da chuva, que carrega a poluição, reúne diversos contaminantes, inclusive metais pesados, uma vez que as ruas recebem óleos e resíduos de borracha dos pneus de veículos, materiais de construção que são jogados nas suas margens, partículas de poluição que ficam depositadas sobre as áreas impermeáveis, além de outros resíduos, como fezes de animais e detritos diversos.

pioneiro no Brasil, de tratamento em alagado construído, é um modelo exemplar (HERZOG; ROZADO, 2019).

Jardins filtrantes são eficazes e viáveis em inúmeras situações, inclusive para o tratamento de efluentes sanitários combinados com resíduos de processos industriais, como é o caso do Ecoparque da Natura (Foto 2), na cidade de Benevides, no Pará. O sistema de tratamento é totalmente baseado na natureza, não havendo entrada de produtos químicos, com todo o processo de filtragem sendo feito por fitorremediação, caixas de areia e aeração.



**Foto 2.** Jardim filtrante no Ecoparque da Natura, em Benevides, Pará

**Fonte:** *Phytorestore*.

Atualmente, existem alagados construídos verticais que demandam menor área para a sua implantação, mantendo o desempenho de alagados construídos horizontais (RIZZI; STEFANAKIS, 2020; STEFANAKIS; AKRATOS; TSIHRINTZIS, 2014).

Tecnologias mais compactadas, que concentram etapas necessárias ao tratamento seguro de esgoto e a utilização dos insumos sólido e gasoso, também são importantes inovações a serem aplicadas em áreas urbanas, com grande potencial para descentralizar o tratamento, reduzindo perdas e custos de implantação de redes coletoras e de manutenção, entre outras vantagens<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Ver o exemplo ACS Ambiental.

Técnica de biodigestor associado a caixa de brita e areia e, na sequência, zona de raízes, tem sido adaptada para uso em áreas montanhosas. Por seu baixo custo de instalação e manutenção, tem sido empregada em áreas de comunidades de baixa renda, com grandes vantagens e cobenefícios ecológicos e sociais, como lazer, recreação e contemplação por parte dos moradores.<sup>12</sup>

Bacias de Evapotranspiração são muito eficientes e atendem a necessidades em áreas residenciais, tanto urbanas como rurais, onde há espaço para implantação desse sistema de baixo custo e alta eficácia. A sua superfície ainda é utilizada na produção de alimentos<sup>13</sup>.

Sistemas compactos e integrados de tratamento de esgoto, com tamanhos de *container*, podem ser utilizados de forma modular, atendendo a diversas demandas, desde as geradas por condomínios até as demais áreas urbanas. Podem ser consorciados com alagados construídos, que fazem o polimento final da água e se tornam parte de parques públicos multifuncionais. Esse sistema foi calculado para atender até 90 mil pessoas em área de instalação de apenas 24 mil m<sup>2</sup> (ACS AMBIENTAL).

## 4. Considerações finais

O esgoto, que tem sido compreendido como problema, passa a ser resposta, por meio da adoção de inovadoras soluções para múltiplas escalas urbanas, periurbanas e rurais.

É urgente a mudança de paradigma com relação à importância do esgoto dentro do sistema urbano. Grandes e distantes ETE não respondem aos desafios contemporâneos, além de se tornarem, muitas vezes, inviáveis economicamente e insustentáveis, pelo alto custo de implantação e manutenção de grandes redes de coleta e das próprias estações. A localização de ETE próxima às fontes geradoras de esgoto e de outros efluentes dá maior resiliência ao sistema, pois, se houver um problema, este será localizado e de mais fácil e rápido manejo e retorno à operação. A redução nos custos também deve ser considerada.

O tipo de ETE a ser planejada e projetada depende do contexto do local de instalação. Não existe solução única que atenda a todas as situações. É importante ter conhecimento técnico e científico a respeito das inúmeras possibilidades, além de poder contar com equipes inter e transdisciplinares, competentes e atualizadas com as mais recentes soluções, desde as que

<sup>12</sup> Ver o exemplo Quarteirão Brasileiro.

<sup>13</sup> Ver o exemplo Bacia de Evapotranspiração.

envolvem a tomada de decisão até a implantação, a manutenção e o monitoramento da estação de tratamento, seja esta baseada na natureza ou híbrida.

O reuso da água para usos secundários reduz a demanda por água potável, que deve ser exclusiva para consumo humano. É necessário reduzir os desperdícios gerados no atual sistema utilizado pelas cidades brasileiras. O esgoto pode tornar a cidade mais resiliente à falta d'água em períodos de seca prolongada, quando o tratamento da água nele contida é feito de modo circular e seguro para a vida humana, com a eliminação de patógenos. O tratamento de esgoto está intrinsecamente conectado à segurança hídrica.

As soluções mais localizadas podem ser integradas aos espaços urbanos disponíveis ou com vocação para se tornarem espaços públicos. Por exemplo, parques têm possibilidade de fazer parte desse sistema, ao abrigarem em seus projetos as lagoas construídas (*wetlands*) para filtragem das águas. Estas, por sua vez, podem ser consorciadas a sistemas de tratamento compactos, de modo que, além do usufruto de áreas verdes e azuis pelos usuários, ainda ofereçam oportunidade de educação e conscientização da população sobre o destino e reuso do esgoto produzido por cada pessoa.

Atualmente, é tabu se falar sobre o esgoto, entretanto, cada dia mais, o uso do esterco humano para a geração de energia se torna uma realidade a ser incluída na agenda de sustentabilidade e economia circular (GRAY, 2017).

O potencial de Soluções baseadas na Natureza e híbridas, descentralizadas, com reuso dos insumos água, lodo e gás, é imenso e urgente, de modo a integrar as ETE no tecido urbano de cidades inovadoras. Tecnologias que atendem a diferentes demandas para contextos distintos estão disponíveis, são seguras e vêm sendo implantadas em diversas cidades do mundo.

O tratamento adequado de esgoto também contribui para evitar a emissão de GEE e, nos casos de Soluções baseadas na Natureza que utilizam plantas, é ainda uma fonte de captação desses gases, contribuindo para a mitigação dos efeitos de mudanças climáticas (UN, 2019).

Cidades “verdes”, do mesmo modo, são bem-sucedidas economicamente por atraírem empresas que precisam de colaboradores que, por sua vez, buscam maior conforto e locais saudáveis para uma vida igualmente saudável.

## 5. Alguns sistemas de tratamento de esgoto

### 5.1. Urbana

- 5.1.1. **Nome:** Revolution – tratamento compacto que reúne as vantagens dos sistemas aeróbios e anaeróbios em um equipamento do tamanho de um container, com tecnologia avançada e *design* que permite a inserção em espaços públicos.



Foto 3. Sistema Revolution instalado no condomínio *Golf Ville*, em Fortaleza

Fonte: *Registro da autora*.

**Fabricante:** ACS Ambiental

**Custo de manutenção:** baixo custo de manutenção e necessidade de poucas pessoas para a sua operação, dependendo de quantas unidades de tratamento são acopladas, de acordo com a necessidade de tratamento do local.

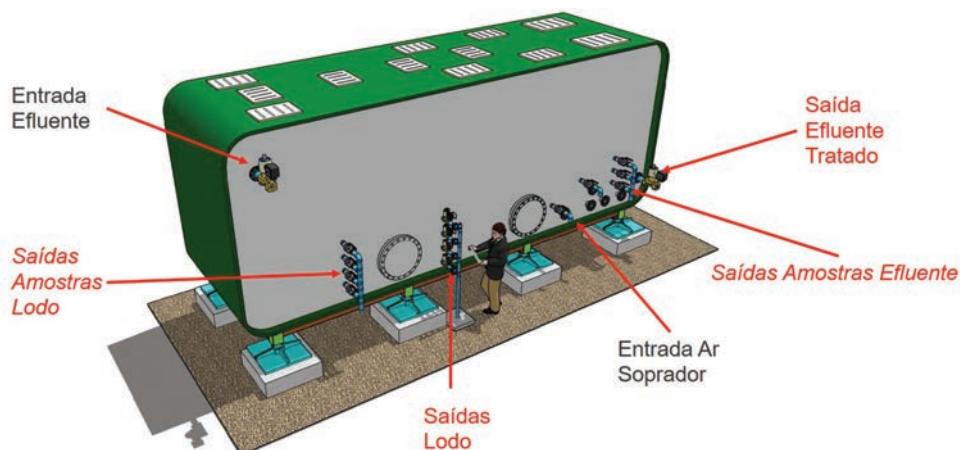


Figura 1. Funcionamento do ETE Revolution

Fonte: ACS Ambiental.

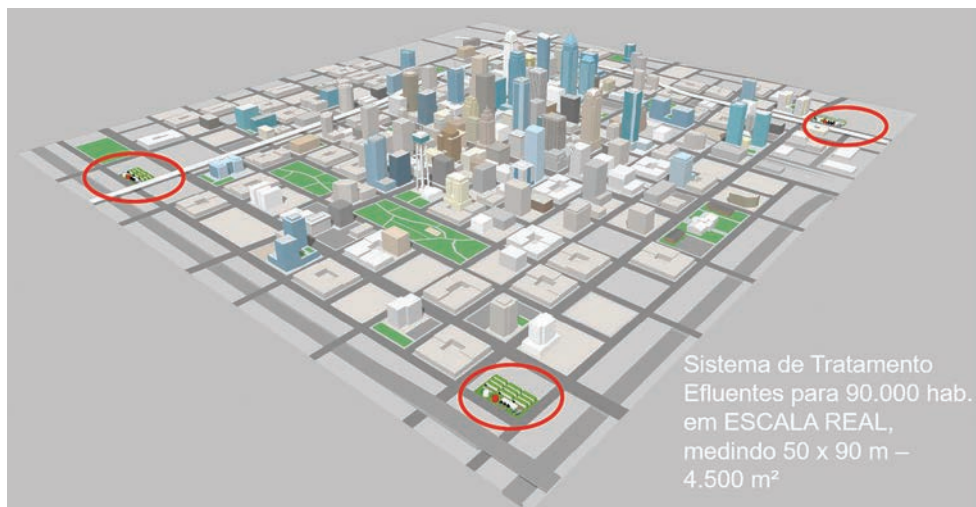
**Capacidade de Tratamento:** Oferece excepcionais índices de eficiência na remoção de DBO, DQO, nutrientes (P e N)<sup>14</sup> e Amônia, baixa produção de lodo, ausência de odor e simplicidade operacional.

**Uso:** Urbano

#### Vantagens:

- Sistema compacto que pode ser utilizado para descentralizar o tratamento de esgoto em áreas já urbanizadas.
- Ocupa pequena área para a sua instalação modular, de acordo com a demanda.
- Permite a descentralização do tratamento de esgoto, com a localização perto das fontes produtoras de esgoto.
- Pode funcionar por gravidade quando posicionado em áreas mais baixas.
- Permite ser adesivado, o que pode proporcionar uma melhor incorporação do equipamento na paisagem urbana.
- Permite o reuso de água, lodo e gás.

<sup>14</sup> Demanda bioquímica de Oxigênio ou demanda biológica de oxigênio (DBO); Demanda química de Oxigênio (DQO); Fósforo (P); Nitrogênio (N).



**Figura 2.** Sistema Revolution compacto, pode ser incorporado a espaços públicos distribuídos pelo tecido urbano

**Fonte:** ACS Ambiental.

#### Limitações técnicas:

- Capacidade de vazão por módulo, podendo ser acrescido de acordo com a demanda.
- Acima de 6 módulos, há necessidade de automação.
- Não deve ser utilizado enterrado (*underground*).

#### Vantagens:

- Permite o tratamento próximo ao local da geração dos resíduos.
- Não demanda extensa rede de drenagem.
- Pode ser acoplado a um sistema que integre o aproveitamento da água em parques que são utilizados pela população.
- Dá visibilidade ao tratamento de esgoto, possibilitando educação e conscientização da população.

#### Permite reuso de água, lodo gás? Sim

- Em relação à água, necessita a aplicação de filtros adequados para garantir a qualidade.



- O lodo é compactado no próprio sistema e pode ser retirado, tratado e reutilizado.
- O gás pode ser reaproveitado, se coletado adequadamente.

**Multifuncionalidade:** Por seu tamanho e *design*, pode ser colocado em áreas públicas e associado a lagos (*wetlands*) que recebem a água para polimento final. Com isso, oferece área de lazer e recreação às pessoas e, ao mesmo tempo, pode ser *habitat* para a biodiversidade.

#### 5.1.2. Nome: Sistema híbrido – gradeamento-biodigestor-caixa de retenção de sedimentos-zona de raízes



**Foto 4.** Vista da ETE com a caixa de gradeamento, uma tampa de acesso a um dos biodigestores aberta. Ao fundo, o parque sobre a caixa de areia e, depois, a zona de raízes com as plantas macrófitas.

**Fonte:** Registro da autora.

**Fabricante:** Águas do Imperador, Petrópolis.

**Custo de implantação:** R\$ 400.000,00

**Custo de manutenção:** baixo. Por funcionar por gravidade, não demanda energia nem manutenção cotidiana. Necessita de limpeza da caixa de gradeamento.

**Capacidade de tratamento:** esgoto produzido por 2 mil pessoas.

**Etapas de tratamento:**

- Gradeamento para reter os resíduos maiores.
- Caixa de areia horizontal.
- 3 biodigestores de modelo chinês, feitos com tijolos, com 3,6 metros de diâmetro.
- Filtro biológico para retenção de impurezas, feito com garrafas PET amassadas (sob a área do parquinho).
- Zona de raízes.

**Uso:** Urbano em área montanhosa de baixa renda.

**Limitações técnicas:**

- Instalação de acordo com as técnicas próprias do sistema e da construção civil.
- Cada etapa deve ser separada para o funcionamento correto do tratamento.
- O lodo poderia ser reutilizado para adubo, porém, há limitações legais que demandam alterações nas normas de modo a permitir tal aproveitamento.

**Vantagens:**

- Permite o tratamento próximo ao local da geração dos resíduos.
- Não demanda extensa rede de drenagem.
- Funciona por gravidade.
- Baixo custo de implantação e manutenção.
- Multifuncionalidade.

**Permite reuso de água, lodo e gás? Sim**

- A água limpa volta para o rio que está ao lado, mas poderia ser reutilizada.
- O lodo é retirado por caminhão, uma vez ao ano.

- O gás é coletado para uso na cozinha da escola pública, que fica do outro lado da rua.

#### Multifuncionalidade:

- A ETE está em área pública, em local que era foco de despejo irregular de resíduos.
- Atualmente, trata o esgoto, oferece área para descanso à beira rio, recreação infantil e *habitat* para biodiversidade.
- Melhoria da qualidade de vida dos moradores da comunidade, dando mais dignidade e valorização para o local.



Foto 5. Vista da zona de raízes com parquinho e, ao fundo, a escola (em azul) que recebe o gás canalizado por baixo da rua

Fonte: Registro da autora.



Foto 6. Vista da relação da ETE multifuncional com o córrego que recebe a água tratada

Fonte: Registro da autora.

---

## 5.2. Residencial/Escolar

### 5.2.1. Nome do processo: Bacia de Evapotranspiração (BET)

#### Processo de limpeza:

- Decomposição anaeróbia
- Filtro de areia
- Capilaridade
- Evapotranspiração (pelas folhas largas das bananeiras e outras plantas adequadas para esse fim)

**Fabricante:** Sol Soluções Holísticas

**Custo de implantação:** R\$ 6 mil (para custeio de projeto, mão de obra e material) para uma residência de 4 pessoas.

**Custo de manutenção:** em geral, a manutenção se dá pelo serviço de jardinagem, que inclui manejar a bananeira, colher seus frutos e podar indivíduos velhos.

**Capacidade de tratamento:** 128 L/dia (para uma dimensão de 4 pessoas usando o sistema).

**Usos (urbano e rural):** este sistema foi elaborado para zonas rurais, mas, é perfeitamente aplicável em zonas urbanas, desde que se respeite as dimensões para a construção (2 metros cúbicos por pessoa).

#### Requisitos técnicos:

- Necessidade de fazer uma construção de caixa de concreto abaixo do solo (2l X 4c X 1,5h) para 4 moradores. A cada morador a mais, deve ser adicionado 1 metro linear, mantendo as mesmas dimensões de altura e largura.
- Área disponível no terreno.
- Trata apenas água negra (proveniente e esgoto) das residências.
- O sistema fica inviável para prédios.

**Vantagens:**

- Permite o tratamento no mesmo local da geração dos resíduos.
- Não demanda rede de drenagem exterior.
- Baixo custo de implantação e manutenção.
- Multifuncionalidade.

**Permite reuso:** o sistema devolve água limpa por evaporação feita pelas bananeiras. O que se utiliza é a biomassa das bananeiras para criação de novos canteiros, suas folhas para cobertura vegetal e seus frutos para alimentação.

**Consumo energético:** zero. Funciona por gravidade. É um sistema natural e autorregulável. Não necessita aporte de energia para o seu funcionamento.

**Multifuncionalidade:** Pode ser inserida no jardim, integrada com plantio de alimentos.



**Foto 7.** Sistema de tratamento de esgoto com câmara anaeróbica em cerâmica, na cidade de Batalha, Alagoas - Projeto Rondon, PUC-Rio

**Fonte:** *Sol -Soluções Holísticas.*



Foto 8. Foto ao final do mutirão de construção da BET, na cidade de Batalha, Alagoas - Projeto Rondon, PUC-Rio

Fonte: Sol -Soluções Holísticas.

---

### 5.3. Residencial/Condominial/Comercial

#### 5.3.1. Nome: Sistema de sanitário meio litro Ecotelhado.

**Fabricante:** Ecotelhado soluções em infraestrutura verde Ltda. Empresa de pesquisa e desenvolvimento de soluções de infraestrutura verde e Soluções baseadas na Natureza, para os problemas urbanos, por meio do *design* biofilico<sup>15</sup>.

**Custo de implantação:** Variável de acordo com necessidade de cada projeto. Em geral, tem custo menor que o de soluções convencionais. O sistema implica em obrigatoriamente separar as águas cinzas e águas negras. As águas cinzas são conduzidas ao Ecotelhado, jardim ou lago, para reaproveitamento.

---

<sup>15</sup> *Design biofilico* refere-se a projetos que trazem a natureza como sua base de desenvolvimento. A expressão foi popularizada por Stephen Kellert, professor da Universidade de Yale. **Biofilia** – Sentimento inerente de pertencimento a natureza que cada pessoa tem. O conceito de biofilia foi promovido por Edward O. Wilson, um dos maiores cientistas vivos, professor da Universidade de Harvard.

**Custo de manutenção:** Manutenção esporádica a cada ano, com simples troca de saco de composteira, podendo ser efetuada pelo proprietário.

**Capacidade de tratamento:** Ilimitada, pois cada módulo residencial possui sua composteira independente, que transforma o lodo em adubo orgânico. É uma solução descentralizada.

**Uso urbano ou rural:** Ambos

**Sobre o sistema:**

- A cada descarga feita por meio do acionamento do pedal de cada vaso sanitário (ver Foto 9), o sólido desce por gravidade, usando apenas meio litro de água por tubulação específica.
- O conteúdo desce até o receptor, que possui um saco biodegradável. Este, por sua vez, filtra o líquido e separa o sólido que será destinado a compostagem.
- O líquido é conduzido por um tubo, na parte inferior do receptor, até uma zona de raízes, podendo ser destinado a um lago construído para a filtração por fitorremediação, onde ocorre o polimento (*constructed wetland*).
- No caso de instalações maiores, o que pode ser feito é o projeto por colunas, considerando que um banheiro é instalado em cima de outro.
- Cada coluna tem sua composteira.
- A parte líquida pode ser unificada e conduzida a um lago construído (*constructed wetland*) único, se for o caso, o que tem o potencial de criar novos *habitats* para biodiversidade.
- A água cinza proveniente de pias, chuveiros, tanques e ralos vai direto para a zona de raízes ou o lago de filtração e serve para reuso secundário (irrigação, descarga, lavagem de carros, etc.).





Foto 9. Vaso sanitário meio litro

Fonte: *Ecotelhado*.

#### Requisitos técnicos:

- As águas cinzas e negras precisam ser separadas por tubulações específicas e tratadas de forma diferente.
- O ideal é que o sistema seja implantado desde o planejamento e projeto da obra.
- Os sanitários precisam estar próximos à composteira ou ligados por tubos com declividade superior a 8%. No caso de não ser possível, pode ser usada uma bomba trituradora de elevação.
- É preciso ter uma estabilidade no saco para que haja retenção da parte sólida, por meses e até anos. Depois, o saco biodegradável é incorporado ao ambiente, por meio do uso de plantas que vão colonizar este material. A composteira também pode ser usada para a geração de adubo.

**Vantagens:**

A vantagem é resolver o problema no próprio local, não o transferindo para outro ambiente. Assim, não há a necessidade de uma ETE pública de grande escala, que requer rede coletora e um sistema caros e complexos.

**Limitações técnicas:**

Edificações existentes precisam ser adaptáveis ao sistema, que separa as águas negras (vaso sanitário) das outras águas residuais (cinzas), para que passem por tratamentos distintos.

**Permite reuso de água, lodo ou gás? Sim.**

- A água é direcionada ao lago para reuso.
- O lodo vai para a composteira.
- Pode ser acoplada à unidade de geração de gás.

**Multifuncionalidade:**

- O tratamento da água permite a inserção de lagos para usufruto dos moradores, com criação de peixes.
- Aumento da biodiversidade.
- Fecha os ciclos das águas residenciais, retornando a água, o lodo e potencialmente os gases emitidos aos processos naturais de reaproveitamento, ciclo da água, adubo orgânico, etc.
- Reduz a emissão de GEE gerados no processo de esgotamento sanitário.

**Referências**

ACS AMBIENTAL. **Revolution**. Disponível em: <http://www.acs.eng.br/solucao.php?id=3>. Acesso em: 05 fev.2020

ÁGUAS DO TEJO ATLÂNTICO. **VIRA** - Uma Cerveja Produzida com Água Reciclada. 2020. Disponível em: <https://www.aguasdotejoatlantico.adp.pt/content/vira-uma-cerveja-produzida-com-agua-reciclada>. Acesso em: 30 jan. 2020.

BARÓ, F.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E. Assessing the potential of regulating ecosystem services as nature-based solutions in urban areas. *In*: KABISCH, N.; KORN, H.; STADLER, J.; BONN, A. (eds), **Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas** — Linkages between science, policy and practice, Suíça: Cham, Springer Open, p. 139-158. 2017. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56091-5\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-56091-5_9)

BONAIUTO, M.; ALBERS T. Nature based solutions and health in urban areas: the restorative and buffering effect of blue spaces. Soluções baseadas na Natureza e Saúde em Áreas Urbanas: os efeitos restauradores e de amortecimento dos espaços azuis. *In*: HERZOG, C.P.; FREITAS, T.; WIEDMAN, G. (eds.). **Soluções baseadas na natureza e os desafios da água: acelerando a transição para cidades mais sustentáveis**. Brussels: European Commission, 2020.

BRESSANI-RIBEIRO, T.; LOBATO, L.C.S.; CHAMHUM-SILVA L.A.; CHERNICHARO, C.A.L. Estações sustentáveis de tratamento de esgoto e políticas públicas no Brasil. *In*: HERZOG, C.P.; FREITAS, T.; WIEDMAN, G. (eds.). **Soluções baseadas na natureza e os desafios da água: acelerando a transição para cidades mais sustentáveis**. European Commission, Brussels, 2020.

EUROPEAN UNION - EU. **Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities** — Final report of the Horizon 2020 expert group on nature-based solutions and re-naturing cities. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2015. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202>

GRAY, R. Movido a urina e fezes: o potencial dos dejetos humanos como combustíveis do futuro. **BBC News**, Brasil. 26 out. 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-41743336>. Acesso em: 10 fev. 2020.

HERZOG, Cecília; ROZADO, Carmen A. **The EU – Brazil Sector Dialogue on nature-based solutions: contribution to a Brazilian roadmap on nature-based solutions for resilient cities**. European Commission, Brussels, 2019. Disponível em: <https://oppla.eu/sites/default/files/docs/EU-Brazil-NBS-dialogue-2409-light.pdf>

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Esgoto**. 2019. Disponível em: <http://tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 20 jan. 2020.

KOSSE, Pascal *et al.* Methane emissions from wastewater treatment plants - Assessment and review of quantification methods. **WaterSolutions**. v. 159. 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/323308510\\_Methane\\_emissions\\_from\\_wastewater\\_treatment\\_plants\\_-\\_Assessment\\_and\\_review\\_of\\_quantification\\_methods](https://www.researchgate.net/publication/323308510_Methane_emissions_from_wastewater_treatment_plants_-_Assessment_and_review_of_quantification_methods)

MCDONOUGH, B.; BRAUNGART, M. **Cradle-to-Cradle** — Remaking the way we make things. Nova Iorque: North Point Press, 2002. 208 p.

MORAIS, D. C.; CAVALCANTE C.A. V.; ALMEIDA A.T. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n.1, p.15-32, 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382010000100002&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-74382010000100002&script=sci_arttext)

PHYTORESTORE. **Novas fotos dos jardins filtrantes para tratamento de efluentes no ecoparque Natura em Benevides/PA**. Fotos 02/07/2014. Disponível em: <https://www.facebook.com/phytorestore.brasil/posts/novas-fotos-dos-jardins-filtrantes-para-tratamento-de-efluentes-no-ecoparque-nat/648410298574308/>. Acesso em: 03 fev.2020.

RIBEIRO, R.P. *et al.* Emissões de óxido nitroso do tanque de aeração de uma estação de tratamento de esgotos com sistema de lodos ativados convencional. **Química Nova**, v. 36, p. 998-1003. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000700013>.

RIZZI, D.; STEFANAKIS, A. Saneamento, aproveitamento e reuso de águas residuais em cidades. *In*: HERZOG, C.P.; FREITAS, T.; WIEDMAN, G. (eds.) **Soluções baseadas na natureza e os desafios da água: acelerando a transição para cidades mais sustentáveis**. European Commission, Brussels, 2020.

STEFANAKIS, A.; AKRATOS, C.; TSIHRINTZIS, V. **Vertical flow constructed wetlands: eco-engineering systems for wastewater and sludge treatment**. Elsevier Science, 2014. 392 p. ISBN: 9780124046870

UNITED NATIONS. UN CLIMATE ACTION SUMMIT. **Compendium of contributions nature-based solutions**. Compiled by the nature-based solutions (NBS) facilitation team with the entrustment of China and New Zealand, the co-lead countries of the nature-based solutions coalition of the 2019 UN Climate Action Summit. Disponível em: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29988/Compendium\\_NBS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29988/Compendium_NBS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP. Base Didática de Tecnologias Ambientais. **Características do esgoto sanitário**. 2005. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~bdta/esgoto/esgotocaracteristicas.htm>. Acesso em: 23 jan. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO – UNIFESP. **Biorremediação**. 2020. Disponível em: <https://www.unifesp.br/campus/san7/ppgbb-linhas-de-pesquisa/579-ppgbb-biorremediacao>

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. **Tratamento preliminar de esgotos**. PowerPoint. 2019. Disponível em: [http://www.deha.ufc.br/login/usuarios/td945a/Tratamento\\_de\\_esgotos\\_graduacao\\_Tratamento\\_preliminar.pdf](http://www.deha.ufc.br/login/usuarios/td945a/Tratamento_de_esgotos_graduacao_Tratamento_preliminar.pdf)

WAYBACKMACHINE. **What is phytoremediation**. 2019. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20110719022451/http://arabidopsis.info/students/dom/mainpage.html>

WRI BRASIL. **Infraestrutura natural para água no sistema Guandu, Rio de Janeiro**. 2018. 72 p. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/sites/default/files/InfraestruturaNaturalGuanduRJ.pdf>

# Soluções integradas para as crises hídrica e energética no Brasil

Flaminio Levy Neto<sup>1</sup>

## Resumo

Este trabalho sugere soluções para mitigar os efeitos da redução das chuvas no Brasil, principalmente para minimizar consequências negativas que os desmatamentos da Amazônia e do bioma nativo do Cerrado estão produzindo nas precipitações pluviométricas e na vazão de rios, o que veem diminuindo a oferta de água potável e a geração de energia em usinas hidrelétricas (UHE). As medidas para corrigir essas tendências incluem: restauração de solos degradados e sem cobertura vegetal; incorporação de barreiras de vento em monoculturas; instalação de turbinas hidrocinéticas em cursos d'água, bem como a utilização de painéis fotovoltaicos flutuantes nos reservatórios de UHE; um maior aproveitamento das águas das chuvas em todo o País; e a conversão de uma maior parcela da população ao vegetarianismo.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade hídrica e energética

## Abstract

*This work suggests solutions to mitigate the effects of the continuing reduction of rainfalls in Brazil, mainly in order to minimize the negative consequences that deforestations of the Amazon and the Cerrado (typical Brazilian vegetation) are producing on pluviometric precipitations and river flows, which are diminishing the availability of drinking water and the generation of electricity in hydropower stations. Measures to change such tendencies include: restoration of degraded soil with no protecting vegetation; incorporation of wind barriers in monocultures; installation of hydrokinetic turbines in water streams as well as floating photovoltaic panels in hydroelectricity reservoirs; a wider utilization of rainwater all over the country; and the conversion of a larger portion of the population into vegetarianism.*

**Keywords:** Energetic and hydric Sustainability.

<sup>1</sup> Ph.D. in Mechanical Engineering, University of Liverpool. Mestre e graduado em Engenharia pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA). Foi docente do ITA, consultor ad hoc da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Professor aposentado da Universidade de Brasília (UnB) e autor dos livros: Compósitos Estruturais - Ciência e Tecnologia; e Energias Renováveis – Atitudes Sustentáveis.

## 1. Introdução

Até meados do século 20, a região morfoclimática denominada Cerrado ainda apresentava, relativamente às regiões mais próximas da costa do Brasil, baixa densidade demográfica, bem como reduzidos índices de desenvolvimento industrial e urbano. Entretanto, com a criação de Brasília e a expansão das fronteiras agropecuárias direcionadas para a Região Centro-Oeste, este cenário passou a transformar-se de forma acelerada, principalmente com o advento da agricultura mecanizada. Ato contínuo, já no início da década de 70, houve uma reversão envolvendo os percentuais populacionais rural e urbano e, desse modo, o número de habitantes das cidades brasileiras passou a superar aquele dos que residiam no campo. Esta tendência, de forma cada vez mais acentuada, persiste até os dias de hoje. Os propósitos deste trabalho são analisar as consequências da referida tendência e propor Soluções baseadas na Natureza (HERZOG; ROZADO, 2019), bem como em energias renováveis (LEVY NETO, 2019), para minimizar seus efeitos negativos nos ciclos hidrológicos e no meio ambiente em geral.

O Cerrado, que abastece a grande maioria das principais bacias hidrográficas do Brasil, bem como o Aquífero Guarani, passou a ter a sua vegetação nativa derrubada durante o período das transformações socioambientais de décadas recentes. As árvores nativas do Cerrado possuem raízes acentuadamente profundas e que, portanto, facilitam a infiltração das chuvas no subsolo. Isso reduz tanto as enchentes quanto as perdas de umidade nos períodos de seca extrema. Nesse contexto, com cerca de 50% do bioma natural destruído, principalmente em sua região Meridional, o Cerrado passou a ser substituído por pastos, extensas monoculturas sem barreiras de vento e por áreas urbanizadas, nas quais as chuvas escorrem, ao invés de penetrarem no solo, fazendo com que os processos erosivos se intensificassem.

Em decorrência do significativo desmatamento do Cerrado, as chuvas diminuíram progressivamente nesta região. Esta redução nos índices pluviométricos, em média de 8,3% - equivalente a 125 milímetros (mm) de precipitação, perda média de 3,7 mm/ano -, foi verificada em uma pesquisa realizada por Campos (2018), na qual foram conduzidas diferentes análises de tendência de séries temporais de precipitação anual e mensal, em 125 estações pluviométricas do Cerrado, no período entre 1977 e 2010. Adicionalmente à redução das precipitações, uma parcela bem menor do restante das chuvas passou a ser armazenada no subsolo e abastecer as nascentes. Isso fez com que a vazão média dos rios do Cerrado diminuísse em 12% durante os 33 anos das medições.

As florestas absorvem e acumulam os excessos de precipitação e, por um processo conhecido com evapotranspiração, restituem à atmosfera a umidade retida no solo adjacente às suas raízes

profundas, nos períodos de estiagem. Esta estabilização climática, que ameniza tanto os períodos de seca, quanto os de excesso de chuva, só é possível com a presença de florestas (MICCOLLIS, 2016; LEVY NETO, 2019).

Atualmente, o Cerrado e suas faixas de transição abrigam não só as metrópoles Brasília e Goiânia, mas também Uberaba e Uberlândia, bem como as capitais Campo Grande, Cuiabá e Palmas. E, apesar de ainda ser considerado o Berço das Águas do Brasil, algumas de suas áreas vêm sendo afetadas por crises hídricas e de geração hidrelétrica. O Distrito Federal (DF), por exemplo, foi acometido por um longo período de racionamento de água, principalmente ao longo de 2017. Isto motivou um estudo científico recente, no âmbito do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal (PGEFL) da Universidade de Brasília (UnB) (CAMPOS, 2018). Esta pesquisa reuniu indícios que apontam como causas desses problemas o desmatamento e a reutilização do solo em intensas atividades de agronegócio, as quais têm o potencial de alterar a precipitação regional, por meio de alterações nos processos biofísicos da vegetação, incluindo mudanças no albedo, rugosidade aerodinâmica e evapotranspiração.

Essas reduções de disponibilidade hídrica impactam negativamente não só as populações do Cerrado e suas faixas de transição, mas também o abastecimento de importantes bacias hidrográficas (cerca de 90% das nascentes do Rio São Francisco, por exemplo, localizam-se no Cerrado), além da geração de energia em usinas hidroelétricas (UHE) de regiões internas e adjacentes a esse bioma. As UHE da bacia do São Francisco vêm tendo a geração de eletricidade significativamente reduzida há mais de uma década (LEVY NETO, 2019). Mesmo com as chuvas acima da média no verão de 2020, os reservatórios das UHE da Região Nordeste estão, em média, com reserva de cerca de 30% da capacidade.

## 2. Influência da Amazônia e do Cerrado nas chuvas do Cone Sul

Uma significativa parcela das chuvas, em grande parte do Brasil, tem origem na umidade da Amazônia que os ventos (em particular os jatos de baixo nível) carregam para as Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. São os chamados rios voadores. Entretanto, o intenso desmatamento da Amazônia vem prejudicando este complexo sistema continental de distribuição de água, que é vulnerável à derrubada das florestas (MORAN, 2010; CONTI, 2011; LOVEJOY; NOBRE, 2018). Qualquer outro sistema que fornecesse água (na forma de chuva) para as referidas Regiões, em níveis equivalentes ao abastecimento que a Amazônia provê anualmente, custaria incontáveis bilhões de dólares. Só este fato já justificaria a preservação da Amazônia. E é muito mais barato



e eficaz conservar as florestas do que reflorestar. Adicionalmente, de acordo com Legan (2007), áreas florestadas têm de 5 a 6 vezes mais chuvas que as não florestadas. Para se confirmar isso, basta verificar os índices pluviométricos anuais que vêm ocorrendo, nas últimas décadas, na região do Semiárido nordestino e compará-los com as chuvas que ocorrem em regiões da Amazônia que ainda estão preservadas com florestas originais. No caso do Nordeste, apesar dos alertas do Padre Cícero, há mais de cem anos, há fortes indícios de que o desmatamento dos últimos séculos tenha provocando a atual desertificação.

No Brasil, País abençoado com recursos hídricos, está sendo dilapidado um patrimônio ambiental preciosíssimo. Desde que foi implantado, há cerca de 50 anos, o modelo de “desenvolvimento” da Amazônia, baseado na derrubada de vegetação e sua substituição por pastos e monoculturas, vem impactando negativamente a maior floresta tropical do planeta (LOVEJOY; NOBRE, 2018). As consequências serão gravíssimas. Não só para a floresta, que corre risco de ser destruída, mas também para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, nas quais as chuvas diminuirão catastróficamente, se a devastação da área verde e de seu bioma não terminar. O próprio agronegócio, que consome cerca de 70% da água distribuída no Brasil, será significativamente prejudicado (LEVY NETO, 2019).

Entre 1970 e 2010, cerca de 17% da Floresta Amazônica já foi destruída (MORAN, 2010). Esta área desmatada equivale aos territórios da Espanha e França somados. Os brasileiros, principalmente os governantes e empresários, precisam aprender a não degradar a água e tratá-la bem melhor, como o bem essencial que é. Para a água não faltar, é necessário preservar as florestas. Pastos são berçários de desertos (LEVY NETO, 2019).

Atualmente, no Brasil, se dá excessivo valor à produção de carne bovina, que comprovadamente causa câncer e doenças cardíacas (OMS, 2018), em detrimento das florestas, que ajudam a conservar a água que ainda temos para beber e estabilizam o clima. Sem água, não sobrevivemos mais que poucos dias. Sem carne, conforme comprovam os vegetarianos, podemos viver bem mais saudáveis e ter maior expectativa de vida, se comparada à média atual das pessoas em geral (SLYWITCH, 2010).

Na Índia, onde há vegetarianos há várias gerações, cerca de 450 milhões de pessoas não comem carne. É a maior população de vegetarianos do planeta. No Brasil, que fica em segundo lugar, este número já é próximo de 34 milhões.

Na América do Sul, ocupada em grande parte pelo Brasil, existe uma configuração natural favorável para que a Amazônia em geral receba muita chuva. Em grande parte, o fenômeno é devido à ocorrência dos ventos Alísios que trazem a umidade do oceano Atlântico para o

interior do continente. No Brasil em particular, de acordo com Conti (2011), a média anual de chuva ainda é superior a 1000 mm - mais de mil litros por metro quadrado (m<sup>2</sup>) - em cerca de 90% do território. Esta configuração, que levou milhões de anos para se consolidar, mantém um sistema hidrológico que favorece a produção de eletricidade em rios. Entretanto, a mesma configuração vem sendo afetada por atividades humanas iniciadas há cerca de 50 anos, que têm provocando secas recorrentes em muitas regiões do Brasil (LOVEJOY; NOBRE, 2018), bem como o desabastecimento de importantes bacias hidrográficas, tais como as do São Francisco e do Araguaia. Os itens sinalizados como: A; Ap; B; C; e D, na Figura 1, são essenciais para se compreender, simplificada, de onde vem grande parte das chuvas no Brasil, principalmente no verão, e qual é a origem dos *rios voadores*.

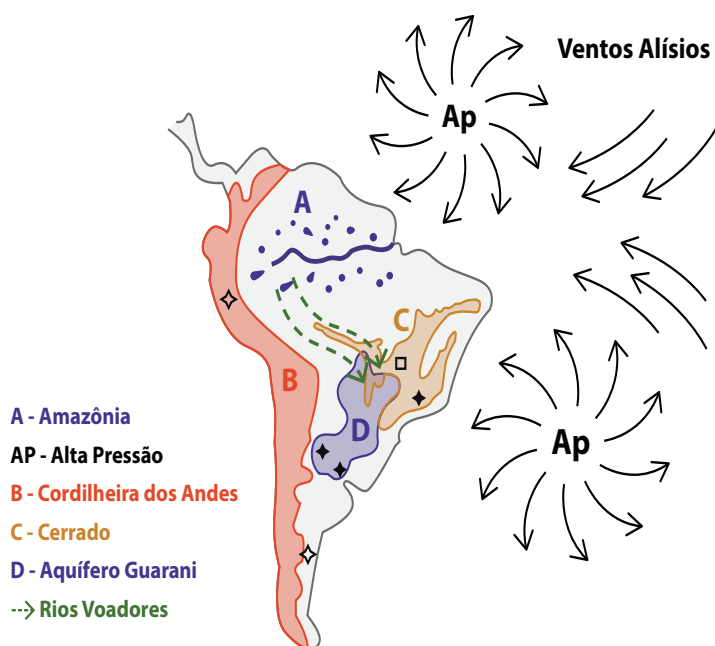


Figura 1. Itens essenciais referentes às chuvas de verão no Brasil

Fonte: Levy Neto, 2019.

Na configuração mostrada na Figura 1, são essenciais os seguintes elementos:

(A) a **Floresta Amazônica**, que realimenta para a atmosfera as chuvas que recebe, por meio de um processo chamado evapotranspiração. Nesse fenômeno, as folhas transpiram a umidade que vem das raízes das árvores. A floresta se mantém exuberante em função de

complexos mecanismos de reciclagem de água e nutrientes. O solo Amazônico, porém, não é nem rico nem profundo e cerca de 17% da floresta nativa já foi destruída, em menos de 40 anos, sendo a pecuária responsável por mais de 80% do desmatamento. É uma taxa de destruição muito elevada. Além disso, se a destruição alcançar cerca de 40%, o ritmo de efeitos perversos pode entrar numa fase catastrófica (irreversível) e conduzir a floresta e uma vasta diversidade, em parte ainda desconhecida, a ser rapidamente extinta (MORAN, 2010);

(Ap) as zonas de **Alta Pressão** no oceano Atlântico, associadas aos ventos alísios, são colunas de ar divergente e frio, portanto, mais densas, que, ao descerem, giram no sentido horário no hemisfério Norte e, anti-horário, no Sul. Os ventos alísios de baixa altitude, que sopram dos trópicos para o Equador, nos sentidos indicados na Figura 1, colaboram para levar a umidade do oceano para o interior da Floresta Amazônica. Diga-se de passagem, esses ventos são os melhores do mundo para geração de energia eólica, tanto em intensidade como em regularidade;

(B) a **Cordilheira dos Andes** é uma cadeia de montanhas, com picos que ultrapassam 6 quilômetros (km) de altura em alguns pontos, formando uma barreira extensa e disposta de tal forma que ajuda a manter muita umidade (representada por pontos escuros sobre a bacia do rio Amazonas) sobre a Amazônia. Quando as condições atmosféricas favorecem, a umidade é direcionada para as Regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. São os chamados *rios voadores*. A Amazônia é a região onde mais chove no Brasil, com precipitação anual na faixa de 1400 a mais de 3000 litros/m<sup>2</sup>. Para esta umidade se sustentar e difundir por toda a Amazônia, a presença contínua da floresta, com suas folhas que transpiram umidade, é fundamental (WOHLLEBEM, 2017);

(C) o **Cerrado** é uma região, em média, bem mais alta que as outras que lhe são adjacentes. No Cerrado, há um bioma riquíssimo e bastante peculiar. Em sua vegetação nativa, que evoluiu ao longo de milhões de anos, há árvores tortas, com raízes muito profundas e casca grossa. Por estar em uma região de verão chuvoso e inverno absolutamente seco, o Cerrado especializou-se em armazenar as águas da chuva no subsolo, com o auxílio das raízes profundas. Assim, foi criado um sistema muito resiliente, no qual a vegetação nativa sobrevive à seca anual (via de regra de maio a setembro) usando suas raízes para trazer a água armazenada no subsolo. Como a altitude média do Planalto Central é próxima de 1000 metros, o excedente de água abastece mais de 90% das nascentes da Bacia do São Francisco, o aquífero Guarani, o Rio Araguaia e cerca de 50% da vazão que mantém a UHE de Itaipu funcionando. Porém, quem faz este trabalho fundamental para

a sobrevivência de dezenas de milhões de brasileiros é a vegetação nativa (MICCOLIS, 2016). Ao se derrubar o Cerrado para plantar soja e criar gado, este sistema vai perdendo a eficiência e tudo em volta vai secando. Como consequências, além da mencionada seca dos rios São Francisco e Araguaia, grande parte do Estado de São Paulo teve a maior seca de sua história em 2014. Pelos benefícios que traz ao País, em combinação com as chuvas que recebe da Amazônia, é temerário não frear a destruição desse bioma; e

(D) finalmente, o **aquífero Guarani**, uma reserva de água limpa que se renova com as chuvas conduzidas para o subsolo pelas raízes das árvores. Provavelmente, sem similar no planeta. No entanto, com a destruição conjunta da Floresta Amazônica e do Cerrado, já está deixando de ser reabastecido (LEVY NETO, 2019).

Além dos elementos detalhados na Figura 1, há outros fatores que conectam a presença das florestas com a ocorrência de chuvas. Cerca de 97% da água do planeta é salgada e está nos oceanos. Parte dessa água, já sem sal, é levada para os continentes pelas nuvens que se formam sobre os mares, são empurradas para os continentes pelos ventos e fornecem um suprimento de água, contínuo, para as regiões mais distantes da costa (WOHLLEBEN, 2017). Entretanto, na ausência de florestas, esse mecanismo só funciona até algumas centenas de quilômetros do mar. Nesse caso, ao se afastar da costa, o clima vai ficando progressivamente mais seco, porque a precipitação deixa de ocorrer antes de se chegar ao interior mais profundo do continente. E, de acordo com Wohllebem (2017), a cerca de pouco mais de 300 km da costa, o clima fica tão seco, se não há florestas, que surgem os primeiros desertos. Isso explica, em parte, a desertificação em curso no Nordeste.

Contudo, onde há florestas contínuas, como na Amazônia original (que fica a Oeste do oceano Atlântico e recebe a umidade trazida pelos ventos alísios), parte da chuva é armazenada e, em seguida, evapora-se. Essa evaporação que as árvores liberam no ar, por meio da transpiração das folhas (na faixa de dezenas de metros cúbicos por quilômetro quadrado de floresta), forma novas nuvens, que se deslocam ainda mais para o interior do continente e voltam a se precipitar mais adiante na terra. Esses ciclos se repetem, por milhares de km longe da costa, desde que todo o caminho seja coberto por florestas. Assim, se houver desmatamento, esse sistema vai perdendo a eficiência ao longo dos anos. No Brasil, as consequências já começaram a surgir: o nível de umidade da Floresta Amazônica está cada vez mais baixo (WOHLLEBEM, 2017). Em todo o mundo, cerca de 3/4, ou 75%, das florestas foram derrubadas. No entanto, a interrupção desse mecanismo de transporte de chuvas é verificada em outros continentes. E, apesar do Brasil receber recursos bilionários do exterior para parar de derrubar a Floresta Amazônica, o governo brasileiro vem correndo um sério risco de ter outro apagão elétrico por não criar um mecanismo efetivo para acabar com o desmatamento. Os reservatórios da grande maioria das nossas usinas

hidroelétricas (UHE) e pequenas centrais hidroelétricas (PCH) estão secando. O plano B para elas são as poluidoras, e bem mais caras, usinas termelétricas (UTE). As UTE são mais caras que a energia eólica.

Outro dado que indica a forte interconexão entre as florestas e as chuvas é o fato de que o aroma das árvores, apesar de sutil, também colabora na formação das chuvas. Levado pelos ventos, esses corpúsculos microscópicos, os aerossóis, ajudam a nuclear as primeiras gotículas dentro das nuvens (LEVY NETO, 2019). Todavia, na contramão disso, uma área equivalente ao Uruguai já virou pasto na Amazônia. É um erro querer atender à demanda mundial por carne à custa de derrubar florestas, as quais contribuem para manter as chuvas em praticamente todo o Brasil. E, conforme a apresentação do Dr. Carlos Nobre, no Fórum Econômico Mundial, em Davos, em 2020, a exploração do açaí é cerca de dez vezes mais lucrativa que a pecuária em zonas desflorestada. Ao exportar carne, indiretamente, também se exporta água (LEVY NETO, 2019). Por outro lado, a estiagem em todo o Nordeste brasileiro ultrapassou 5 anos e os reservatórios da maioria das UHE e PCH brasileiras vêm se mantendo cronicamente baixos desde o apagão elétrico ocorrido durante o governo de Fernando Henrique Cardoso (FHC), em 2001. São 19 anos de chuvas abaixo das médias históricas anteriores ao ano 2000.

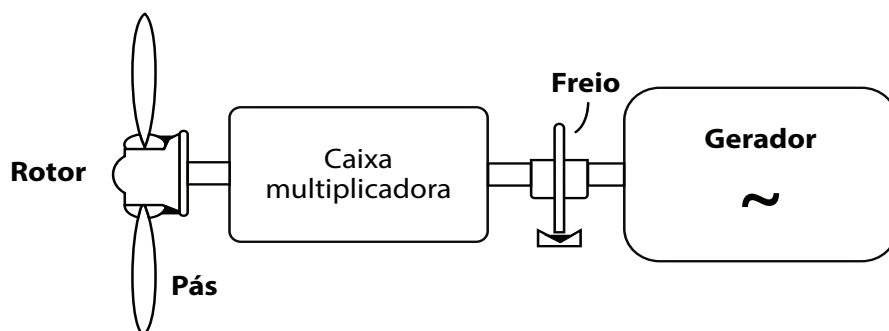
O bioma Cerrado, correspondente a cerca de 25% do território do Brasil, é considerado um dos mais ameaçados do mundo devido: à rápida expansão do cultivo anual mecanizado de extensas áreas de monocultura, como soja, milho e algodão - nelas, por não haver barreiras de vento, até 70% da irrigação evapora-se, (PRIMAVESI, 1992) -; à abertura descontrolada de novas áreas de pastagem; bem como aos plantios florestais não perenes para produção de celulose e carvão vegetal. Em decorrência dessas atividades, muitas vezes praticadas de forma predatória, o desmatamento no Cerrado atingiu cerca de 30 mil quilômetros quadrados por ano, ou seja, 1,5% de sua vegetação é derrubada todos os anos. Atualmente restam apenas 50% da vegetação natural deste bioma, que levou milhões de anos para se consolidar (MICCOLIS, 2016; LEVY NETO, 2019). Nesse contexto, é crucial reflorestar o Cerrado, principalmente as matas de galeria, pois as nascentes das principais bacias hidrográficas do Brasil têm origem nele. A derrubada indiscriminada do Cerrado também acaba com a biodiversidade em geral, como na redução da população das abelhas, que compromete a polinização necessária à produção de alimentos.

### 3. Alternativas para a geração de energia elétrica limpa no Brasil

O Brasil possui grande abundância de recursos hídricos, bem como uma longa tradição no projeto, na construção e utilização de UHE e PCH para gerar eletricidade (TOLMASQUIM, 2003;

DE SÁ, 2009). Há muitas publicações e vários relatórios técnicos disponíveis na literatura sobre este assunto, como os que podem ser acessados nos endereços: [www.eletronbras.gov.br/EM\\_biblioteca](http://www.eletronbras.gov.br/EM_biblioteca); e [www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro\\_atlas.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf).

Na elaboração de projetos envolvendo UHE e PCH, são necessários conhecimentos em hidráulica, mecânica, engenharias civil e elétrica, bem como em geologia, topografia, hidrologia, hidrografia e meio ambiente. Foge ao escopo deste artigo tratar de um assunto tão vasto e complexo. Além disso, para a implementação dessas usinas e centrais elétricas, são necessários o envolvimento de empresas especializadas e um grande investimento financeiro. Adicionalmente, em função dos alagamentos associados às UHE e PCH, uma considerável parcela da população não as considera como opções sustentáveis. Assim, neste trabalho, é abordado apenas o tema Turbinas Hidrocinéticas (THC), que é uma opção bem mais barata para se gerar eletricidade a partir de correntes fluviais e marítimas e não necessita de reservatórios de água (LEVY NETO, 2019). A ênfase será sobre THC fluviais, por se tratarem de uma alternativa mais adequada para atender pequenas comunidades rurais e vilas situadas em áreas remotas próximas de rios.



**Figura 2.** Esquema de turbina hidrocinética de eixo horizontal

Fonte: Levy Neto; Ferreira, 2016.

As THC fluviais (ELS, *et al.*, 2003), conforme esquema ilustrado na Figura 2 (LEVY NETO; FERREIRA, 2016), geram eletricidade a partir da energia cinética de rios e correntezas com velocidade superior a 1 um metro por segundo (m/s), sem a necessidade de se construir barragens e reservatórios. Ou seja, a sua implantação não envolve alagamentos nem a alteração no curso de rios. Esses equipamentos funcionam em posição submersa na correnteza de um rio e, em relação à superfície do curso da água, seu eixo principal pode ser dos tipos: horizontal (Figura 2), vertical (HAMANN ENERGY, 2017) ou inclinado. Sua fabricação é relativamente simples e de

baixo custo, fato que vai ao encontro da necessidade de geração descentralizada de eletricidade em comunidades ribeirinhas isoladas.

Outra forma de gerar eletricidade limpa no Brasil, sem criar praticamente nenhum impacto ambiental adicional, é cobrir uma parcela dos reservatórios das UHE e PCH existentes com painéis fotovoltaicos (FV) flutuantes, conforme mostrado na Foto 1.



**Foto 1.** Painéis fotovoltaicos flutuantes no reservatório de uma UHE

**Fonte:** Foto do autor.

A UHE de Itaipu, por exemplo, com área alagada de 1350 km<sup>2</sup> e potência instalada de 14 gigawatts (GW), produziu, em média, **93,6** terawatt-hora/ano (TWh/ano) entre 2010 e 2016. Se cerca de **40%** desta área fosse coberta com painéis FV, com potência nominal 140 watt por m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>), seriam gerados os mesmos **93,6** TWh/ano. Neste cálculo, estão descontadas as horas em que não há luz solar. Foram considerados, ainda: que os 140 W/m<sup>2</sup> se mantêm, em média, por um período de 5 horas por dia; e, dentre outras, as perdas de energia para conversão da corrente contínua (CC) dos painéis FV em corrente alternada (CA). Além disso, como essa energia é equivalente à que Itaipu produz, em períodos de seca, é possível diminuir a vazão das turbinas para economizar água e compensar a redução da energia hidroelétrica com a geração FV. Outra alternativa, até que Itaipu seja adaptada para funcionar como uma UHE reversível, é usar a geração FV para bombear, de volta ao reservatório, a água que desce para acionar as turbinas (LEVY NETO, 2019).



## 4. Propostas de solução para as crises ambiental, hídrica e energética

De acordo com Primavesi (1992): “no Cerrado, as pastagens limpas não oferecem sustento para o gado durante a seca”. Assim, o ideal é conservar a vegetação nativa do Cerrado o máximo possível. Entretanto, se for inevitável, ao se derrubar as matas desse bioma, isso deve ser feito: “deixando, de 30m em 30m, uma faixa de 10m a 15m de cerrado em pé, que não somente serve de quebra-vento, mas, igualmente, oferece suplemento e sombra para o gado. Com sombra, o gado ganha 30% mais peso que em pasto limpo (PRIMAVESI, 1992). Analogamente, como os quebra-ventos servem de abrigo para pássaros, os quais naturalmente controlam as pragas das lavouras e dos pomares, reduzindo o uso de agrotóxicos, o mesmo vale nas culturas para produção de alimentos. Adicionalmente, além de frearem os ventos, as faixas de floresta nativa são fontes de flores para a criação de abelhas (PRIMAVESI, 1992). Usando-se técnicas agroflorestais, é possível conciliar a recuperação acelerada de áreas rurais degradadas, por exemplo, pastos e demais extensões de terras abandonadas após a exploração com monoculturas de soja. Assim, tais áreas podem ser transformadas e novamente aproveitadas para a produção de alimentos, dessa vez, de forma mesclada com o cultivo de diferentes espécies vegetais, que promovem a recomposição de uma biodiversidade saudável e freiam os ventos, conforme ilustrado na Foto 2.



Foto 2. Implantação de um sistema agroflorestal

Fonte: Foto do autor.

Entre 2000 e 2016, o Brasil derrubou uma área de biomas naturais equivalente a quatro Estados do Rio de Janeiro. Os biomas originais como a Amazônia, a Caatinga, o Cerrado e a Mata Atlântica são benéficos ao meio ambiente e nos protegem tanto das enchentes como das secas. No entanto, quando são substituídos por pastos e monoculturas, outros problemas são criados. Cerca de 20% das nossas terras férteis foram transformadas em pasto degradado e, no Brasil, atualmente, há mais bovinos que humanos. O Brasil é um grande exportador de carne, mas à custa de derrubar imensas florestas e degradar grande parte de seu território. Com isso, muitos rios importantes estão secando. A ciência já demonstrou que o consumo de carne está diretamente associado ao câncer colorretal e aos ataques cardíacos (OMS, 2018). Muito do que é produzido nas monoculturas de soja é para alimentar gado. É muita área mobilizada para produzir algo que prejudica a saúde humana. E há mais dois aspectos importantes nesta questão:

1. Se, em duas áreas de terra, de mesma dimensão e condições climáticas equivalentes, forem cultivados: (i) alimentos vegetais, direto para consumo humano (arroz, feijão, milho, frutas, verduras, etc.); e (ii) um pasto para criar animais, que depois serão abatidos para produzir carne, no caso (i), alimenta-se no mínimo cinco vezes mais pessoas Christofidis (2006). Isso porque, em cada etapa da cadeia alimentar (por exemplo: luz do sol → capim → carne), o rendimento energético varia entre 10% e 17%, ou seja, há uma perda de 83% a 90%. Neste caso, em regiões nas quais a maior parte da população é vegetariana, a área ocupada por florestas pode aumentar consideravelmente.
2. Pastos são precursores (ou berçários) de desertos, pois as raízes do capim são muito rasas e não ajudam as chuvas a penetrarem na terra e irem para o subsolo, onde estão os lençóis freáticos e aquíferos. A água das chuvas escorre e ainda carrega os nutrientes da terra, até chegar nos rios e depois no mar, roubando a fertilidade dos solos. E, neste caminho, uma parcela da água evapora. Só as árvores que tem raízes profundas facilitam a ida da água das chuvas para os aquíferos. E isso, em particular, é muito acentuado no Cerrado Nativo e na Floresta Amazônica. A seca nas regiões Sul e Sudeste, no vale do rio São Francisco e na Bacia do Araguaia têm muito a ver com o desmatamento do Cerrado. E, no Cerrado, onde os períodos de seca, nos invernos, coincidem com os de ventos mais intensos, 70% da água de irrigação é evaporada quando não há quebra-ventos (Primavesi 1992).

No caso (i) do aspecto 1 anteriormente citado, as etapas são: Luz do Sol → Fotossíntese → Alimento final. No caso (ii), há uma etapa a mais (luz do sol → capim → carne), que consome grande parcela de energia, compacta a terra e cria condições para a desertificação de regiões onde antes existiam florestas. Adicionalmente, de acordo com Christofidis (2006), gasta-se 7000 litros (l) de água para se produzir 1 kg de carne bovina e 4000 l, para 1 kg de carne suína. Ao passo que, na produção de 1 kg de trigo ou milho, gasta-se 1000 l, ou seja, sete vezes menos água

que no caso da carne bovina. E, para produção de 1kg de arroz ou soja, gasta-se 2000 l. Assim, tanto no aspecto energético como no uso de solo e consumo de água, é bem mais ecológico alimentar-se de vegetais do que de carne. Portanto, quando uma parcela da população se torna vegetariana ou reduz o consumo de carne, um ciclo virtuoso é criado. Usa-se menos terra de cultivo, consome-se bem menos água e é criada uma oportunidade para o reflorestamento e/ou a preservação dos biomas naturais (Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica). Com isso, passa-se a ter, simultaneamente, menos problemas de enchentes e secas, considerando-se que as florestas absorvem e armazenam as chuvas torrenciais e transpiram umidade durante as estiagens, ou seja, regulam o clima. Ademais, em um país como o Brasil, que produz 70% de sua energia elétrica em usinas hidroelétricas (UHE), a preservação das florestas deveria ser uma questão de segurança nacional.

No Brasil, há uma área equivalente ao Estado de São Paulo de pastos abandonados. Conforme uma pesquisa coordenada por Miccolis e apresentada no formato de Guia Técnico de Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais (SAF) (MICCOLIS, 2016), é possível recuperar áreas degradadas com opções de SAF voltados para diferentes contextos e diversas condições ambientais. De forma bastante sintética, são elas: a) Sistemas Silvistoris e Agrossilvistoris, ambos recomendados ao Semiárido cearense, sendo que o segundo valoriza a interação entre os componentes animal, agrícola e florestal; b) Sistemas de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta (ILPF), preconizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); c) Quintais Agroflorestais, para pequenas propriedades rurais; e d) Agroflorestas Biodiversas Sucessionais ou regenerativas, desenvolvidas por Ernest Gotsch, com experiências promissoras na Caatinga, no Cerrado, na Mata Atlântica e na Amazônia.

Um outro procedimento que economiza água e contribui para reduzir enchentes é a captação, para fins não potáveis, da chuva que desce pelas calhas dos telhados, conforme representado na Figura 3. A água de chuva, após uma filtragem simples com peneira, pode ser usada para: irrigação (70% do consumo de água no Brasil é usado em irrigação); descarga de vasos sanitários; lavar roupas, pisos e veículos, dentre outros usos não potáveis. No Japão e em muitos outros países, economiza-se cerca de 30% de água, por meio do uso de água de chuva e de água cinza já servida, isto é, reciclada.

Com exceção do Sertão do Nordeste, na maioria das regiões do Brasil, ainda chove mais que **1000 (mil)** litros de água por metro quadrado ( $m^2$ ) por ano. Na região que engloba o Sul de Minas, o Leste de São Paulo e o Rio de Janeiro, a chuva acumulada anualmente varia de **1500 a 2000 litros/ $m^2$**  (TOMAZ, 2003). Assim, de um telhado de  $100 m^2$  (10 m por 10 m), pode-se obter mais de 100 mil litros anualmente. A quantidade é suficiente para suprir toda a água consumida por uma família de 4 a 5 pessoas, durante um ano. Adicionalmente, a técnica pode reduzir as

inundações e outros transtornos locais provocados por chuvas torrenciais, quando não contidas. Assim, simultaneamente, se reduz os problemas das secas e das enchentes.

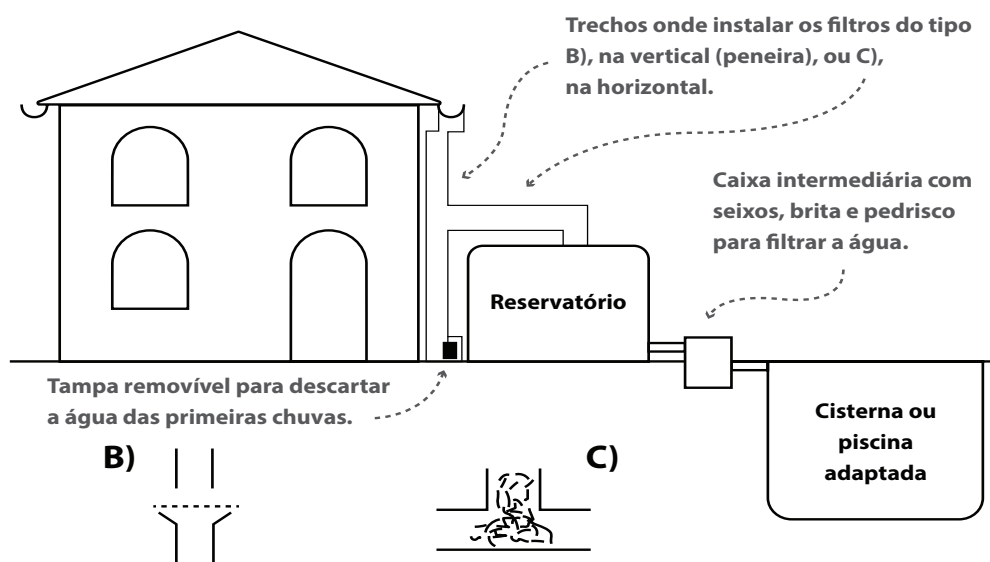


Figura 3. Esquema de captação e armazenamento de águas de chuva

Fonte: Levy Neto, 2019.

## 5. Conclusões

Este trabalho se propôs a apresentar os mecanismos subjacentes à ocorrência das chuvas no Cerrado e em outras regiões brasileiras mais ao Sul, bem como apontar fatores que vêm contribuindo para a redução das precipitações nessas áreas. A partir das informações obtidas por Campos (2018), sobre o decréscimo contínuo da precipitação pluviométrica média no Cerrado **nos últimos 40 anos** (diminuição de 8,3% medida entre 1977 e 2010 e a recente crise hídrica no DF); e do fato de que cerca de 17% da Floresta Amazônica nativa já foi destruída, **também nos últimos 40 anos**, há uma indicação de que a destruição da Amazônia e o desmatamento do Cerrado vêm contribuindo negativamente para as chuvas do Cerrado. A correlação temporal

entre a derrubada das florestas nessas regiões e a redução nas precipitações no Cerrado reforçam esta possibilidade.

Nesse contexto, para que a degradação ambiental (“Caatingação” do Cerrado) não prossiga - prejudicando a biodiversidade, a disponibilidade de água, a produção de alimentos e a geração de eletricidade nas UHE existentes -, é necessário que as medidas propostas neste estudo e sintetizadas a seguir, dentre outras que possam complementá-las, sejam postas em prática. Tais medidas são urgentes, dado que, conforme vem sendo divulgado em notícias recentes, o desmatamento na Amazônia cresceu 14% entre julho de 2017 e agosto de 2018 (LEVY NETO, 2019).

Para a preservação ambiental, são essenciais as medidas: (i) implantação de SAF (MICCOLLIS, 2016) nos pastos abandonados para restaurar essas áreas degradadas (equivalente a um Estado de SP), dado que o principal agente de estabilização climática natural são as florestas; (ii) introdução de barreiras de vento nas monoculturas (no Cerrado, os ventos mais fortes, que evaporam até 70% da água de irrigação, coincidem com os períodos de estiagem, no inverno); e (iii) redução no consumo de carne vermelha, hábito que aumenta a chance de câncer nos intestinos, para que a demanda por criação de novos pastos (berçários de desertos) seja desestimulada. E, para preservar a disponibilidade de água e geração de energia elétrica nas UHE existentes: (iv) captação e armazenamento de mais água de chuva (também para minimizar a ocorrência das enchentes nos meios urbanos e rurais); e (v) utilização de painéis FV flutuantes nos reservatórios da UHE e maior uso de THC nas corretezas dos rios.

## Referências

CAMPOS, J. de O., **Variabilidade da Precipitação no Cerrado e sua Correlação com a Mudança no Uso da Terra**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 2018.

CHRISTOFIDIS, D., **Um Olhar Sustentável sobre a Água. Em Água como matriz ecopedagógica**, de Catalão V.L. e Rodrigues, M.S. (org.). Depto. Ecologia UnB, Brasília, 2006.

CONTI, J.B., **Clima e Meio Ambiente**. Atual Editora, São Paulo, 2011.

DE SÁ, C.M., **Micro, Mini e PCHs**. Editora da PUC Goiás, Goiânia, 2009.

ELS, R.H.van; CAMPOS, C.de O.; HENRIQUES, A.M.D.; BALDUINO, L.F., **Hydrokinetic turbine for isolated villages**. PCH Notícias e SHP News. 2003.

- HAMANN ENERGY S/A, **Turbinas Hidrocinéticas**, Informações Técnicas. Florianópolis, 2017.
- HERZOG, C.P. e ROZADO, C.A., Diálogo setorial EU-Brasil sobre soluções baseadas na natureza. Direção-Geral da Investigação e da Inovação. União Europeia, 2020
- LEGAN, L., **Soluções Sustentáveis – Uso da Água na Permacultura**. Calango Editora, Pirenópolis - GO, 2007.
- LEVY-NETO, F.; E FERREIRA, G.V., **Simulation of the Mechanical Behavior of a Composite Hydrokinetic Turbine Blade**. Anais do BCCM3, Brazilian Conference on Composite Materials, Gramado RS, 2016.
- LEVY NETO, F., **Energias Renováveis – Atitudes Sustentáveis**. Publicação Independente. Brasília, 2019 ([www.nextagetreinamentos.com.br](http://www.nextagetreinamentos.com.br)).
- LOVEJOY, T.E. e NOBRE, C., **Amazon Tipping Point**. Science Advances, 4 (2), June, 2018.
- MICCOLLIS, A., **Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais**. ICRAF, Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal. Brasília, 2016.
- MORAN, E.F., **Meio Ambiente & Florestas**. Editora SENAC, São Paulo, 2010.
- OMS, **Organização Mundial da Saúde**, acesso 03/04/2018, em <https://nacoesunidas.org/onu-consumo-humano-de-carne-processada-e-carne-vermelha-aumentam-risco-de-cancer/>
- PRIMAVESI, A., **Agricultura Sustentável – Manual do Produtor Rural**. Editora Nobel, São Paulo, 1992.
- SLYWITCH, E., **Alimentação sem Carne**. Editora Alaúde. São Paulo, 2010.
- TOMAZ, P., **Água de Chuva**. Navegar Editora, São Paulo, 2003.
- TOLMASQUIM, M.T., **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2003.
- WOHLLEBEN, P., **A vida secreta das Árvores**, GMT Editores, Rio de Janeiro, 2017.

# A natureza rítmica da água e a tecnologia Flowform

Mônica Carapeços Arriada<sup>1</sup>, Sérgio Borges Paim Pamplona<sup>2</sup>, Guilherme Castagna<sup>3</sup>

## Resumo

A atual crise sistêmica impõe uma mudança paradigmática. É preciso adotar processos e tecnologias com impacto positivo na natureza, o que significa mudar a visão geradora das atuais práticas biocidas. Como tornar visíveis os fios da teia da vida para uma sociedade que normalizou a destruição de ecossistemas? O pensamento enrijecido precisa fluir como água para que todos se reconectem com aspectos e padrões sutis da natureza. Nesta perspectiva, o artigo destaca o trabalho de John Wilkes, que estudou forma e metamorfose na natureza para compreender a estruturação da vida. Nos anos 70, criou a tecnologia Flowform®: formas

## Abstract

*The current systemic crisis imposes a paradigmatic change. It is necessary to adopt processes and technologies with positive impact on nature, which means changing the underlying vision of today's biocidal practices. How to make visible the threads of the web of life to a society that has normalized the destruction of ecosystems? The stiffened way of thinking needs to flow like water to reconnect with subtle aspects and patterns of nature. In this perspective, this article highlights the work of John Wilkes, who studied form and metamorphosis in nature to understand the structuring of life. In the 1970s, he created Flowform® technology: forms that*

- 1 Graduada em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Pelotas e Mestre em Computação Aplicada a Educação pela Universidade Federal de Santa Catarina. Educadora, permacultora e Terapeuta. Vive e trabalha no Sítio Nós na Teia, uma estação de Permacultura em Brasília (DF).
- 2 Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (1989). Permacultor e criador da estação de Permacultura Sítio Nós na Teia, em Brasília (DF), modelo de ocupação periurbana em que o manejo, o cuidado e o uso consciente da água são foco central de pesquisa e aprendizado.
- 3 Graduado em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia Instituto Mauá de Tecnologia (IMT) em 1998. Mestre em Gerenciamento de Projetos pela Universidade de Nova Gales do Sul (UNSW) e pós-graduado em Comércio pela Universidade de Sydney, ambas na Austrália. Foi premiado no Brasil em duas ocasiões pelo projeto de Manejo de Águas Pluviais do Estádio Nacional de Brasília (Von Martius 2013, e Saint Gobain Habitat Sustentável 2014). É criador da Fluxus Design Ecológico.



que geram, na água em circulação, ritmos e padrões naturais que ampliam seu potencial de sustentar a vida. No Brasil, nos últimos anos, têm sido fomentados cursos para a aplicação da tecnologia Flowform®, o que demonstra o reconhecimento do seu potencial.

*generate, in circulating water, natural rhythms and patterns that enhance its life-sustaining potential. In Brazil, in recent years, courses have been promoted for the application of Flowform® technology, which demonstrates the acknowledgement of its potential.*

**Palavras-chave:** Água. Flowform. Novo paradigma. Permacultura. Soluções baseadas na Natureza.

**Keywords:** Water. Flowform. New paradigm. Permaculture. Nature Based Solutions.

## 1. Apresentação

Vivemos um período de mudanças ambientais e climáticas sem precedentes. O estilo de vida consumista e altamente impactante de nossa sociedade degrada os ambientes naturais, em uma velocidade alarmante. Neste contexto de crise ambiental, a segurança hídrica é um tema que vem se tornando cada vez mais desafiador e urgente, uma questão complexa e que desperta a necessidade de uma compreensão mais ampla sobre a água, para que possamos vislumbrar ações inovadoras.

A inspiração para a mudança tão necessária rumo a um estilo de vida mais sustentável pode estar mais próxima do que pensamos. Os sistemas naturais expõem uma enorme riqueza de exemplos de metamorfose, adaptação e relações entre as espécies para a manutenção dos ecossistemas. Bastaria observarmos as soluções que a natureza vem desenvolvendo há bilhões de anos.

Entretanto, talvez tenhamos perdido habilidades para essa observação. O ser humano urbanizado se afastou dos processos e ritmos naturais tornando-se distante e praticamente analfabeto na linguagem da natureza. Vemos, mas não percebemos.

Nossa ciência analítica, pragmática e utilitarista classifica os elementos, dissecando-os em seus detalhes químico-físicos de forma destacada do ambiente. Aprendemos que água é H<sub>2</sub>O, uma substância líquida e incolor, insípida e inodora, essencial para a vida da maior parte dos organismos vivos. O foco no conceito “água” nada nos diz sobre sua natureza rítmica e seus padrões de fluxo. Oculta a diferença entre uma água de nascente e a água tratada quimicamente para abastecimento urbano.

Em contraste, a maior parte dos povos tradicionais poderá facilmente enumerar diferenças entre essas águas e provavelmente integrará percepções mais sutis de cor, frescor e potencial para manifestar a grande teia da vida.

Nossa ciência cartesiana trouxe inegáveis benefícios, mas também limitou nosso olhar, deixando de fora conceitos sutis e toda a complexidade dos sistemas vivos e suas relações. Se quisermos compreender a diferença entre uma água que nos dá a gostosa sensação de frescor e outra que parece sem vida, precisaremos ampliar nossa percepção.

## 2. Padrões: a linguagem da natureza

Precisamos reaprender a ler padrões de formas e ritmos, que são a linguagem da natureza, e, assim, compreender sua complexidade para nos inserirmos de forma mais harmoniosa nos sistemas naturais. Podemos nos inspirar nos povos ancestrais que tinham uma íntima relação com a Terra, ou seja, o conceito de *Ecologia profunda*. Nessa perspectiva, a integração dos saberes ancestrais com as tecnologias da ciência moderna vem se tornando cada vez mais relevante.

Mais recentemente, surgem trabalhos acadêmicos que valorizam e propõem as chamadas Soluções baseadas na Natureza (SbN), que operam em abordagem similar.

## 3. Soluções baseadas na Natureza (SbN) para a água

No Relatório da Unesco sobre água, publicado em 2018, são apresentadas Soluções baseadas na Natureza (SbN) ou, em Inglês, *Natural based Solutions (NBS)* para a Água. São estratégias inspiradas e apoiadas pela natureza e que usam, ou imitam, processos naturais para contribuir para o melhor gerenciamento da água. A definição de uma SbN não é se um dado sistema utilizado como solução é natural. O que a define como tal é o uso ou gerenciamento proativo, deliberado e sensível de processos naturais para alcançar um objetivo. Tais soluções podem ser aplicadas em escalas micro, por exemplo, em saneamento ecológico), ou macro, para retenção de água na paisagem (UNESCO, 2018).

## 4. Abrindo espaço para a inovação

Para pensarmos em soluções inovadoras, precisamos conseguir enxergar o novo e ampliar nossa percepção para vermos aquilo que não é óbvio e já sabido. Quão aberta e flexível é nossa mente para compreender os fenômenos e não perdê-los, quando estes são submetidos à nossa limitação racional de entender a partir do que já sabemos?

*We know that nature is rebelling and we cannot carry on using polluting technologies. But it is not the pollution that is the real problem.*

*It is not the technologies that create the pollution that are the problem. [...]*

*The thinking that has made our polluting technologies is a relatively dead abstract thinking, fixed and rigid. Rather rock-like in a sense. [...]*

*It is time we stepped up from rock-like thinking to a water-like thinking that can create livingly out of nature's intelligence. Instead of our culture being fascinated by matter we need to be fascinated by life! (TROUSDEL, 2013, p. 1).*

Sabemos que a natureza está se rebelando e não podemos continuar usando tecnologias poluidoras. Mas, a poluição não é o real problema. As tecnologias poluidoras não são o problema. [...]

O pensamento que criou nossas tecnologias poluidoras é um pensamento abstrato, relativamente morto, fixo e rígido. Pode ser comparado a uma pedra. [...]

É hora de subirmos de um pensamento parecido com o da rocha para um pensamento que lembra a água e que pode ser criado pela inteligência da natureza. Em vez de nossa cultura ser fascinada pela matéria, precisamos ser fascinados pela vida!" (Tradução nossa).

Mudanças culturais são lentas e a adoção de soluções inovadoras enfrenta muitas resistências. No caso das SBN, os especialistas alertam que "permanece uma inércia histórica na aplicação de SBN, devido ao domínio continuado e esmagador de infraestrutura cinza" (UNESCO, 2018, p. 17). Dentre as justificativas para essa inércia e resistência, costumam surgir mitos e incertezas acerca do funcionamento das tecnologias verdes e naturais, sugerindo uma limitada compreensão do que são exatamente os serviços ambientais dos ecossistemas, em termos práticos. E, assim, nos mantemos presos em ciclos paradoxais. Queremos inovação, mas, em geral, os gestores têm receio de adotar soluções que ainda não foram amplamente testadas.

*Sustainable water security will not be achieved through business-as-usual approaches. NBS work with nature instead of against it, and thereby provide an essential means to move*

*beyond business-as-usual to escalate social, economic and hydrological efficiency gains in water resources management (UNESCO, 2018, p.2).*

A segurança hídrica sustentável não será alcançada por meio de abordagens usuais. SbN trabalham com a natureza, em vez de contra ela e, desse modo, fornecem um meio essencial para ir além do *business-as-usual*, a fim de aumentar os ganhos de eficiência social, econômica e hidrológica na gestão de recursos hídricos” (Tradução nossa).

## 5. Permacultura, SbN e Flowforms®

Segundo os especialistas, a terminologia SbN surgiu provavelmente por volta de 2002, mas, a aplicação de processos naturais para gerenciar a água possivelmente remonta a milênios (UNESCO, 2018).

Nessa perspectiva, de resgate de saberes de tradicionais e integração com tecnologia moderna, destacamos a ciência da Perma-cultura (Cultura de Permanência ou sustentabilidade). Nascida nos anos 70, a Permacultura é um sistema completo de planejamento, projeto e *design* de propriedades sustentáveis e produtivas, que tem como base uma ética de cuidado e a observação atenta de padrões da natureza. Em sua metodologia de *design*, sempre utilizou Soluções baseadas na Natureza (ainda que não explicita o termo SbN) na implementação de espaços rurais ou urbanos, em diferentes escalas (casa, prédio, bairro, cidade).

Percebemos que muitos permacultores têm sido propagadores de SbN, com projetos e ações em diferentes escalas.

No contexto local de Brasília, temos o Instituto de Permacultura Ipoema, premiado pela Fundação Banco do Brasil, em 2011, em razão da tecnologia social denominada *Água Sustentável: Gestão Doméstica de Recursos Hídricos*, que integrou um conjunto de técnicas utilizadas na permacultura como: captação de água de chuva, armazenamento em cisterna de ferrocimento, círculo de bananeiras (tratamento de água cinza) e bacia de evapotranspiração (tratamento de águas negras). Além de obter a certificação, a tecnologia foi premiada e selecionada como finalista, junto a outras duas, no tema Recursos Hídricos. A tecnologia apresenta uma solução de baixo custo, fácil replicação e eficiência para o abastecimento domiciliar de água potável e o tratamento ecológico de esgoto (BANCO DE TECNOLOGIAS SOCIAIS, 2011).

Ainda na capital federal, desenvolvemos a estação de permacultura Sítio Nós na Teia. Em relação a essa experiência, em 2017, conquistamos o primeiro lugar no quesito *Espaço Urbano Sustentável*, em premiação oferecida pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal (Sema/DF) (SEMA-DF, 2017). O espaço destaca-se especialmente pelo manejo sustentável da água, sendo, até hoje, a única propriedade em Brasília autossuficiente em água, apenas com o aproveitamento de água de chuva. Um feito importante em um cenário de escassez hídrica e com temporada de 5 a 6 meses de seca anual. O idealizador do Sítio Nós na Teia, Sérgio Pamplona, bioarquiteto e permacultor, já havia recebido, em 2015, da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (Adasa), certificado de *reconhecimento aos relevantes serviços prestados na gestão de Recursos Hídricos do Distrito Federal*.

Ainda sobre o tema, é interessante citar que Bill Mollison, australiano idealizador da permacultura em conjunto com David Holmgren, apresenta brevemente a tecnologia de *Flowforms*<sup>®</sup>, em um desenho ilustrativo no capítulo *Compreendendo padrões*, do livro *Permaculture: A Designer's Manual*, uma das primeiras publicações sobre permacultura, lançada em 1988 (MOLLISON, 1988).

Contudo, naquele final da década de 1980, essa tecnologia ainda estava pouco difundida e raros permacultores conseguiram compreender e implementar essa inovação. Somente nos anos mais recentes esses conhecimentos se tornaram mais presentes, especialmente no contexto brasileiro, conforme será exposto nas próximas sessões.

## 6. Flowform: integrando ritmo e movimento à percepção da água

Para observar os movimentos sutis da água e sua natureza rítmica, é importante ter um olhar sensível como o de um artista e, ao mesmo tempo, aguçado como o de um cientista. Em seus estudos, John Wilkes<sup>4</sup> e seu discípulo Paul Van Dijk<sup>5</sup> integram essas duas qualidades ao trazerem experimentos criativos para apresentar, com mais facilidade, fenômenos que se ocultam na transparência das águas.

---

4 John Wilkes (1936-2011) foi um escultor e pesquisador inglês, que dedicou a vida ao estudo da forma na natureza e de leis da metamorfose, como cerne para entender os mistérios que estruturam toda a vida. John conheceu George Adams, matemático, e Theodor Schwenk, pioneiro das pesquisas de aspectos sutis da água e seu ritmo. Essas interações o levaram a inventar a tecnologia *Flowform*<sup>®</sup> na década de 70.

5 Paul Van Dijk (1946), escultor e pesquisador holandês, estudou a Ciência Goetheana e *Flowform*<sup>®</sup> design com John Wilkes, no Reino Unido. É conhecido por trazer a tecnologia das *Flowforms*<sup>®</sup> à escala industrial, em sistemas de tratamento de efluentes e em aplicações ainda mais inovadoras, como a incorporação das *Flowforms*<sup>®</sup> em rios canalizados na Holanda, em substituição a escadas de peixes convencionais. Tem se dedicado a difundir essa tecnologia no Brasil em cursos relacionados ao tema.

A Foto 1 mostra um experimento que foi preparado em uma bacia retangular de fundo preto. Como a lâmina de água é rasa, o contraste entre a tinta espessa branca e o fundo mostra os movimentos da água em resposta à passagem de um pincel ao longo da bacia. Embora a pincelada seja sempre dada em linha reta, o padrão formado pela água é sempre curvilíneo e assimétrico. A forma vista nunca é exatamente igual, considerando que a água é extremamente sensível a qualquer irregularidade, mudança de velocidade, direção, força, etc. Entretanto, há um padrão comum: em todas as formas, o líquido se move em um padrão circular ou espiral, ou seja, em **vórtices**. Esse padrão foi denominado de **trilha de vórtices** pelo húngaro-americano, Theodore Von Kármán (1881-1963), brilhante matemático, engenheiro espacial e físico. Sempre que as correntes de água passam umas pelas outras ou há objetos pelo caminho, ocorre o fenômeno das sequências ou trilha de vórtices, uma visão **comum** em cursos de água naturais (WILKES, 2008, p. 58).



**Foto 1.** Experimento trilha de vórtices.

**Fonte:** Imagem da autora Mônica Carapeços Arriada.

Por meio da trilha de vórtices, entendemos que a água tende a fazer movimentos curvilíneos, circulares, espiralados e **assimétricos**. A observação atenta dos padrões naturais de cursos de água também pode nos dar uma percepção mais aguçada sobre a integração do fundo com as margens. Tal integração não ocorre de forma reta e, sim, criando meandros, entre outras sutilezas, como ritmos.

A água sempre encontra resistência, onde quer que ela flua: do leito pelo qual ela flui, dos objetos que estão em seu fluxo. É sensível a qualquer resistência que encontre, qualquer influência do exterior ou mesmo da própria água, por exemplo, quando as correntes rápidas

e lentas passam umas pelas outras. Em cada resistência, a água reage com o ritmo. Com o ritmo, a água está “no seu elemento” (DIJK, 2019).

O surgimento da tecnologia Flowform<sup>6</sup> também tem forte relação com o papel vital da água no desenvolvimento de todos os seres vivos. A partir da observação dos movimentos de expansão e contração na metamorfose das plantas, percebe-se como a água apoia cada ser na sua formação e expressão: “Todas as formas parecem ser criadas por uma relação ligada ao movimento e aos processos fluidos. Em algum estágio, toda substância rígida está em estado fluido. Nessa condição, o movimento também leva ao ritmo e o ritmo leva à metamorfose” (WILKES, 2008, p. 69).

Em seus cursos, Paul Van Dijk ensina o papel da água como **mediadora da vida**, trazendo o pulso vital para que os seres expressem **suas formas próprias**. Nesse sentido, salienta que a expressão dos seres vivos tende a **formas simétricas**. No fluxo que gera vida, as metamorfoses levam para a simetria. Assim, vamos nos aproximando das reflexões que levaram John Wilkes à criação dos Flowform<sup>6</sup>.

[...] minhas observações da natureza haviam me levado a concluir que a água tende, em geral, a movimentar-se assimetricamente. Ao entrar no organismo vivo, porém, ela ajuda a construir formas simétricas, que, por sua vez, dependem da água para manifestação (WILKES, 2008, p 75).

Pareceu então, que era incontestável, no elevado reino dos seres vivos, a importância da consistência do ritmo. Assim, cheguei à seguinte questão: como, na multiplicidade infinita ou mesmo no caos de ritmos da natureza exterior (num regato de montanha, por exemplo), podemos organizar e enfatizar o ritmo específico para obter uma intensificação da capacidade de sustentação à vida? (WILKES, 2008, p 84).

E, assim, foram esculpidos os recipientes, denominados Flowforms<sup>6</sup>, capazes de fazer a água pulsar, realizando movimentos que lhe são próprios, ativando-a a partir da forma do oito (ou lemniscata). No site Flowforms<sup>6</sup>, desenvolvido pela equipe de John Wilkes, podemos ver ilustrações e especificações de mais de 30 modelos. O princípio se mantém, ainda que com especificidades em diferentes modelos de Flowforms<sup>6</sup>. Em alguns, o movimento é mais delicado e, em outros, mais vigoroso. Há modelos em que o ritmo lembra batimento cardíaco e, em outros, de uma respiração mais lenta. Há, inclusive, modelos que dão um som musical e outros que produzem um som mais parecido com o de ondas batendo em uma linha costeira (FLOWFORMS, 2019).

---

6 O site Flowforms apresenta registro de imagens e vários vídeos de 36 modelos produzidos por pesquisadores e entusiastas (FLOWFORMS Gallery).



Compreender a natureza é o pilar básico para desenvolver SbN, que, conforme vimos, são estratégias inspiradas e apoiadas em processos naturais. Assim, apesar de não ser citada no relatório da Unesco, consideramos pertinente classificar *Flowform* como uma SbN. Uma tecnologia capaz de tornar realidade o ideal de termos cidades com água, não apenas limpa e potável, mas também fresca e vitalizada. Pode ser considerada uma tecnologia revolucionária, pela ousadia paradigmática de propor uma solução voltada para a **qualidade energética da água**.

## 7. Sutilizando a percepção da água

Segundo Schwuchow *et al.* (2010), mesmo após purificação química e biológica, a água contém certas frequências eletromagnéticas que podem ser favoráveis ou prejudiciais. São três aspectos principais que devem ser levados em consideração para se analisar a qualidade da água: 1) Químico: combinação de elementos inorgânicos básicos presentes na água; 2) Orgânico: micro-organismos, algas e outros materiais, mortos ou vivos; e 3) Energético: condições de frescor ou as condições de microestrutura interna da água.

No livro *Energizing Water: Flowform® Technology and the Power of Nature*, Schwuchow e Wilkes apresentam diversas pesquisas que têm sido realizadas desde a invenção dos *Flowform®* na década de 70. Eles descrevem métodos científicos que vêm sendo usados para acessar as qualidades energéticas da água, como a cristalização, mostrando os níveis de entropia (desordem e ordem) dentro de estruturas internas de vegetais onde ela é aplicada (SCHWUCHOW *et al.*, 2010; WILKES, 2008). Os autores também tratam dos efeitos do uso de *Flowform®* e apresentam seus benefícios. Até o momento, os principais parâmetros observados são:

- Aumento da oxigenação, no que diz respeito não apenas à ingestão de oxigênio, mas também à duração, pois o oxigênio permanece mais tempo na água.
- Aumento do valor ph. Dependendo de qual tipo de forma de fluxo é usado, o valor de ph da água tratada com *Flowform®* aumenta, comparado à água não tratada.
- Quebra de conteúdo orgânico e redução de contaminação bacteriana.
- A sustentação do crescimento microbiológico na água, em extratos de composto líquido, esterco líquido.

- Estimulação da germinação de plantas e posterior desenvolvimento, bem como sobre sua morfologia.

Em um relatório de Schwuchow *et al.* (2010), são apresentados diversos exemplos de aplicações, como os citados a seguir:

- Tratamento de água de esgoto.
- Tratamento de águas superficiais em geral.
- Oxigenação em lagoas públicas.
- Vitalização de biofertilizantes líquidos e preparos biodinâmicos para a agricultura.
- Melhoramento do clima nos edifícios de escritórios.
- Valorização estética de jardins e espaços públicos.
- Uso de **flowforms**® (especiais) para a migração peixes.

Cabe salientar publicações disponíveis *online*, do grupo de pesquisas *Flowform Water Research*, ricas em informações sobre essa abordagem. Destacamos o relatório *Flowform Water Research 1970 – 2007: Part Four Research on Flowform Effects*, que sintetiza os resultados de décadas de estudos e pesquisas e apresenta exemplos de aplicação, que citamos a seguir, entre outros (Schwuchow *et al.*, 2008).

## 8. Cases de aplicação de flowform®

### 8.1. Holanda - Aplicação da tecnologia Flowform® no tratamento de água de esgoto em Soerendonk

O site da instituição Fluxos Design Ecológico apresenta as seguintes informações a respeito da aplicação da tecnologia Flowform para o tratamento de esgoto da cidade de Soerendonk, na Holanda:

Escondida atrás da densa vegetação, a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Soerendonk trata a água de esgoto doméstico das cidades vizinhas há mais de 40 anos. Visando a modernizar esta ETE, o Comitê de Águas De Dommel começou a considerar as mais modernas tecnologias disponíveis na Europa. O desempenho técnico de purificação da ETE foi melhorado.

A integração na paisagem foi garantida pelo cuidado com a arquitetura, com a preservação de estruturas verdes e com o reforço na estrutura ecológica. Trilhas de caminhada e ciclismo ao longo dos cursos d'água foram integrados em um circuito regional de lazer. E o efluente dos filtros de areia é oxigenado e ritmicamente tratado em uma cascata de Flowforms®, construída em grande escala, denominada *Water Harmonica*. Deste modo, o efluente é limpo de resíduos bacterianos e inoculado com os organismos típicos da flora e fauna da micro bacia. Outros objetivos alcançados são a melhoria da qualidade dos efluentes, armazenamento de água na bacia hidrográfica, restauração da paisagem natural e a criação de opções recreativas e educativas para o público (FLUXUS, 2019).

É a primeira experiência no mundo em que todo o fluxo de efluentes de uma estação de tratamento de esgoto é integralmente submetido a um processo rítmico de vitalização, o que além de melhorar a quantidade de oxigênio na água de uma forma perfeita, também tem um efeito estimulante sobre toda a ecologia da bacia hidrográfica.

## 8.2. Flowforms® na agricultura e produção de alimentos

Schwuchow *et al.* (2010) também apresentam resultados de pesquisas sobre a influência do uso de água tratada com Flowforms® em aplicações na produção de alimentos.

Na padaria Herzberger, em Fulda, na Alemanha, foi examinado o efeito da Flowform® na água tratada e não tratada usadas para o preparo do pão. O tratamento consiste em colocar a água para correr ao longo de vários degraus de granito e, na sequência, por uma cascata Flowforms®.

Verificou-se que a quantidade de absorção de água no pão é maior após o tratamento e, portanto, o pão permanece fresco e livre de mofo por, pelo menos, mais dois dias, em comparação com a água não tratada. Além disso, o volume de massa é aumentado em 4%, enquanto a consistência e o sabor são significativamente melhorados (SCHWUCHOW *et al.*, 2010, p. 69).

### 8.3. Flowform® no Brasil

A aplicação de flowform® ainda é bastante incipiente no Brasil. Os raros exemplos de iniciativas encontradas são de artistas que oferecem lindas fontes em cerâmica. Apesar de percebermos, em suas divulgações, textos que buscam educar o público sobre a tecnologia flowform®, nos parece que o uso ainda está restrito à arte e decoração de espaços domésticos e espaços terapêuticos para relaxamento (FLOWBRASIL, 2019).

Portanto, há ainda um grande potencial a ser desenvolvido. De forma ampla, devido aos benefícios da tecnologia Flowform® para melhorar a qualidade física e energética da água, poderíamos dizer que praticamente toda Sbn que trabalha o manejo da água ofereceria condições de integrar Flowform®.

A boa notícia é que, no Brasil, houve eco para essa inovação e o País está fomentando a educação para a aplicação da tecnologia. Em 2008, o Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (Senac) promoveu a tradução do livro *Flowforms: The Rhythmic Power of Water* e, em uma parceria com a Fluxus Design Ecológico, apoiou a vinda de Paul Van Dijk para a realização de diversos cursos abertos. Essas parcerias permaneceram e o pesquisador veio ao Brasil nos anos seguintes (WILKES, 2008).

Em julho de 2019, o Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis (OICS), desenvolvido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), apoiou a primeira vinda de Paul Van Dijk (VAN DIJK, 2019) à capital brasileira, onde ele realizou uma palestra aberta na Universidade de Brasília (UnB) e ministrou os cursos: *A natureza rítmica da água*, para gestores e pesquisadores do tema; e *Água mediadora dinâmica entre polaridades*, aberto ao público em geral. Além disso, o pesquisador apoiou a criação de mídias para registrar e difundir Flowforms®. O relatório e um vídeo produzidos sobre essas iniciativas foram disponibilizados no site do OICS.

Em agosto de 2019, Paul Van Dijk iniciou a primeira turma, em nível mundial, do Curso de Formação em Design de Flowforms®.

## Considerações finais e perspectivas futuras

Em seu famoso livro *Flowforms: o poder rítmico da água*, John Wilkes (2008) nos alerta para os riscos de se tratar a água apenas de um ponto de vista utilitarista, sem considerar sua natureza e movimentos naturais.

Mesmo não havendo qualquer mudança química evidente, a movimentação não natural, sob pressão, pode ser destrutiva para a posterior capacidade da água de dar sustentação à vida. Produtores rurais em propriedades montanhosas, queixam-se da deterioração da água de irrigação captada a jusante das turbinas de uma hidrelétrica. A água precisa de nossa consideração e apoio: após sua utilização para propósitos tecnológicos, ela precisa ser “curada”.

[...] Temos que pensar sempre mais e mais a respeito da vida como ritmo, pois este, em sua própria essência, apresenta um amplo espectro de qualidades: é fundamental para a metamorfose, que é ilimitada por natureza (WILKES, 2008, p. 94).

Nesta perspectiva, Flowforms® são uma tecnologia visionária inspirada nos padrões naturais, que, integrada a outras SbN, pode revolucionar o manejo sustentável da água e tornar realidade o ideal de termos cidades com água, não apenas limpa e potável, mas fresca e vitalizada.

Apesar de, em geral, ainda serem tidas como alternativas, adotadas por uma diminuta parcela da população, podemos encontrar, em vários centros urbanos no Brasil, exemplos de SbN, como em paredes verdes, telhados vivos, jardins de chuva, captação de água de chuva, espaços verdes urbanos (parques, hortas comunitárias), entre outros. São soluções simples e de grande eficiência para melhorar a umidade local, a infiltração de água no solo, reduzir riscos de enchentes e ainda tornar mais eficiente a recarga de aquíferos, entre outras vantagens. Em todas essas soluções, podemos facilmente imaginar a inserção de Flowform® em pontos do escoamento das águas. Da via pavimentada para o jardim de chuva, a água poderia entrar passando por um Flowform® ou no escoamento do excesso de água de chuva (telhado vivo ou parede verde), criando uma cascata de Flowform®. Em todos os casos, além dos benefícios originais, seriam agregadas novas qualidades no tratamento e na vitalização da água, além de uma estética muito interessante.

Salientamos, ainda, a importância do valor educativo dos Flowforms®. Dado o desconhecimento da população em geral sobre a água, a aplicação dessa tecnologia pode ser uma oportunidade para a ecoalfabetização, considerando a necessidade de ampliação da percepção da sociedade a respeito das qualidades desse elemento incrível e misterioso que é a Água.

## Referências

BANCO DE TECNOLOGIAS SOCIAIS - BB. **Água sustentável**: gestão doméstica de recursos hídricos, 2011. Disponível online em: <http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/banco-de-tecnologias-sociais/pesquisar-tecnologias/agua-sustentavel-gestao-domestica-de-recursos-hidricos.htm>. Acesso em: ago 2019.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria do Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal - SEMA - DF. **Ações sustentáveis recebem prêmios no Palácio do Buriti**, 2017. Disponível online em: <http://sema.df.gov.br/acoes-sustentaveis-recebem-premios-no-palacio-do-buriti/>. Data de acesso: julho, 2019.

FLOWBRASIL. **Fontes de água**, flowforms. Disponível online em: <https://flowbrasil.wordpress.com/produtos/>. Data de acesso: ago 2019.

FLOWFORMS. **Gallery of designs**. Disponível em: <https://sites.google.com/site/flowforms/Home/gallery-of-designs>

FLOWFORMS. **Site**. Disponível em: <https://sites.google.com/site/flowforms/Home>. Data de acesso: jul 2019.

FLUXUS, Design Ecológico. **Aplicação da tecnologia Flowform® no tratamento de água de esgoto em Soerendonk – Holanda**. Disponível online em: <http://fluxus.eco.br/2015/06/aplicacao-da-tecnologia-flowform-para-o-tratamento-de-esgoto-da-cidade-de-soerendonk-holanda/>. Data de acesso: ago 2019.

MOLLISON, Bill. **Permaculture: designer's manual**. Austrália: Ed. Tagari, 1988.

Paul Van Dijk em Brasília. Disponível online em: <https://pvdembrasilia.home.blog/>. Data de acesso: julho, 2019.

SCHWUCHOW, Jochen, WILKES, John, TROUSDELL, Ian: **Energizing Water** - Flowform technology and the power of nature. Forest Row: Sophia Books, 2010.

SCHWUCHOW, Jochen, WILKES, John, GIORGETTI, Costantino TROUSDELL, Ian, TROUSDELL, **Flowform water research: part four research on Flowform effects**. Healing Water Institute, 2008. Disponível em: <http://www.foundationforwater.org/wp-content/uploads/2013/07/FWR-Research-on-Flowform-Effects-04.pdf>. Data de acesso: abr 2020.

TROUSDELL, Ian. **Part 5 – Water**, a guide to better technology, 2013. Disponível em: <http://www.foundationforwater.org/part-5-water-a-guide-to-better-technology/>. Data de acesso: ago 2019.

UNESCO. The United Nations **World Water Report 2018: Nature-Based Solutions for Water**. Paris, 2018. Disponível online em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424>. Data de acesso: julho, 2019.

VAN DIJK, Paul. **A natureza rítmica da água**. Brasília: CGEE, 2019. 53 p. Disponível em: [https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Relatorio-PVDijk\\_completo.pdf](https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Relatorio-PVDijk_completo.pdf)

WILKES, John. **Flowforms: o poder ritmico da água**. São Paulo: Editora Senac, 2008.

# Co-criação de Soluções baseadas na Natureza envolvendo comunidades e oportunidades de diálogo Europa-Brasil

Beatriz Caitana<sup>1</sup>, Isabel Ferreira<sup>2</sup>, Paulo Fonseca de Campos<sup>3</sup>

## Resumo

As transformações em torno dos modos de produção alteraram a forma como os cidadãos, os usuários e os consumidores são considerados e reconhecidos nos processos de co-criação e co-produção. Não obstante, ao mesmo tempo que os espaços de trabalho em rede e partilha se ampliam, novos desafios se colocam à co-produção e à co-governança. Em desenvolvimento desde 2018, o projeto URBiNAT prevê a implementação de corredores saudáveis em 3 cidades europeias. Nestas cidades, encontram-se ativos laboratórios vivos (*living labs*) de promoção de processos de envolvimento dos cidadãos no desenho e na implementação dos corredores, por meio de catálogo de nature-based solutions (NBS) ou Soluções baseadas na Natureza (SbN). Neste

## Abstract

*Transformations around modes of production have changed the way citizens, users and consumers are considered and recognized in the processes of co-creation and co-production. However, at the same time that the spaces for networking and sharing are expanding, new challenges arise for co-production and co-government. In development since 2018, the URBiNAT project foresees the implementation of healthy corridors in 3 European cities. In these cities there are active living labs to promote processes of active involvement of citizens in the design and implementation of corridors through the catalogue of nature-based solutions (NBS). This paper aims to focus on the current understanding about participation and knowledge and how they operate*

- 1 Investigadora do Centro de Estudos Sociais (CES) da Universidade de Coimbra (UC), em Portugal. Integra a equipe de co-coordenação do projeto URBiNAT. Mestre e doutoranda em Sociologia pela Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra (FEUC).
- 2 Investigadora do CES/UC, integra a equipe de co-coordenação do projeto URBiNAT. Mestre em Geografia e doutoranda em Sociologia - Cidades e Culturas Urbanas pela (FEUC).
- 3 Professor associado e investigador da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU USP). Avaliador interno do projeto URBiNAT. É livre-docente e doutor em Arquitetura e Urbanismo pela FAU USP. Mestre em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP (EPUSP).



artigo, pretende-se: apresentar a ênfase da atual fase de compreensão sobre participação dos cidadãos e conhecimentos partilhados e como estes operam no âmbito das estratégias do URBiNAT; e refletir acerca do modo como um projeto europeu poderá dialogar com outras experiências e outros contextos, como é o caso do Brasil. Trata-se de um projeto de regeneração urbana inclusiva, centrado nas pessoas, que experimenta novas combinações de abordagens tradicionais e, como inerente a sua natureza, prioriza os aspectos próprios do seu percurso.

**Palavras-chave:** Co-criação. Co-produção. NBS. Regeneração urbana. Inclusão Social.

*at the level of URBiNAT strategies; and reflect on how a European project experience can dialogue with other experiences and contexts such as Brazil. It is an inclusive urban regeneration project centered on people, which tries out new approaches and new combinations of traditional approaches, and as inherent in its nature, prioritizes the specific aspects of its path.*

**Keywords:** Co-creation. Co-production. NBS. Urban regeneration. Social inclusion.

## Introdução

São evidentes as mudanças no modo como o conhecimento é produzido, sendo o seu modelo mais recente a chamada *quíntupla hélice*<sup>4</sup>, no qual se assinala a ênfase na transição socioecológica das sociedades. Não por acaso os modelos tradicionais agora abrem-se para a introdução dos ambientes naturais e verdes como impulsionadores de inovação do conhecimento, e de oportunidades para a sociedade, a economia e a democracia (CARAYANNIS *et al.*, 2012). De fato, observa-se que nem sempre os modelos de crescimento urbano conseguiram dar respostas articuladas aos desafios em torno do bem-estar dos indivíduos e da valorização do meio ambiente que os circunda. Um dos melhores exemplos deste fenômeno diz respeito aos bairros sociais construídos nas periferias das cidades europeias após a 2ª Guerra Mundial, com pouca estrutura urbana de suporte e com graves impactos nas estruturas rurais. Ainda hoje, passado cerca de meio século, encontramos muitas dessas comunidades desvinculadas das cidades e com graves problemas sociais, resultantes da sua condição marginal em relação aos centros mais dinâmicos.

---

4 A tripla hélice foi a construção da produção do conhecimento relacionando o Estado, as universidades e o setor industrial. A quádrupla hélice, por sua vez, contemplou o papel da sociedade civil e da cultura (CARAYANNIS *et al.*, 2012), como se verá no decorrer do texto.



Foto 1. NBS de Participação, Walkthrough, Porto, 2019.

Fonte: *José Maçãs de Carvalho para o CES/UC.*

Diferentes estratégias têm sido desenhadas para responder a este e outros desafios sociais complexos, como a inovação social, que estabelece mais responsabilidade da sociedade em promover: a criação de valores sociais e soluções mais adequadas; a co-produção, que simultaneamente inclui saberes antes excluídos do cânone dominante; e, ainda, a co-governança, por meio do reconhecimento do papel ativo dos cidadãos para além da sua reivindicação na esfera pública, tornando-os parceiros transformadores de ação. É com base na intersecção dessas várias problemáticas, que o projeto URBiNAT, objeto deste artigo, se situa, explorando o potencial de ligação das pessoas à cidade, à natureza e entre si, por meio da regeneração urbana inclusiva e da integração de bairros desfavorecidos, com a implementação de nature-based solutions (NBS)\ Soluções baseadas na Natureza (SbN)<sup>5</sup> pela participação e cidadania ativa da população.

5 No Brasil, utiliza-se a sigla SbN, mas, optou-se neste texto por manter a designação utilizada pelo projeto, conforme o acrônimo em Inglês: nature-based solutions (NBS).

Propõe-se promover ações que considerem a inclusão de grupos excluídos, tais como mulheres, idosos e a população economicamente desfavorecida. Se, por um lado, a degradação urbana é uma realidade em muitos contextos, especialmente nas zonas densamente povoadas, por outro, nessas mesmas áreas, encontramos um forte potencial de organização social, apoiado em laços de solidariedade e de compromisso cívico. Por isso, o projeto assume, como ponto de partida, a dimensão do espaço público e propõe, paralelamente, co-criar e co-implementar, com os cidadãos, novas formas de relação com a cidade e a natureza.

Em desenvolvimento desde 2018, o projeto URBiNAT<sup>6</sup> assume compromisso na implementação de corredores saudáveis (*healthy corridors*) em 3 cidades europeias: Porto (Portugal), Nantes (França) e Sofia (Bulgária). Tais corredores serão replicados nas cidades de Bruxelas (Bélgica), Siena (Itália), Høje-Taastrup (Copenhaga, Dinamarca) e Nova Gorica (Eslovénia), em parceria com governos municipais, universidades, empresas e organizações locais. Nestas cidades, encontram-se ativos laboratórios vivos (*living labs*) de promoção de processos de envolvimento dos cidadãos no desenho e na implementação dos corredores, por meio de catálogo de NBS<sup>7</sup>. No conjunto de NBS já identificadas no projeto, incluem-se: soluções tecnológicas e territoriais, de impacto ambiental e espacial, que resultarão em intervenções materiais no espaço público; e soluções metodológicas inovadoras de participação democrática; assim como alternativas econômicas (nomeadamente iniciativas de economia social e solidária), cujo impacto se reflete nos recursos materiais e imateriais dos cidadãos e em intervenções no tecido e na dinâmica comunitários.

Coordenado pelo Centro de Estudos Sociais (CES), laboratório de pesquisa nas ciências sociais da Universidade de Coimbra (UC), em Portugal, o projeto contempla, ainda, o observatório de avaliação do impacto dos corredores saudáveis nas cidades e um conjunto de mecanismos que permitam a sua replicação e dos seus produtos sociais numa comunidade de práticas alargada, por meio de um modelo de desenvolvimento urbano, social e econômico alternativo, tendo sua ação centrada nas pessoas. Assim, o processo de cocriação será desenvolvido por meio de um planejamento urbano inclusivo<sup>8</sup>, que incorpore uma abordagem holística, integrando diferentes

6 Website do projeto: <https://urbinat.eu>. Financiamento concedido no âmbito do Programa Horizonte 2020 de Inovação e Pesquisa, da Comissão Europeia, sob GA N°77678.

7 De acordo com o Relatório do Grupo de Especialistas em Soluções baseadas na Natureza e Re-naturalização das cidades, NBS são soluções que procuram responder aos desafios sociais, econômicos e ambientais por meio de alternativas sustentáveis. Relacionam-se com ações inspiradas, apoiadas ou produzidas a partir da natureza, fortalecendo soluções já existentes ou explorando novos modelos de solução. Recorrem ao uso dos recursos e processos complexos dos sistemas da natureza, como sua capacidade de armazenar carbono e regulação do fluxo de água, a fim de alcançar os resultados desejados, como redução do risco de desastres e um ambiente que melhora o bem-estar humano e socialmente inclusivo. Cf. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202>

8 O planejamento urbano inclusivo está alinhado com o planejamento urbano sustentável do UN-Habitat descrito no *International Guidelines on Urban and Territorial Planning (IG-UTP) Handbook* (UN-HABITAT, 2018)

aspectos do bem-estar social e uma forma alternativa de gerenciar os recursos públicos, com base na adoção de um modelo de gestão coletiva e de distribuição de responsabilidades entre cidadãos e políticos.

O conteúdo que se segue pretende descrever as diferentes estratégias adotadas pelo projeto, relacionando-as a um contexto mais amplo de mudanças na sociedade. Primeiro, procurar-se-á apresentar a ênfase da atual fase de compreensão sobre a participação e o conhecimento e como estes operam no âmbito das estratégias do URBiNAT. Na segunda parte, se pretende estimular a reflexão sobre o modo como um projeto europeu poderá dialogar com outras experiências e outros contextos, como é o caso do Brasil. Sendo este um projeto centrado nas pessoas, que experimenta novas abordagens e novas combinações de abordagens tradicionais, não se ambiciona ser uma solução acabada, mas tal como inerente a sua natureza, que prioriza os aspectos próprios do seu percurso.

## 1. A co-criação como novo imperativo para a participação e a justiça cognitiva<sup>9</sup>

O conceito de cocriação surge na esteira das mudanças paradigmáticas mais recentes, dando-nos conta da pluralidade de atores e de formas de transformação, difusão, uso e aplicação do conhecimento, além dos diferentes modos de colaboração, partilha e trabalho em rede. Os estudos de Hippel (2005) sobre a democratização da inovação, já nos anos 80 faziam referência aos contornos da sua manifestação na sociedade. Enquanto antes os modos de produção do conhecimento enfatizavam o saber e a sua transformação, a cocriação, em linhas gerais, ventila luzes sobre o papel dos cidadãos, usuários e consumidores ao assumirem uma posição mais ativa no processo criativo.

Dentre os diferentes modos de produção do conhecimento, a expansão para o chamado modo 3 (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2012) evidenciou o caráter fechado dos modelos anteriores de se fazer ciência e tecnologia, dando espaço para emergir formas de produção que ultrapassam as abordagens de tipo disciplinar para sistemas mais abertos de comunicação e partilha. A quádrupla hélice é a representação dessa nova modalidade (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2012), em que fazem parte o Estado, as indústrias, as universidades e o contexto da sociedade civil. Se, no modelo inicial da tripla hélice (LEYDESDORFF, 1995), o conhecimento é enfatizado

---

9 Os textos inseridos nas seções 1 e 2 foram elaborados com recurso a revisão científica de tese de Doutorado em Sociologia sobre co-produção do conhecimento, em andamento e de autoria de Beatriz Caitana da Silva.

pelo papel central das universidades, na quádrupla<sup>10</sup>, se salienta a perspectiva da sociedade e democracia do conhecimento na inovação, ou seja, as pessoas assumem um novo papel nos processos. E as ciências sociais e as humanidades, por sua vez, passam a ocupar um lugar de importância até então pouco reconhecido. Como tudo está em transformação, a sua evolução para a quádrupla hélice, como referido, é o modelo mais recente por meio do qual se assinala a ênfase na transição socioecológica das sociedades. Neste modelo, os ambientes naturais e verdes são vistos como impulsionadores da produção e inovação do conhecimento (CARAYANNIS; BARTH; CAMPBELL, 2012).

O século 21, portanto, é marcado pelo surgimento de sistemas, modelos, agendas de inovação em que se priorizam espaços para catalisar a criatividade, desencadear a invenção e acelerar a inovação científica e tecnológica, por meio da interação e do encontro das pessoas, das organizações, da cultura, da política e da tecnologia. Essas mudanças de paradigma desafiam as instituições para transformações profundas na adaptação a esses novos modelos de inovação aberta e de gestão pública partilhada.

No caso do setor público, as experiências são reivindicadas no reconhecimento do papel dos cidadãos e do setor social na sua cidadania ativa e no fornecimento de serviços públicos e gestão partilhada (BOVAIRD, 2007; PESTOFF, 2011; PESTOFF; BRANDSEN; VERSCHUERE, 2015; SALM; MENEGASSO, 2010; VERSCHUERE; BRANDSEN; PESTOFF, 2012). Aqui, a noção de co-produção é definida como a mistura de atividades em que agentes públicos e cidadãos contribuem para a provisão de serviços, baseada no esforço voluntário em assegurar a qualidade e quantidade de serviços utilizados (VERSCHUERE; BRANDSEN; PESTOFF, 2012). Com efeito, tal conceito dilui as fronteiras entre o consumo e a provisão de serviços, uma vez que parte da mistura dos papéis entre profissionais e utilizadores. Entretanto, não se limita apenas a isso, por fazer parte da sua natureza e do seu processo de desenvolvimento, promove a democracia participativa e amplia os quadros institucionais da participação social (VERSCHUERE; BRANDSEN; PESTOFF, 2012).

O projeto URBiNAT (Natureza Urbana Inclusiva e Inovadora), ao centrar-se na regeneração urbana de bairros de habitação social, reconhece, nas autoridades públicas locais, um papel fundamental na sua execução, em diálogo com os cidadãos e as instituições locais. Diante disso é que o presente artigo recorre à discussão da co-criação com recorte na perspectiva da sua aplicação nos setores público e social, tendo a agenda da inovação (ANDRÉ; ABREU, 2012) como

---

10 Na quádrupla hélice, a partilha ocorre de forma *bottom-up* e *top-down*, envolvendo iniciativas de *media* e *culture-based* para o alcance de modos mais eficientes de interação, tendo como fundamento as ideias de co-existência, co-evolução e co-especialização dos diferentes paradigmas do conhecimento e modos de o produzir (CARAYANNIS *et al.*, 2012).

ancoragem de seus pressupostos. Primeiro, na crença de que a co-criação na governação local catalisa mudanças estruturantes no modo como o setor público aprecia o envolvimento dos cidadãos nas questões urbanas e, simultaneamente, no modo como os indivíduos e coletivos avaliam o potencial da sua participação e intervenção nas tomadas de decisão e no impacto. Segundo, na convicção de que a co-criação na produção do conhecimento altera a forma como os saberes e os conhecimentos são apreciados, reconhecidos, partilhados, apreendidos e relacionados. A seguir, procura-se descrever tais pressupostos no URBiNAT.

## 2. O processo de co-criação de Soluções baseadas na Natureza para uma regeneração urbana inclusiva

É importante situar o lugar estratégico da co-criação no URBiNAT por meio de três abordagens distintas e complementares. A primeira refere-se ao co-design de processos participativos, onde se desenvolve o ambiente adequado para a criatividade e inspiração no processo de cocriação e se estabelecem valores e visões partilhados na concepção de um propósito comum (MATEUS; SOFIA; LEONOR, 2018). A segunda está mais associada às oportunidades e aos desafios que resultam da implementação de processos co-criados e co-produzidos, como as mudanças nas relações de poder e o empoderamento e afinamento das ações às reais necessidades das pessoas (CAITANA, 2018). Finalmente, a terceira recai sobre as plataformas e ferramentas que dão suporte aos processos de co-criação, nomeadamente as de formato digital e a sua adequação aos públicos de audiência (ANDERSSON, 2018). Denominadas contemporaneamente como inovações digitais cívicas, têm vindo a contribuir na participação ativa dos cidadãos e são utilizadas como complementares nas relações entre as diferentes partes, não as substituindo. O projeto não se limita a estas três abordagens, como se verá a seguir, mas reconheceu nelas o seu ponto de partida.

Além da sua qualidade transversal, a cocriação traduz-se no URBiNAT pela diretiva do “envolvimento ativo” dos cidadãos e de comunidades nas várias etapas de co-diagnóstico, co-design, co-implementação, co-monitoramento e co-avaliação. A revisão sistemática da literatura de Vooberg, Bekkers, Tummers (2015) encontrou três tipos de envolvimento ativo: aquele em que os cidadãos são vistos como co-implementadores e é o tipo com maior número de casos estudados; aquele que considera os cidadãos como co-designers, participantes no momento de planeamento e desenho das soluções; e, finalmente, casos que colocam os cidadãos como iniciadores, o que, na prática, significa que os próprios cidadãos tomam iniciativa e as autoridades públicas apoiam ou os seguem na execução.





Foto 2. NBS de Participação, Cultural mapping, Porto, 2019.

Fonte: Carlos Alexandre da Silva Barradas para o CES/UC.



Foto 3. NBS Tecnológica, Superbarrio, Nantes, 2020.

Fonte: Mohamad El Atab para o Institut d'Arquitectura Avançada de Catalunya (IAAC).

Inúmeras experiências de regeneração de espaços urbanos são ilustrativas destes três tipos. Algumas não utilizam a designação co-criação, mas descrevem claramente práticas de envolvimento ativo. Outras ainda podem recorrer ao termo, mas se distanciar, em determinados aspectos, dos seus princípios. O caso da regeneração do centro histórico de Nápoles, na Itália, durante os anos 90, por iniciativa dos cidadãos, por exemplo, demonstrou as múltiplas dinâmicas



de mobilização política, em que os cidadãos assumem um papel ativo sobre os resultados no espaço urbano, indo além da sua condição de agentes de reivindicação na esfera pública para uma atuação direta na mudança espacial urbana (ROSSI, 2004). Em Portugal, após a revolução de 1974, o Estado cria o programa Serviço de Apoio Ambulatorio Local (SAAL), com o objetivo de dar “uma casa para todos”, quando as associações de moradores convidam os técnicos - arquitetos, sociólogos e engenheiros - a desenvolver, em colaboração, os projetos das suas habitações, por meio de um processo de participação intenso. Estas “brigadas” realizaram 169 operações, de norte a sul do país, entre 1974 e 1976 (BANDEIRINHA, 2007)<sup>11</sup>.

No Brasil, na capital baiana, Salvador, a experiência participativa de habitantes do bairro “social” Vila Verde sobre as decisões de urbanismo da comunidade revelou o quanto a promoção de ações coletivas se constituiu como um aprendizado de cidadania ativa (NUNES, 2002). Em outro caso brasileiro - que será melhor detalhado na seção 3 do presente artigo -, no projeto Jardim Pantanal, bairro periférico da Zona Leste da cidade de São Paulo, estiveram reunidos em torno dos mesmos objetivos universidades, entidades governamentais e não governamentais, confirmando o potencial de trabalho em rede de diferentes instituições.

Casos de mobilidade compartilhada, como o Mobike, na China (LAN *et al.*, 2017), também colocam os cidadãos como co-criadores, tendo em vista que utilizam seus repertórios culturais e de saberes para contribuir na sustentação destas modalidades de economia da partilha e de sustentabilidade socioambiental. Há, ainda, casos de co-produção de conhecimento entre pesquisadores e *practitioners* no planejamento e manejo de florestas urbanas, em que se reconhece as múltiplas formas de *expertise*, capacidades e caminhos para o saber, incluindo a possibilidade de emergir formas institucionais híbridas (CAMPBELL; SVENDSEN; ROMAN, 2016). Em todos estes casos, o conhecimento, a participação, as redes e as interações operam como agências para a co-criação, ainda que no interior desses processos se encontre desafios e constrangimentos das mais variadas ordens.

No URBiNAT, é evidente que todos os tipos de envolvimento são mobilizados, o que nos leva a concluir a existência de múltiplas formas de co-criação e co-produção nas diferentes cidades em que atua. No caso do Porto, os cidadãos começaram por refletir sobre a sua realidade, identificando as suas percepções, as suas histórias e os seus sonhos com base no seu conhecimento empírico do contexto local. A partilha deste conhecimento foi o alicerce para a construção de ideias e propostas, ou seja, das suas próprias NBS como resposta às necessidades do bairro como um todo e/ou soluções baseadas nas habilidades e competências que possuem. Rejeitaram, à partida, o conceito

---

11 O SAAL foi criado pelo arquitecto Nuno Portas, enquanto secretário de Estado da Habitação. O programa termina em 1976, com a passagem do SAAL para a tutela das autarquias.

de NBS, que teve de ser ressignificado a partir do repertório e da participação dos cidadãos. As ações envolveram um total de 18 propostas de iniciativas para o espaço urbano, elaboradas pelos cidadãos, ligadas a diferentes usos e práticas, tais como: atividades culturais ao ar livre, a exemplo do teatro social; a revitalização física de espaços educativos e associativos; a organização de aulas de yoga e bem-estar; e a ativação de um mercado solidário no âmbito da economia social e solidária, dentre outras. Na sua fase de desenvolvimento, dão origem a um grupo de “iniciadores” comprometido com o bairro, como parte da solução sobre os problemas que afetam o território. Este protagonismo assumido pela comunidade transformou o catálogo de NBS num elemento vivo, criticamente revisto e cuidadosamente aproximado do contexto local.

No caso de Nantes, no oeste da França, a existência de um gabinete dedicado à promoção da participação, contribuiu para que o projeto fortaleça práticas participativas já existentes e, deste modo, adicione valor ao fortalecimento do território. Em relação à implementação do projeto na capital da Bulgária, Sofia, um conjunto de instituições sociais locais tem contribuído com o seu conhecimento e a sua prática para dinamizar uma rede de soluções econômicas alternativas no bairro de Nadezhda. A estas soluções de proximidade com as unidades de habitação, somam-se outras apoiadas pelo município para valorizar os elementos naturais da cidade, como a água.

## 2.1. A co-governança de agendas, relações e poder

Destacados o lugar e os tipos de envolvimento ativo, na sequência, importa assinalar a forma como a co-criação tem sido operacionalizada, neste caso, por meio do engajamento de cidadãos na implementação de Soluções baseadas na Natureza (NBS) que, no seu conjunto, constituem “Corredores Saudáveis” implementados com recursos materiais e imateriais mobilizados na e pela comunidade. Mas, não só, o processo de co-criação é multissetorial e interrelacional, o que exige abertura para a introdução de mudanças numa perspectiva de co-governança do projeto, também gerando efeitos indiretos na governança urbana de um modo geral. Essa abertura fez com que o URBiNAT desenhasse abordagens paralelas ao sistema de governança vigente, procurando restabelecer relações de proximidade entre: os funcionários do município e políticos eleitos; os *stakeholders*, incluindo organizações e iniciativas informais; e os cidadãos organizados ou não organizados formalmente.

O modelo de co-governança<sup>12</sup>, em que desaparece a centralidade hierárquica para uma maior coordenação por meio da troca, permite resolver diferentes problemas sociais com variadas

12 Importa ressaltar que, ainda que *co-production*, *co-management*, *co-governance*, atuem num mesmo sistema de ação, são terminologias distintas que dizem respeito a arranjos e formas diferentes de intervenção.

respostas, como foi reconhecido nos estudos sobre governação urbana, de Elinor Ostrom (OSTROM, 1996), nos anos 70. A autora concluiu que boa parte dos serviços públicos eram providos por distintos atores, fossem eles públicos ou privados, individuais ou coletivos. Ou seja, por meio da coprodução nos sistemas de governação em rede, os desafios sociais eram enfrentados com recursos plurais, o que não seria possível se cidadãos e governo atuassem isoladamente (VERSCHUERE; BRANDSEN; PESTOFF, 2012). Essa parceria potencial entre quem fornecia e quem consumia, simultaneamente transformava positivamente os serviços e seus resultados. Essa cooperação pode ocorrer quer seja na elaboração das políticas, quer seja na participação dos cidadãos na prestação de serviços financiados com recursos públicos ou da própria comunidade.



Foto 4. Atividade nas escolas, Porto, 2019.

Fonte: Natália Frias Nunes para o CES/UC

A co-governação é, portanto, elemento essencial para a implementação dos objetivos preconizados nas NBS, por meio de intervenções em escala real que resultem de ações concertadas entre poder público local e membros das comunidades beneficiárias. Ainda que a

população não tenha o saber especializado dos agentes públicos e tampouco seja iniciada nos códigos e nas convenções técnicas habitualmente empregados nas representações de projetos, claro está que os usuários participantes têm o poder de garantir a continuidade do que foi criado coletivamente, considerando que eles podem manter uma agenda social que paute as ações de sucessivos governos.

Entretanto, as práticas adotadas pelos governos locais, com frequência, fazem uso de métodos de gestão tradicionais, os quais geram entraves aos processos de inovação social e tecnológica. Ou seja, a forma de produção e distribuição dos bens e serviços públicos, particularmente aqueles voltados ao uso e consumo das populações em situação de vulnerabilidade, pouco difere dos mecanismos convencionais de mercado.

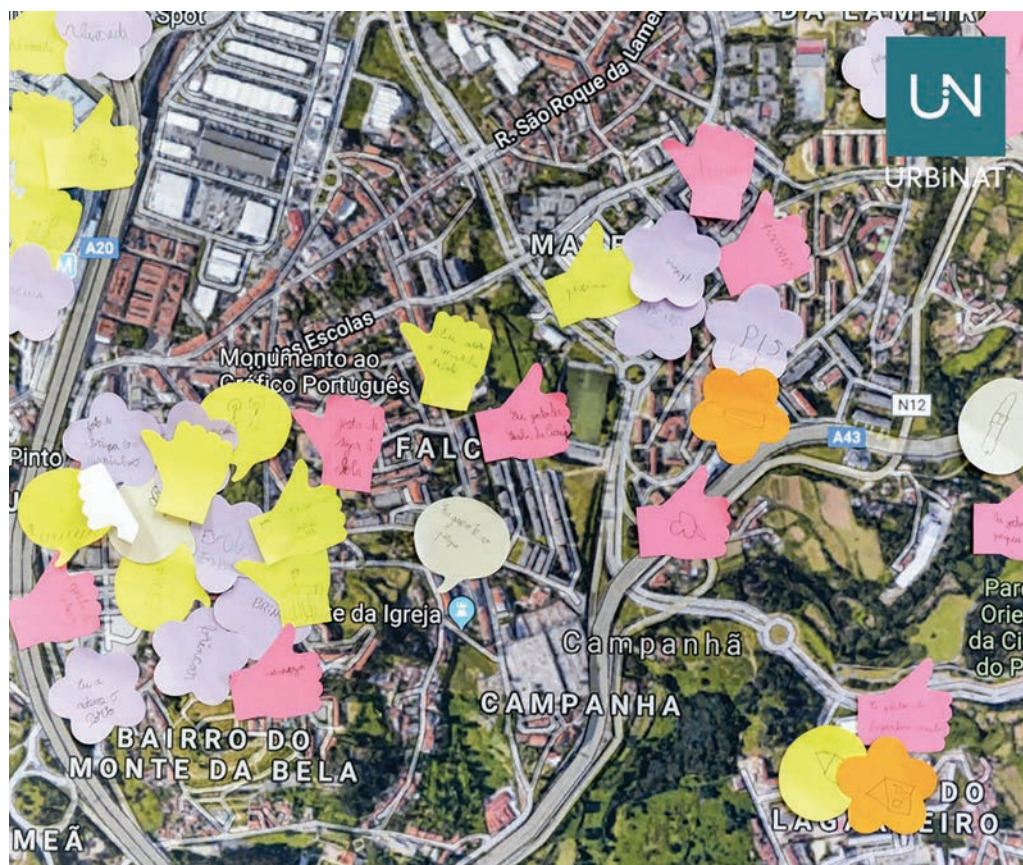


Foto 5. Atividade nas escolas, Porto, 2019.

Fonte: Carlos Alexandre da Silva Barradas para o CES/UC





**Foto 6.** Atividade de participação com técnicos do setor público, Porto, 2020.

**Fonte:** *Vitório Leite para CES\UC.*

Mas, quais pressupostos provenientes da co-criação sustentam a sua adoção na agenda da governação local? O fato dos cidadãos possuírem informações mais precisas sobre as suas necessidades e o fato destas serem cada vez mais heterogêneas, é o que possibilita políticas melhoradas; e o reconhecimento dos cidadãos com elevada capacidade de incidência política e agendas coletivas estruturadas. O compromisso prévio dos cidadãos com o espaço público e, desde logo, a existência de relações de confiança partilham de normas e recompensas. Aliás, os incentivos à participação (SANTOS, 2003b; GUERRA, 2006; SMITH, 2009) aparecem em boa parte da literatura como um fator influente também do lado das organizações (VOORBERG; BEKKERS; TUMMERS, 2015). Estas, por sua vez, aumentam a confiança na cocriação, na medida que entendem os seus benefícios para a política pública.

Em relação aos fatores influenciadores, as características pessoais dos cidadãos determinam, em grande medida, se eles estão dispostos a participar, embora devam ser consideradas atitudes individuais e a afetação do coletivo. O capital social é outro elemento constitutivo necessário à co-criação, pois fortalece os laços e as ações coletivas para o alcance de interesses comuns (VOORBERG; BEKKERS; TUMMERS, 2015). Ostrom (1996), na reflexão sobre a autorganização induzida pelas instituições, faz referência a elementos que integram atributos comunitários, como a reciprocidade, a reputação, o compartilhamento de valores e objetivos entre os membros, a heterogeneidade, o capital social, o repertório cultural e o tamanho do grupo.

E que fatores dificultam ou são entraves do processo? A atitude das autoridades políticas (VOORBERG; BEKKERS; TUMMERS, 2015) influenciam na extensão e nos resultados alcançados em sede de co-criação. A depender do grau do seu envolvimento e das equipes técnicas, os resultados serão distintos positiva ou negativamente. Os desafios deste processo estão mesmo associados a: resistência para não se perder o controle sobre os processos; culturas administrativas enraizadas na ideia de que os cidadãos não são confiáveis na condição de parceiros da ação (VOORBERG; BEKKERS; TUMMERS, 2015) e possuem comportamentos imprevisíveis; e na ideia de que a centralização é uma salvaguarda do interesse público, originando uma cultura política fortemente vertical (GUERRA, 2006). A ausência de relações de confiança interpessoal e interorganizacional (BELCHIOR, 2015) resulta no desligamento entre cidadãos e responsáveis pelas tomadas de decisão (SMITH, 2009; CABRAL *et al.*, 2008). Há, ainda, a noção de fracasso, por exemplo, quando os atores envolvidos numa parceria não possuem determinados recursos, como informação ou comunicação. Outros elementos a serem considerados nos processos de interação são as falhas resultantes do declínio do estado de bem-estar, que podem provocar frustração ou perda de recursos (JÄRVI; KÄHKÖNEN; TORVINEN, 2018) por parte dos cidadãos. Também levantam-se desafios sobre: o grau de comprometimento dos participantes nos processos com interesses gerais; a partilha desigual das responsabilidades de decisão; e, ainda, os riscos de manipulação e hegemonização no percurso por parte dos grupos mais poderosos (BOOHER, 2008; GUERRA, 2006, MARTINS, 2000).

A solução encontrada no projeto para colmatar e prevenir parte destes fatores foi justamente implementar o *Municipal Road Map*<sup>13</sup>, que, dentre outras coisas, determina mecanismos estratégicos para se assegurar a efetiva co-governança na implementação do Corredor Saudável. O roteiro incide sobre três componentes: i. o acompanhamento do passo a passo do processo de tomada de decisão, desde o recebimento das propostas desenvolvidas pelos e com os cidadãos até a entrega da solução; ii. a melhoria do nível de entendimento e compromisso entre os governos municipais, os cidadãos, as partes interessadas e os especialistas acadêmicos; e, por fim, iii. a criação de novas estruturas de governança para cocriação. Em relação à primeira, inclui, no percurso, a identificação de nós e dos desafios institucionais, técnicos, operacionais e políticos. Sugere a adoção de procedimentos para o monitoramento do fluxo de cada proposta, além de ações para desbloqueio por meio de força tarefa municipal. Sobre o nível de entendimento, o Roteiro Municipal reforça a organização dos vários atores para o entendimento comum a respeito dos compromissos com o processo de co-criação das soluções e dos corredores saudáveis, além de uma mais equilibrada distribuição dos papéis de liderança e comunicação pública. Na terceira componente, objetiva-se a constituição de comitê de coordenação formado

---

13 Roteiro elaborado no âmbito do trabalho de investigação doutoral, em desenvolvimento, de Isabel Ferreira (2019).

por cidadãos eleitos entre pares e levando-se em conta não apenas os “suspeitos do costume”<sup>14</sup>. O comitê tem foco no processo, nos marcos, na comunicação e nos resultados.

Este roteiro contribui para a melhoria da qualidade da participação como um meio e como um fim e foi elaborado para ser ajustado às necessidades, culturas e ambições de cada cidade. Não se constitui como uma solução completa aos conflitos, às tensões e aos constrangimentos que surgem ao longo do percurso. Entretanto, ao criar procedimentos claros a todas as partes envolvidas, salvaguarda o fortalecimento de estruturas que poderão fazer face a isto.

## 2.2. A co-produção na relação entre conhecimentos técnicos e não-técnicos

Sob outra perspectiva, a co-criação é também analisada no interior dos processos de produção do conhecimento, amplamente difundido no cotidiano das sociedades, transformado, reproduzido e aplicado nas mais variadas circunstâncias e nos objetos materiais e imateriais. Na esteira das mudanças paradigmáticas de revisão dos critérios de racionalidade e objetividade (SANTOS, 2003a), os sujeitos, as ciências sociais e as humanidades são colocados numa posição importante (ESCOBAR, 2006). O mesmo conhecimento é refletido no encontro entre técnicos, cientistas e cidadãos e as possibilidades de interconhecimento que daí emergem. Nessas interações, considera que não há separação entre os domínios da natureza, fatos, objetividade, razão e política, daqueles relacionados com a cultura, valores, subjetividade, emoção e política (JASANOFF, 2013). Ou seja, todo conhecimento científico e técnico é também social, cultural e político; histórico e socialmente situado<sup>15</sup>.

Por um lado, é neste viés que o URBiNAT parte da noção de que quanto mais amplos forem os espaços democráticos, menor serão as fronteiras entre saberes técnicos especializados e os conhecimentos não-técnicos ou leigos. Por outro lado, o projeto também reconhece os desafios da presença de relações desiguais cristalizadas em diferentes camadas sobre o território, como na representação atribuída aos bairros de habitação social, muitas vezes estigmatizante de uma condição desigual e vulnerável. Relações com essas características são tão enraizadas que exigem uma temporalidade além do próprio escopo do projeto.

---

14 Os “suspeitos do costume” são caracterizados como aqueles que participam comumente dos processos de tomadas de decisão na governação urbana, como, por exemplo, consultores, planejadores, organizações não governamentais (ONG), defensores do mercado, dentre outros (KAIKA, 2017).

15 A coprodução, entre outras questões, defende a não separação entre os sistemas técnicos e sociais e, portanto, os processos políticos são moldados por aspectos técnicos, da mesma forma que as definições técnicas são produzidas também por pressões e poderes sociopolíticos (JASANOFF, 2013).



Não obstante, o URBiNAT contribui num processo mais amplo de transformação do lugar dos cidadãos no domínio do conhecimento. Esta iniciativa ocorre a dois níveis: i. no compartilhamento de saberes, com base no diálogo entre cidadãos, políticos, técnicos e especialistas acadêmicos, para identificar os problemas e as fragilidades dos bairros e construir coletivamente o processo de regeneração por meio das NBS; e ii. na disseminação pública e replicação dos conhecimentos e produtos demonstrados no projeto por meio da inovação social e do potencial de casos em termos de benefícios sociais e ecológicos. Para tal, recorre ao acúmulo de conhecimento da economia social e solidária na co-produção de saberes; e a princípios como o da *Ecologia dos Saberes*, que parte da diversidade e globalização contra-hegemônica do conhecimento, assente na ideia de que não há epistemologias neutras. A *Ecologia de Saberes*, mais do que incidir sobre conhecimentos abstractos, o seu modelo ecológico o faz sobre as práticas de conhecimento e seus impactos (SANTOS, 2006).

Nestes processos de co-criação, encontros e interação de diferentes saberes e modos de fazer (científicos, técnicos e não-científicos) ocorrem, e deles emergem novos saberes, novas práticas, novos atores e redes co-produtoras de soluções. Mas, entre uma coisa e outra, uma variedade de complexidades é ativada. As formas como os saberes são intercambiados, reconhecidos e apropriados são plurais e amplamente distintas, a depender das lentes de reflexão utilizadas, por exemplo, a já conhecida dicotomia 'neutralidade *versus* parcialidade'. No URBiNAT, parte-se do entendimento de que o próprio conhecimento em si é parcialmente situado e da sua composição tão heterogênea derivam desigualdades. O projeto também toma como base a noção de incompletude e interconhecimento de Santos (2019), o qual afirma não haver saberes completos, mas complementaridades de uns com os outros. Assim, é preciso tanto promover uma maior participação dos cidadãos nas discussões sobre temas técnico-científicos das reivindicações urbanas como reivindicar aos cientistas e técnicos um conhecimento mais "atento das aspirações dos cidadãos, da história e das condições socioeconômicas e socioculturais dos contextos" (SANTOS, 2004), além de considerar as soluções produzidas pelos próprios cidadãos, como as chamadas tecnologias sociais.

De que modo esse conhecimento atento se materializa? Primeiro, promovendo um processo participativo que reconhece as especificidades socioculturais da inclusão social de crianças, adultos, idosos, mulheres, além da diversidade étnica e outras diferenças socioculturais. Segundo, impulsionando a cocriação de soluções para cidades, mas com colaboração dos atores envolvidos diretamente no território, dos governos locais e da academia, de setores com e sem fins lucrativos, de especialistas e agentes comunitários. Terceiro, por meio de respostas às barreiras e aos entraves para uma Ecologia de Saberes (SANTOS, 2006).

Um exemplo de prática, foi a escolha do espaço físico onde as NBS serão implementadas. O repertório de soluções tecnológicas, como a app Super Bairro, tem envolvido os cidadãos como

participantes, portanto, contribuidores do seu conhecimento co-produzido, na implementação local das NBS, fazendo ainda combinações de soluções que potenciam o seu impacto social e ambiental. Assim, a realização de *ateliers* e eventos públicos coloca, juntos, diferentes conhecimentos e atores, em práticas de interação intensa e movimentos de colaboração mútua, mas também de negociação, persuasão, próprios do processo de co-produção.

Por vezes, nesta colaboração, surgem também dificuldades de tradução, dos conceitos científicos para os usos. A rejeição ao conceito de NBS, no âmbito dos processos participativos, no caso do Porto, revelou o quanto a compreensão sobre o mesmo conceito pode ser muito distinta, nas diferentes cidades e para diferentes atores. Não significou, nesta localidade, a sua rejeição incondicional, mas a exigência de uma concepção mais alargada e mais inteligível do seu significado à realidade particular da comunidade.

### 2.3. A co-produção na relação entre técnicos, académicos e cidadãos

Finalmente, outro aspecto da co-produção também está na relação entre técnicos, académicos e cidadãos. Os projetos participativos implicam em processos que ultrapassam os limites habituais das competências profissionais, trazendo consigo a premissa democrática de ação coletiva de tomada de decisões, onde os indivíduos possam atuar nas resoluções de questões que os afetam (SANOFF, 2011). A leitura humanizada do espaço urbano e, em última instância, do *habitat* social, tampouco é uma habilidade especial de um saber profissional específico, capaz de interpretar as aspirações da sociedade, mas está fundamentada na percepção de que o “fazer cidade” consiste em um processo democrático e participativo, no qual os usuários jogam um papel central.

O grau de participação dos usuários, por sua vez, pode variar segundo os objetivos e as metodologias empregadas nos processos desenhados para esse fim, sobretudo quando são consideradas as especificidades de cada grupo social e sua cultura local, bem como seus repertórios e saberes.

Sherry Arnstein, em seu influente artigo *A Ladder Of Citizen Participation*, publicado em 1969, expunha suas críticas sobre a falta de participação da comunidade em diferentes fóruns de planejamento nos Estados Unidos (EUA). Suas preocupações, válidas até os dias de hoje, dão conta dos diferentes níveis de participação, dentro daquilo que a autora chamou de “escada da participação”. Esses níveis de participação da comunidade, afirma a autora, resultam de lutas sociais e políticas, às quais se seguem críticas sobre a maneira como os formuladores de políticas e planejadores lidam com a participação da comunidade. Arnstein chamou a atenção para a questão da divisão do poder, como uma necessidade crítica para o sucesso da participação da comunidade

no planejamento. Ou seja, é necessário que os cidadãos tenham a oportunidade de fazer parte da tomada de decisões, em todos os aspectos que afetam seu bem-estar (ARNSTEIN, 1969).

A chamada “escada de Arnstein” considera oito tipos de participação, divididas em três categorias: 1. Poder do cidadão: controle do cidadão, poder delegado, parceria; 2. *Tokenism*<sup>16</sup>: conciliação, consulta, informação; e 3. Não participação: terapia, manipulação. Arnstein define a participação cidadã como uma forma de redistribuição de poder, que permite aos cidadãos que não o têm, excluídos dos processos políticos e econômicos, serem deliberadamente incluídos no futuro<sup>17</sup>.

Analogamente, Pateman (PATEMAN, 1970 apud. TILL, 2005), ao se ocupar de ambientes de trabalho, reconhece três níveis de participação: 1. *Full Participation*, onde cada indivíduo de um colegiado tem o mesmo poder para determinar o resultado das decisões; 2. *Partial Participation*, quando não há isonomia na maneira como a decisão é tomada pelo grupo; e 3. *Pseudo-Participation*, caracterizada pelo uso de técnicas de persuasão para levar à aceitação de decisões já tomadas.

Till (TILL, 2005), a partir do trabalho de Pateman, afirma que, no caso de processos sociais envolvendo arquitetura, a participação plena - *Full Participation* -, ainda que ideal, seria impossível de ser alcançada. Para isso, Till argumenta que, na hipótese da participação plena neste tipo de atividade, cada parte precisaria estar em condições equivalentes, em termos de conhecimento, e deveriam existir canais transparentes de comunicação. O autor conclui que, na arquitetura, “o conhecimento especializado do arquiteto e o conhecimento tácito do usuário participante permanecem em níveis diferentes e os meios de comunicação estão comprometidos por códigos, convenções e autoridade”. Embora a participação parcial - *Partial Participation* - considere esse diferencial de poder, ainda pressupõe que o poder de decisão final reside na pessoa com mais conhecimento, neste caso, o arquiteto.

Apesar da visão bastante pragmática de Till sobre a participação social na arquitetura, o mesmo autor acredita que o seu objetivo é o empoderamento do usuário cidadão e não do especialista arquiteto. Ele também reconhece a necessidade de uma outra forma de participação, realista o suficiente para identificar os desequilíbrios de poder e conhecimento, mas que, ao mesmo tempo, trabalhe estes aspectos de modo a transformar as expectativas e o futuro dos participantes. O

---

16 O *tokenismo* é uma espécie de inclusão simbólica, a qual consiste em fazer concessões superficiais a grupos minoritários. Seu significado provém da palavra *token*, que significa “símbolo” em Inglês. O termo surgiu nos anos 1960, nos Estados Unidos, durante o período de forte luta pelos direitos civis dos afro-americanos. Martin Luther King foi o primeiro a utilizar o termo *tokenismo* em um artigo publicado em 1962. Fonte: FOLTER, 2020. Acesso em 10 mai. 20.

17 ARNSTEIN, Sherry R. Op. cit.

autor ainda chama a esse modelo de *transformative participation*, enfatizando seu caráter ativo, em oposição à natureza passiva de participação<sup>18</sup>.

Da mesma forma que Till, Arnstein pondera que o projeto participativo pode ser uma experiência vazia ou produzir um impacto efetivo no resultado do processo (ARNSTEIN, 1969). A rigor, como Till, a autora também admite a necessidade de se reconhecer diferentes níveis de participação, frente à falta de homogeneidade entre grupos envolvidos e aos seus interesses conflitantes.

### 3. Oportunidades na adequação, tradução e replicação ao contexto brasileiro

No contexto das Soluções baseadas na Natureza envolvendo comunidades, exploram-se, nesta seção, as possibilidades de diálogo que podem emergir da cooperação Europa-Brasil, sob a ótica das conexões a que faz referência Robinson (ROBINSON, 2017), inseridas entre as táticas sugeridas pela autora, com base em novas geografias e culturas, para a teorização do urbano no mundo globalizado.

O princípio da tradução de que fala Santos (2006) lança luzes sobre a inesgotável diversidade de experiências e práticas que há no mundo e, portanto, pouco sentido faz uma teoria geral para o captar. O trabalho de tradução se revelaria, então, como o procedimento que permite criar “inteligibilidade recíproca” entre as diferentes experiências norte e sul e no norte e no sul global. Esse trabalho de traduzir incide tanto sobre saberes como sobre práticas sociais e seus agentes. Não havendo lugar a experiências como totalidades ou partes homogêneas, as possibilidades de diálogo entre Brasil e Portugal exigem uma imaginação epistemológica com saberes suficientemente diversos, que não silencie, nem banalize ambos os países, sobretudo no contato e na interação.

Já é sabido o quanto as diferenças culturais, políticas, sociais estão presentes em qualquer contexto local ou global. Numa rede transcontinental, não é diferente. Assim, posto as premissas de alerta, cabe-nos reforçar as potencialidades nas relações de troca com o Brasil. O país é marcadamente reconhecido pela força social que o engajamento de seus cidadãos pode oferecer em termos de transformação. A sua redemocratização recente, combinada aos desafios socio-históricos dos resíduos de um passado colonial, dão relevo aos processos sociais participativos, dada a sua importância para a institucionalização de políticas públicas inovadoras. As experiências pioneiras

---

<sup>18</sup> Ibid.

de orçamento participativo, por exemplo, foram um de tantos exemplos de democracia e engajamento cívico. Nestes termos, práticas como a economia popular e solidária, alternativa ainda recente em países europeus, poderiam se beneficiar do acúmulo de experiências e saberes brasileiros. A capacidade inventiva de comunidades populares também adiciona à dimensão da cidadania um outro componente, o “bem-viver” marcado pela relação de equilíbrio com a natureza, e um bem-viver de relações profundas de solidariedade, reciprocidade e harmonia.

Distintas cidades e lugares, independentemente de sua localização, quer seja no hemisfério Norte quer seja no hemisfério Sul, podem oferecer oportunidades para se estabelecer conexões, por meio das quais é possível contribuir para globalizar uma teoria urbana. Ainda que a mesma autora refira-se a uma visão que chama de *urbanismo comparativo*, claro está que a comparação, neste caso, não se vincula a uma visão universalista, academicista e totalizadora, em busca de uma “teoria geral”, como classifica Santos (SANTOS, 2002), mas é consoante com a oportunidade - e sobretudo a urgência - de se estabelecer uma teoria fundamentada em um processo de tradução.

A identificação das conexões ou das convergências possíveis, que façam sentido e tornem viáveis os diálogos para a co-criação de Soluções baseadas na Natureza tomam como fundamento, portanto, a criação de um protocolo de comunicação entre realidades diversas, segundo aquilo que Boaventura de Sousa Santos convencionou chamar de processo de tradução “capaz de criar uma inteligibilidade mútua entre experiências possíveis e disponíveis”. É neste sentido que se entende a visão preconizada por Robinson (ROBINSON, 2017), quando defende a necessidade de uma nova teoria urbana adequada a tempos de globalização, na qual se permita estabelecer conexões improváveis até um tempo atrás, a partir de uma perspectiva dialógica real entre Norte e Sul.

Para tanto, torna-se indispensável reconhecer o mútuo interesse, o caráter cooperativo e a horizontalidade no diálogo e no intercâmbio de *saberes* desejados. É Santos também quem afirma que o trabalho de tradução tem lugar entre práticas sociais e seus agentes<sup>19</sup>.

Neste sentido, a categoria de análise adotada para introduzir um caso de estudo nesta seção do presente artigo, toma como base uma experiência prática vinculada à possibilidade de aplicação do conceito de Soluções baseadas na Natureza no contexto de uma ação voltada ao bairro periférico Jardim Pantanal, localizado na Zona Leste da cidade de São Paulo, Brasil. Essa abordagem apoia-se, duplamente, no sentido de criar *conexões* e gerar inteligibilidade recíproca entre formas de organização e objetivos de ação, a partir da sua *tradução*.

---

<sup>19</sup> Ibid.

Replicar o conceito de NBS em intervenções voltadas à melhoria das condições habitacionais e urbanas, em bairros periféricos de grandes metrópoles latino-americanas como São Paulo, afora as obras físicas propriamente ditas, requer uma especial atenção à promoção de ações visando ao desenvolvimento social das comunidades beneficiárias desse tipo de iniciativa. A concepção e a gestão de tais intervenções urbana, por sua vez, enfatizam um outro aspecto considerado central na aplicação do conceito de NBS: a participação direta dos moradores no processo, desde o seu início.

O projeto colaborativo “ZL Vórtice”, a ser implantado no bairro do Jardim Pantanal, localizado às margens do Rio Tietê, na região dos meandros que caracterizam parte significativa de seu trecho leste, na cidade de São Paulo, consiste em um sistema integrado de manejo e tratamento de água, e requalificação urbana e ambiental. Atualmente, vivem no Jardim Pantanal cerca de 6,5 mil famílias, em um bairro inserido em área de proteção ambiental, às margens do Rio Tietê. Apenas uma pequena parte da região é urbanizada, com a maioria das famílias vivendo em moradias precárias e em condições insalubres.

A funcionalidade hidrológica do Rio Tietê na região - fortemente afetada por grandes obras de infraestrutura ali executadas e pela ocupação desordenada de suas margens por assentamentos humanos precários - levou à constituição de uma rede de parceiros e colaboradores, que permitisse desenvolver e propor soluções inovadoras para as áreas críticas da chamada Várzea do Tietê, considerando-se, inclusive, as políticas públicas preexistentes.

Laboratórios de pesquisa vinculados a instituições de ensino superior públicas brasileiras, como a Universidade de São Paulo (USP), a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), além de instituições acadêmicas estrangeiras, como o Politecnico di Milano (Itália) e a Universidade de Harvard (EUA), somaram-se à Associação dos Moradores do Jardim Pantanal (Amojap) para o desenvolvimento do projeto. A interação inicial foi fundamentada na relação de parceria estabelecida entre as universidades e a Amojap, esta última responsável pela condução das expedições em campo, nas quais são indicados os pontos críticos e de maior relevância para a comunidade. Desde 2016, vêm se intensificando as ações no local, com a realização de *workshops* e ensaios para validação das soluções construtivas desenvolvidas, tanto para infraestrutura como para habitação, além de várias oficinas promovidas com os moradores, que tomam parte na elaboração e no desenvolvimento das soluções tecnológicas propostas.

A aliança entre as universidades participantes e a Amojap, para além das atividades diretamente vinculadas ao projeto, vem tornando possível também a construção de agendas e relações com as esferas políticas que atuam sobre aquele território, tanto no contexto local como estadual, uma vez que a gestão de recursos hídricos está afeta a este último. O projeto propõe modos

sustentáveis de urbanização, com inovação tecnológica e inclusão econômica e social, no que dialogam em profundidade com os princípios que norteiam as Soluções baseadas na Natureza.

Por fim, ao considerar as melhorias das condições ambientais, habitacionais e urbanas no Jardim Pantanal, ratifica-se aqui o princípio de que as intervenções físicas a serem implementadas em assentamentos urbanos precários devam, necessariamente, contemplar o desenvolvimento social das comunidades a que se destinam, pelo que as tecnologias a serem desenvolvidas e aplicadas neste âmbito devem possuir um caráter inovador, capaz de potencializar as capacidades preexistentes entre seus moradores, segundo contextos claramente definidos nas escalas reais de intervenção. As premissas, para tanto, seriam: a existência de uma comunidade organizada que possa se tornar beneficiária do projeto, no que diz respeito ao caráter empreendedor da iniciativa; a produção social do *habitat* como fundamento conceitual e *modus operandi*; a disponibilidade de um modelo tecnológico a ser apresentado aos beneficiários, em um primeiro momento, mas passível de aprimoramentos e alterações resultantes das dinâmicas participativas que constituem a proposta.

## Considerações

A noção de cidadãos como co-criadores e participantes ativos para abordar problemas sociais complexos no processo de regeneração urbana inclusiva reconhece o potencial que o seu envolvimento traz na solução para as comunidades. O seu engajamento cria consciência social e predisposição para a mudança de hábitos e práticas internas e externas à comunidade. Externas, na mudança no modo como os setores público e social desenham e implementam políticas e ações. Internas, nas relações de solidariedade que se fortalecem pelo protagonismo e pela confiança interpessoal ampliados.

A co-criação é o imperativo mais atual da participação dos cidadãos, dos usuários finais, dos indivíduos ou de grupos, na produção de serviços públicos, nas tomadas de decisão, na criação de valor e no desenvolvimento de ciência e tecnologia, respetivamente. Um caminho promissor que, mesmo dando lugar a retrocessos conjunturais, alimenta sempre avanços no aprofundamento das práticas democráticas e de cultura de participação. Por outro lado, a sua concretização implica desafios de variadas ordens. A começar pela ausência de confiança entre os diferentes atores, bastante comum, considerando que o seu fortalecimento depende de um processo mais longo de construção. Outro obstáculo refere-se à relação de interconhecimento, que mesmo com toda a discussão em torno da produção em rede, ainda vigora com práticas e quadros de referência que definem os critérios de avaliação do conhecimento útil e conhecimento



descartável (SANTOS, 2006). Um terceiro desafio a ser considerado é o fato de que os recursos e a operacionalização das intenções para uma justiça cognitiva e uma Ecologia de Saberes ainda merecem experimentações e adaptações várias.

Ao se analisar o contexto de co-criação de Soluções baseadas na Natureza no Projeto URBiNAT, envolvendo ativamente cidadãos e comunidades, procurou-se enfatizar as oportunidades de diálogo. Entende-se que, no caso brasileiro, questões como a regeneração urbana, a habitabilidade e a sustentabilidade do espaço urbano e social sejam talvez os maiores desafios a se superar. Face aos desafios ainda persistentes no desenho de soluções apropriadas à população em situação vulnerável, reafirma-se aqui a importância de se pensar alternativas para promover melhorias na qualidade de vida nas grandes cidades brasileiras. Tais mudanças poderiam ser planejadas por meio da participação e da co-criação fomentada a partir de ações de inclusão, que visem à ativação da cidadania e à criação de soluções resultantes das necessidades, ambições e particularidades de cada local.

Quando aplicadas ao contexto da regeneração urbana, a co-criação ao lado da co-governança desafiam o fato de que os espaços urbanos são compostos por sistemas sociais carregados de aspectos culturais, políticos, sociais e econômicos de quem neles se move. E tais aspectos interagem diretamente com os sistemas ambientais. Capturar essa interligação que tem lugar nas redes sociais de vizinhança, muitas vezes invisíveis na governação, traz consigo uma reflexão sobre o papel que os poderes locais podem desempenhar ao fazer uso dos conceitos pertinentes às Soluções baseadas na Natureza como ferramentas de diálogo.

As estratégias baseadas na ação conjunta do Estado e da população, particularmente entre os moradores de bairros urbanos cujas localizações são precárias, adversas e mal atendidas pelos serviços públicos, tal como ocorre em muitas comunidades brasileiras, requerem soluções criativas onde os padrões admissíveis para a chamada “cidade legal”, por vezes, inibem o desenvolvimento e a aplicação de soluções inovadoras para melhorias habitacionais e urbanas.

Por sua vez, ao recorrer à cocriação como prática dirigida ao equacionamento das necessidades coletivas, em contraposição aos bens e serviços habitualmente oferecidos aos cidadãos, o processo de tomada de decisões que se opera no âmbito da co-governança busca respostas às questões do “o quê”, “para quem” e “como”, que correspondem às reais necessidades da população a ser atendida.

Por fim, acredita-se que o fundamental seja sempre garantir que as intervenções a serem propostas busquem estabelecer um diálogo com a cidade e sua população, de modo a promover uma forma interativa de gestão e construção da cidade, integrando particularmente as populações

marginalizadas na discussão de propostas concretas para melhoria da vida urbana, suporte material do espaço urbano, constituído pelo conjunto de bens e serviços que vai muito além da moradia. Não há soluções prontas, nem receitas fáceis para temas complexos como aqueles aqui apresentados. As práticas não são diretamente replicáveis, mas ajustadas aos contornos dos contextos de destino. Assim, a identificação de pontos de convergência fortalece as práticas de conhecimento ausentes e o encontro intercontinental poderá contribuir na sua visibilidade.

## Referências

ANDERSSON, I. **Handbook on the theoretical and methodological foundations of the project**. Coimbra, Portugal: [s.n.]. Disponível em: <https://urbinat.eu/resources/>

ANDRÉ, I.; ABREU, A. Dimensões e espaços da inovação social. **Finisterra**, v. 41, n.81, 2006. <https://doi.org/10.18055/Finis1465>

ARNSTEIN, Sherry R. A Ladder of citizen participation. **Journal of the American Planning Association**, v. 35, n. 4, p. 216 - 224, 1969. <http://DOI: 10.1080 / 01944366908977225>

BANDEIRINHA, J.A. **O Processo SAAL e a arquitectura no 25 de Abril de 1974**. 1 ed. Coimbra: Imprensa Universidade de Coimbra, 2007. 453 p. <https://doi.org/10.14195/978-989-26-1265-2>

BELCHIOR, A.M. **Confiança nas instituições políticas**. Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2015. Disponível em: <https://www.ffms.pt/publicacoes/detalhe/1008/confianca-nas-instituicoes-politicas>

BOOHER, D. Civic engagement and the quality of urban places. **Planning Theory and Practice**, v. 9, n. 3, 2008.

BOVAIRD, T. Beyond engagement and participation: user and community coproduction of public services. **Public Administration Review**, v.67,n.5,p.846-860,set.2007.<https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2007.00773.x>

CABRAL, M.V.; SILVA, F.C.; SARAIVA, T. **Cidade e cidadania. governança urbana e participação cidadã em perspectiva comparada**. Lisboa: ICS. Imprensa de Ciências Sociais. 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/22599>

CAITANA, B. **Handbook on the theoretical and methodological foundations of the project**. Coimbra, Portugal: [s.n.]. Disponível em: <https://urbinat.eu/resources/>

CAMPBELL, Lindsay K.; SVENDSEN, Erika S.; ROMAN, Lara A. Knowledge co-production at the research-practice interface: embedded case studies from urban forestry. **Environmental Management**. v. 57, n. 6, p. 1262-1280. 2016. <http://doi.org/10.1007/s00267-016-0680-8>

CARAYANNIS, Elias; BARTH, Thorsten; Campbell, David. The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation. **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, v.1, n.1, p.2, 2012a. <https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2>

CARAYANNIS, E.G.; CAMPBELL, D.F.J. **Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems: 21st-century democracy, innovation, and entrepreneurship for development**. New York; London: Springer, 2012b. 63 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2062-0>

ESCOBAR, A. Actores, redes e novos produtores de conhecimento: os movimentos sociais e a transição paradigmática nas ciências. In: DE SOUSA SANTOS, B. (Org.) **Conhecimento prudente para uma vida decente: um discurso sobre as ciências, revisitado**. São Paulo: Cortez, 2006. p.639-666.

EUROPEAN UNION – EU. Directorate-General for Research and Innovation. **Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities**. Final report of the Horizon 2020 expert group on 'Nature-based solutions and re-naturing cities. Brussels: 2015. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202>

FERREIRA, I. The role of participation for an active citizenship. **Handbook on the theoretical and methodological foundations of the project**. Coimbra, Portugal: [s.n.]. Disponível em: <https://urbinat.eu/resources/>

FOLTER, Regiane. **O que é tokenismo?** politize! 14 jan. 2020. Disponível em: <https://www.politize.com.br/tokenismo/>

GUERRA, I. C. **Participação e ação coletiva**. Interesses, conflitos e consensos. Estoril: Principia Editora, 2006. 176 p. ISBN: 9789728818753

HIPPEL, E. von. **Democratizing Innovation**. London, England: The MIT Press, 2005. 220 p. Disponível em: <https://web.mit.edu/evhippel/www/books/DI/DemocrInn.pdf>

JÄRVI, H.; KÄHKÖNEN, A.-K.; TORVINEN, H. When value co-creation fails: Reasons that lead to value co-destruction. **Scandinavian Journal of Management**, v. 34, n. 1, p. 63–77, mar. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2018.01.002>

JASANOFF, S. **States of knowledge**: the co-production of science and the social order. Hoboken: Taylor and Francis, 2013. 336 p. <https://doi.org/10.4324/9780203413845>

KAIKA, M. Don't call me resilient again!: The new urban agenda as immunology ... or ... what happens when communities refuse to be vaccinated with 'smart cities' and indicators. **Environment and Urbanization**, v. 29, n. 1, abr. 2017. p. 89–102. <https://doi.org/10.1177/0956247816684763>.

LAN, J. *et al.* Enabling value co-creation in the sharing economy: The Case of mobike. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1504, 24 ago. 2017. <https://doi.org/10.3390/su9091504>

LEYDESDORFF, L. The Triple helix - -university-industry-government relations: A Laboratory for knowledge based economic development. **EASST Review**, v. 14, p. 14–19, 1 jan. 1995.

MARTINS, M. Uma catarsis no conceito de cidadania: do cidadão cliente à cidadania como valor ético-político. **Revista de Ética**, Campinas-SP. v. 2, n. 2, p.106-118, jul-dez 2000.

MATEUS, A.; SOFIA, M.; LEONOR, S. **Handbook on the theoretical and methodological foundations of the project**: Deliverable. Coimbra, Portugal: [s.n.]. Disponível em: <https://urbinat.eu/resources/>

NUNES, D. **Pedagogia da participação: trabalhando com comunidades**. Salvador: UNESCO : Quarteto Editora, 2006. Disponível em: [https://cirandas.net/articles/0028/2912/pedagogia\\_da\\_participacao.pdf](https://cirandas.net/articles/0028/2912/pedagogia_da_participacao.pdf)

OSTROM, E. Crossing the great divide: Coproduction, synergy, and development. **World Development**, v. 24, n. 6, p. 1073–1087, jun. 1996. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(96\)00023-X](https://doi.org/10.1016/0305-750X(96)00023-X)

PATEMAN, C. **Participation and democratic theory**. Cambridge University Press, 1970.

PESTOFF, V. Co-Produção, nova governança pública e serviços sociais no Terceiro Setor na Europa. **Ciências Sociais Unisinos**, v. 47, n. 1, p. 15–24, 24 maio 2011. Disponível em: [http://revistas.unisinos.br/index.php/ciencias\\_sociais/article/view/1041](http://revistas.unisinos.br/index.php/ciencias_sociais/article/view/1041)

PESTOFF, V.A.; BRANDSEN, T.; VERSCHUERER, B. (EDS.). **New public governance, the third sector and co-production**. First issued in paperback ed. New York London: Routledge, 2015. 424 p. <https://doi.org/10.4324/9780203152294>

PROJETO URBiNAT. **Natureza urbana inovadora e inclusiva (2018-2023)**. Programa de pesquisa e inovação Horizonte 2020. Brussels: Comissão Europeia. Disponível em: <https://urbinat.eu/>

ROBINSON, J. Starting from anywhere, making connections: globalizing urban theory. **Eurasian Geography and Economics**, v. 57, n. 4-5, p. 643-657. 2017. <https://doi.org/10.1080/15387216.2016.1271617>

ROSSI, U. The Multiplex City: The process of urban change in the historic centre of Naples. **European Urban and Regional Studies**, v. 11, n. 2, p. 156–169, abr. 2004. <https://doi.org/10.1177/0969776404041421>

SALM, J.F.; MENEGASSO, M.E. Os modelos de administração pública como estratégias complementares para a coprodução do bem público. **Revista de Ciências da Administração**, v. 11, n. 25, p. 83–104, set.-dez., 2009. <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2009v11n25p83>.

SANOFF, H. Multiple views of participatory design. **Focus**, v. 8, n. 1, Article 7, 2011. <https://doi.org/10.15368/focus.2011v8n1.1>

SANTOS, B. **Democratizar a democracia**. Os caminhos da democracia participativa. Coleção Reinventar a Emancipação Social: Para Novos. Porto: Afrontamento, 2003b. 341 p. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/80203/1/Democratizar%20a%20democracia.pdf>

SANTOS, B.S.; NUNES, J.A.; MENESES, M.P. Para ampliar o cânone da ciência: a diversidade epistemológica do mundo. In: SANTOS, Boaventura de Sousa (org.), **Semear outras soluções**. Os caminhos da biodiversidade e dos conhecimentos rivais, Porto: Edições Afrontamento. 2004. 123 p. Disponível em: <https://www.ces.uc.pt/publicacoes/res/pdfs/IntrodBioPort.pdf>

SANTOS, B. de S. **O fim do império cognitivo: a afirmação das epistemologias do sul**. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Clacso, 2019. Disponível em: [http://www.boaventuradesousasantos.pt/media/Antologia\\_Boaventura\\_PT1.pdf](http://www.boaventuradesousasantos.pt/media/Antologia_Boaventura_PT1.pdf)

SANTOS, B. de S. Para uma sociologia das ausências e uma sociologia das emergências. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 63, out. 2002, p. 237-280. Disponível em: [http://www.boaventuradesousasantos.pt/media/pdfs/Sociologia\\_das\\_ausencias\\_RCCS63.PDF](http://www.boaventuradesousasantos.pt/media/pdfs/Sociologia_das_ausencias_RCCS63.PDF)

SANTOS, B. de S. **Para um novo senso comum: a ciência, o direito e a política na transição paradigmática**. Lisboa: Edições Afrontamento, 2006. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/590681/mod\\_resource/content/1/Boaventura%20S%20Santos.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/590681/mod_resource/content/1/Boaventura%20S%20Santos.pdf)

SANTOS, B. DE S. **Um Discurso sobre as ciências**. Porto: Afrontamento, 2003a. 91 p. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1979672/mod\\_resource/content/1/SANTOS%20Um%20discurso%20sobre%20as%20ci%C3%Aancias\\_LIVRO.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1979672/mod_resource/content/1/SANTOS%20Um%20discurso%20sobre%20as%20ci%C3%Aancias_LIVRO.pdf)

SMITH, G. **Democratic innovations**. Designing institutions for citizen participation. Cambridge University Press, Cambridge, 2009. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511609848>

TILL, J. The Negotiation of hope. *In*: JONES, Peter Blundell; Petrescu, Doina; Till, Jeremy eds. **Architecture and participation**. London: Routledge, 2005, 25-44. Disponível em: [https://jeremytill.s3.amazonaws.com/uploads/post/attachment/19/2005\\_The\\_Negotiation\\_of\\_Hope.pdf](https://jeremytill.s3.amazonaws.com/uploads/post/attachment/19/2005_The_Negotiation_of_Hope.pdf)

UN-HABITAT. United Nations Human Settlements Programme. **International Guidelines on Urban and Territorial Planning**. Nairobi: 2015. 40 p. Disponível em: [https://www.uclg.org/sites/default/files/ig-utp\\_english.pdf](https://www.uclg.org/sites/default/files/ig-utp_english.pdf)

VERSCHUERE, B.; BRANDSEN, T.; PESTOFF, V. Co-production: The state of the art in research and the future agenda. **VOLUNTAS: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations**, v. 23, n. 4, p. 1083–1101, dez. 2012. <https://doi.org/10.1007/s11266-012-9307-8>

VOORBERG, W.H.; BEKKERS, V.J.J.M.; TUMMERS, L.G. A Systematic review of co-creation and co-production: Embarking on the social innovation journey. **Public Management Review**, v. 17, n. 9, p. 1333–1357, 21 out. 2015. <https://doi.org/10.1080/14719037.2014.930505>

# Desenhando cidades com Soluções baseadas na Natureza

Alejandra Maria Devecchi<sup>1</sup>, Alyne Cetrangolo Chirmici<sup>2</sup>, Cristina Simonetti<sup>3</sup>, Thiago Bezerra Corrêa<sup>4</sup>

## Resumo

O presente artigo expõe uma reflexão a respeito das Soluções baseadas na Natureza (SbN) na atual conjuntura e aponta oportunidades no contexto metropolitano para mudanças relacionadas ao tema. Discute, ainda, o surgimento da pandemia de Covid-19 e o apresenta como desequilíbrio da espécie, marcando um cenário possível de ponto de mutação. Do ponto de vista de Capra (1982), há uma crise de percepção da realidade que impera desde o final do século 18. A região metropolitana de São Paulo é apresentada como local de oportunidade para a implementação de

## Abstract

*This paper discusses nature-based solutions (NBS) in the current context and indicates opportunities in metropolitan context for change. It discusses the emergence of the pandemic Covid-19 and presents it as an imbalance of the species, a possible scenario of a turning point. According to Capra (1982), there is a crisis of reality perception that has prevailed since the late of 18th century. The metropolitan region of São Paulo is presented as a place of opportunity for the implementation of NBS due to the environmental characteristics of its site, with a large profusion of water resources and serious water management*

- 1 Arquiteta urbanista, com doutorado em planejamento urbano pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAU-USP) em 2010, mestrado em planejamento do desenvolvimento urbano pela *University College London* (UCL) e especialização em política habitacional pelo *Institute of Housing Studies*, Rotterdam. Gerente de Planejamento Urbano da Ramboll Brasil em São Paulo (SP).
- 2 Bióloga pelo Centro de Ciências Humanas e Biológicas da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e engenheira ambiental pela Faculdade de Engenharia Engenheiro Celso Daniel (Faeng) do Centro Universitário Fundação Santo André. Consultora Ambiental da Ramboll Brasil.
- 3 Bióloga pela Faculdade de Ciências Exatas e Experimentais (FCEE) da Universidade Presbiteriana Mackenzie, mestre em Geologia pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (USP) e doutora em Ecologia pelo Instituto de Biociências da USP. Gerente de Avaliação de Impactos da Ramboll Brasil (São Paulo, SP).
- 4 Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e mestre em Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Consultor Ambiental da Ramboll Brasil.



SbN, em razão das características ambientais do seu sítio com grande profusão de recursos hídricos e graves problemas de gestão de suas águas. Essa reflexão aponta que o sucesso das SbN depende de um planejamento urbano que crie sinergias entre as soluções apresentadas.

**Palavras-chave:** Soluções baseadas na Natureza. Gerenciamento de água. Ecossistema urbano. Região metropolitana de São Paulo.

*problems. This reflection points out that the success of NBS depends on urban planning that creates synergies between the solutions presented.*

**Keywords:** *Nature based Solutions. Water management. Urban ecosystem. Metropolitan Region of São Paulo.*

## Introdução

Soluções baseadas na Natureza (SbN) têm entre seus objetos os problemas relacionados com o manejo das águas em áreas urbanas, reconhecendo a natureza e seus processos, essencialmente o ciclo d'água, como elementos fundamentais na construção do aglomerado urbano e, do mesmo modo, substituindo as intervenções humanas poluidoras ou ambientalmente agressivas por práticas ecológicas, inspiradas em ecossistemas saudáveis. Entre outros exemplos de SbN, podem ser citados: arborização urbana; manutenção de planícies aluviais e traçados fluviais originais; sistema de áreas verdes vinculados a paisagens com água; infraestruturas verde e azul; e paredes e telhados verdes.

Segundo Cohen-Shacham *et al.* (2016), as SbN são um conceito guarda-chuva, edificado em princípios que abrangem abordagens práticas, de domínio científico e do contexto político. As SbN ainda:

- i. englobam normas de conservação da natureza (e princípios);
- ii. podem ser implementadas sozinhas ou de maneira integrada com outras soluções para desafios da sociedade (por exemplo, soluções tecnológicas e de engenharia);
- iii. são determinadas por contextos naturais e culturais específicos de cada lugar e que incluem conhecimento tradicional, local e científico;

- iv. trazem benefícios à sociedade de forma justa e igualitária, de maneira a promover transparência e ampla participação;
- v. mantêm a diversidade biológica e cultural e a capacidade dos ecossistemas evoluírem ao longo do tempo;
- vi. são aplicadas em escala paisagística;
- vii. reconhecem e endereçam os custos-benefícios (*trade-offs*) entre ganhos econômicos imediatos e soluções com resultados futuros, para a geração de uma gama de serviços ecossistêmicos;
- viii. são parte integrante do desenvolvimento de políticas e medidas ou ações que endereçam a desafios específicos.

De fato, conforme Herzog & Antuña-Rozado (2019), as SbN podem ser adotadas em várias escalas, desde projetos-pilotos pontuais a intervenções em escala de bairros ou estruturantes, que alcancem, pelo menos, o território do município.

Este artigo discute a aplicação das SbN em grandes aglomerações urbanas, usando como contexto a amplamente debatida Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), que sofre com os conflitos impostos por soluções urbanas agressivas ao meio ambiente. As SbN vão além dos seus benefícios intrínsecos, práticos e diretos e têm cada vez mais espaço nos debates de prefeituras e governos estaduais sobre gestão de águas em áreas urbanas.

## As Soluções baseadas na Natureza e a região metropolitana de São Paulo

A perspectiva de adoção dessas soluções em escala intermunicipal, sobretudo nos centros urbanos, ganha força num momento em que a sociedade urbana capitalista questiona suas formas de organização e sua inserção nos ecossistemas, provocada pela pandemia de Covid-19. Nos primeiros meses do ano de 2020, muito tem se debatido sobre os desequilíbrios presentes no ecossistema urbano, conceito apresentado por Wolman (1965). A pandemia de Covid-19 iluminou questionamentos antigos e reiterados sobre soluções urbanas pautadas em

intervenções drásticas na natureza, como retificações e canalizações de cursos d'água, grandes movimentos de terra com alteração da morfologia natural dos terrenos, além de corte de árvores e de florestas.

Por outro lado, nos últimos anos, as regiões metropolitanas brasileiras têm sido atingidas, com frequência, por desastres provocados por processos naturais desencadeados e intensificados pela ocupação inadequada, como deslizamentos de encostas, inundações e enxurradas, com perda de vidas, antecipando a urgência de mudanças radicais.

Em um exemplo recente, a estruturação da RMSP, maior metrópole da América Latina e centro econômico do País, no temporal de 10 de fevereiro de 2020, foi colocada à prova, com transbordamentos dos rios Pinheiros e Tietê. Além dos alagamentos serem um processo natural, já que parte considerável da metrópole se insere em amplas planícies de inundação, a alteração do regime pluvial e a concentração das chuvas em poucos eventos ao longo do ano são uma realidade (NOBRE *et al.*, 2010), apontando oportunidades de mudança, por meio da revisão dos modelos tradicionais de infraestrutura de gestão de águas urbanas e da introdução de sistemas que permitam conviver com a água. Os dois grandes rios são o nível de base local e recebem parte considerável de toda a macrodrenagem da região metropolitana, com exceção das águas da bacia hidrográfica do ribeirão Perú, que correm para o norte.

Na atualidade, uma questão fundamental em infraestrutura é a de “incorporar” o ciclo d'água no território urbano, permitindo que as águas infiltrem nos terrenos e evaporem na mesma área. Criar espaços com essa função no tecido urbano é essencial para equacionar a transição para as SbN, que conjugam o gerenciamento das águas com paisagismo, integrando o ambiente urbano ao ciclo d'água, por meio do aumento das áreas de infiltração e evapotranspiração. As SbN constituem também uma saída para os problemas crescentes de poluição difusa e de drenagem nas regiões metropolitanas. Por exemplo, a criação de parques e áreas verdes, além de menos dispendiosa que a construção de piscinões, é constantemente citada como instrumento de melhoria da qualidade de vida da população urbana e fundamental para a atenuação dos impactos causados pela urbanização ao ambiente (LOBODA; ANGELIS, 2005; LIMA; AMORIM, 2006). Quando criados em áreas ribeirinhas ou associados a lagos, os parques, sobretudo os que preservam vegetação arbórea, conferem à área, no mínimo, o mesmo benefício de um piscinão, mas sem causar os diversos problemas da estrutura construída.

No Brasil, ainda há muita resistência em utilizar esse tipo de solução. Há uma tradição na engenharia que se perpetua no ensino e nos encaminhamentos dados pelos órgãos governamentais, no uso de soluções estruturais de drenagem. As Soluções baseadas na Natureza são uma oportunidade para a implementação de uma mudança de paradigma na gestão de águas urbanas.

## A espécie humana é parte do sistema

O nome do processo ecológico que está subjugando a espécie humana, em especial as populações numerosas e densas (e pouco saudáveis) de *Homo sapiens*, é parasitismo, uma interação entre espécies, na qual uma delas, a hospedeira ou parasita, usa temporária ou permanentemente recursos da hospedeira, prejudicando-a.

A interação é entre as *populações* do parasita e do hospedeiro e depende de numerosos fatores, particularmente complexos no caso da espécie humana. A resistência dos indivíduos ao parasita varia na população e aqueles mais vulneráveis, sejam quais forem os motivos, são os mais severamente afetados. É assim, de forma simplista e generalizada, que atuam os mecanismos de “controle biológico das populações” que não crescem indefinidamente. Sem entrar na complexidade do tema, muito estudado nas ciências biológicas<sup>5</sup>, a densidade da população de hospedeiros é um fator relevante na dinâmica da população dos parasitas.

No caso de parasitas com alto potencial de dispersão pelo hospedeiro (*i.e.* muito contagiosos), como o novo coronavírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave 2 (SARS-CoV-2), a agregação dos indivíduos é outro fator fundamental: populações densas e agregadas de hospedeiros dispersam melhor os parasitas. Cidades densamente e mal ocupadas são mais propensas à proliferação do parasita. E a circulação maciça de hospedeiros pelo planeta, por milhares de quilômetros, é uma oportunidade para que o parasita alcance e afete outras populações, igualmente densas e inadequadamente agregadas.

Por quanto tempo uma população pode crescer sem qualquer tipo de controle? Há muito superamos os controles, mesmo os biológicos, ampliamos muito nossa capacidade de sobrevivência, ocupando espaços, alterando formas e processos do relevo, usando recursos e deixando resíduos em praticamente todo o planeta, desde as regiões mais profundas dos oceanos a muito além da biosfera. Desconsideramos limites e nos tornamos vulneráveis. Criamos condições para o que estamos vivendo. Essa é a dinâmica do sistema. Assim, a pandemia segue em direção a um novo equilíbrio, que é sempre dinâmico. Mas é também uma oportunidade de percebermos que somos parte (recente) do sistema. É hora de reconsiderar o sistema e respeitar sua dinâmica e seus limites.

A pandemia de Covid-19 vem alterando a relação da sociedade com o ambiente urbano e tornando patente nossa condição de hospedeiros. No Brasil, o primeiro caso confirmado é de um homem de 61 anos que desembarcou no Aeroporto Internacional de Guarulhos, em

---

5 Ainda que levantado por um economista, Thomas Malthus, do início do século 19.

21 de fevereiro de 2020 (RODRIGUEZ-MORALES *et al.*, 2020). Conforme noticiado pelo Le Monde (2020), apenas dois meses foram suficientes para a pandemia atingir todos os Estados da Federação e levar a maior parte dos sistemas de saúde quase à saturação. Como esperado, as populações densas e agregadas dos grandes centros urbanos são as mais afetadas.

As medidas de curto prazo, indicadas pela Organização Mundial da Saúde, para conter as taxas de contágio pela SARS-CoV-2 são, basicamente: distanciamento social, higiene pessoal e manter-se informado com base em fontes oficiais (OMS, 2020). De fato, medidas de distanciamento social são importantes para reduzir a taxa de contaminação e atrasar o pico da pandemia (FERGUNSON *et al.*, 2006; GERMANN *et al.*, 2006). Por isso, as medidas preventivas recomendadas pela OMS (2020) vêm sendo mantidas por vários governos.

Segundo Capra (1982), desde o século 20, passamos por uma crise multidimensional (de saúde e meios de vida, ambiental, de relações sociais, econômica, tecnológica e política) e, por isso, o ecossistema planetário está prestes a alcançar o Ponto de Mutação, ou seja, sob a óptica das ciências biológicas, a população humana caminhando para um novo equilíbrio dinâmico. Seguindo esta análise do autor, é fundamental incorporar uma visão holística de realidade que considere a interrelação e interdependência de todos os fenômenos – físicos, biológicos, fisiológicos, sociais e culturais. Assim, a pandemia de Covid-19 é um possível Ponto de Mutação, capaz de mudar a percepção da sociedade como um todo e direcionar o sistema planetário para uma mudança de paradigma. Nesse contexto, a “renaturalização” de ambientes urbanos assume papel fundamental para construir uma nova perspectiva, de médio e longo prazo, mais adequada à dinâmica e às restrições do sistema planetário.

## Ponto de mutação: crise sanitária como forma para repensar a organização da sociedade nas grandes metrópoles

O livro “Ponto de Mutação”, de Capra (1982), supracitado, descreve uma crise de percepção do mundo ocidental pautada numa visão cartesiana e mecanicista, que fragmenta a realidade para dominá-la e compreendê-la. Essa crise de percepção estruturou a maior metrópole da América Latina com uma mancha urbana de 1.796 km<sup>2</sup>, onde, no período de 1990 a 2010, houve um incremento de 68%, enquanto o aumento populacional não passou dos 20%. Esse fenômeno de dispersão populacional sustentou, durante décadas, a mão de obra mais barata do mundo como vantagem competitiva única perante o resto do mundo ocidental e com insuficientes políticas públicas de habitação, saúde e educação (DÉAK, 1991). Esse processo de crescimento da

mancha urbana esteve associado à reprodução de um padrão de ocupação pautado na invasão da terra e na autoconstrução como forma de viabilizar o direito à moradia. Essa mesma crise de percepção, tinha, em 1930, criado um plano de utilização da estrutura territorial dos rios como base para a implementação de um sistema de avenidas, onde os rios foram canalizados como suporte do sistema viário (TOLEDO, 1996). Essas soluções urbanas, a serviço de um modelo de desenvolvimento que envolvia manter, com baixo custo de reprodução, a mão de obra como forma de atração do capital industrial internacional, estruturaram as principais metrópoles brasileiras. Se, por um lado, com a inserção da China na economia global, a mão de obra mais barata de mundo não conseguiu ser sustentada, por outro, as cidades perduraram com suas estruturas obsoletas e inadequadas. A solução urbana que, nos anos 70, permitiu ao Brasil ser a sétima economia do mundo, permanece presente nas cidades brasileiras (DÉAK, 1991), sendo, entretanto, na atualidade, um entrave ao desenvolvimento e um elemento que perpetua disfuncionalidades materializadas pelos seguintes processos:

- Expansão urbana indiscriminada, invadindo as áreas de preservação ambiental, como encostas e córregos, na forma de cidade informal e segregação social (MEYER *et al.*, 2004);
- Dispersão das populações com densidades demográficas inferiores a 100 habitantes por hectares (hab/ha) (DEVECCHI, 2010);
- Dissociação espacial da localização dos empregos e da moradia;
- Ocupações informais que avançam sobre áreas de preservação ambiental;
- Concentração dos empregos nas áreas centrais; e
- Deslocamentos diários longos e graves congestionamentos de veículos.

Um estudo feito em 2013, pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) (PEREIRA; SCHWANEN, 2013), sobre deslocamento casa-trabalho, aponta, por exemplo, que São Paulo é a segunda região metropolitana, depois de Shanghai (China), com deslocamentos mais longos casa-trabalho. Além disso, em São Paulo e no Rio de Janeiro, as viagens são quase 31% mais longas que a média das demais regiões metropolitanas pesquisadas. A proporção de trabalhadores que fazem viagens casa-trabalho muito longas - com mais de uma hora de duração - também aumentou consideravelmente, chegando a quase 25% de todas essas viagens em algumas áreas metropolitanas. Logo, a principal variável determinante desta questão é o tamanho da dissociação das localizações entre emprego e moradia.

A região metropolitana de São Paulo apresenta, na atualidade, em média, uma relação de 0,46 empregos por habitante, quando deveria girar em torno de 2 para 1. Porém, quando analisamos a sua distribuição na mancha urbana, vemos que há uma significativa concentração na área delimitada pelos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí, onde verifica-se, em alguns locais, até 7 empregos por habitante, enquanto na maior parte da cidade esta relação é inferior a 0,46. A localização do emprego é uma variável determinante da dinâmica urbana porque define o tipo do principal deslocamento a que a população economicamente ativa está submetida, com uso intensivo dos transportes públicos e das infraestruturas dos locais de emprego.

Essa situação se repete em todas as grandes metrópoles terciárias. O emprego no setor comercial está concentrado nas áreas centrais e o setor de serviços está associado à localização da renda alta. Essa concentração de empregos não está acompanhada de concentração de população. Enquanto os empregos se manifestam com densidades médias da ordem de 500 empregos/ha, podendo chegar a 1000 empregos/ha como, por exemplo, na Avenida Paulista, as densidades demográficas nesses setores não passam de 150 hab/ha. A população está dispersa por toda a mancha urbana, não havendo relação de correspondência entre emprego e moradia.

A expansão urbana indiscriminada, avançando sobre áreas de preservação ambiental, é o retrato da desvalorização do sítio. A viabilidade de operacionalização das SbN aumenta à medida que houver um equilíbrio nesta dinâmica urbana, com densidades demográficas que permitam investimentos eficientes em infraestrutura, aproximando a população do seu local de emprego e com a possibilidade de criação de sistemas de áreas verdes que tirem proveito das várzeas e das áreas de preservação ambiental. O sucesso das SbN como política pública está intimamente associado à mudança do modelo urbano e deve estar ancorado no reconhecimento das oportunidades presentes no sítio urbano.

## As SbN e as oportunidades na cidade de São Paulo

Grande parte da cidade de São Paulo insere-se em terrenos aluviais recentes, depósitos holocênicos que formam as extensas planícies e terraços do rio Tietê e de seus principais tributários. Cursos menores da bacia - do Alto Tietê - também formam planícies aluviais relativamente amplas, muitas esculpidas em relevos colinosos modelados em sedimentos fluviais quaternários, porém mais antigos (pliocênicos a pleistocênicos), os argilitos, siltitos e arenitos argilosos da Bacia Sedimentar de São Paulo (COUTINHO 1967; ALMEIDA *et al.*, 1981, BISTRICHI *et al.*, 1981; MELO; PONÇANO, 1983).



Planícies aluviais, em especial as mais extensas, como as dos cursos principais do Alto Tietê, são terrenos heterogêneos e naturalmente dinâmicos em todos os aspectos: físico, químico e biológico. São depósitos não consolidados de argilas, areias de granulometria variada e cascalhos, geralmente dispostos em camadas alternadas. São mal ou excessivamente drenados: quase não há condições intermediárias. Pela natureza e dinâmica, são terrenos com limitações e, ao mesmo tempo, muito sensíveis à maior parte das formas de uso e ocupação.

As planícies aluviais dos grandes rios paulistanos são terrenos recentes do ponto de vista geológico, formados a pelo menos 10 mil anos e, desde então, constantemente remodelados pela dinâmica fluvial. As alterações mais marcantes não são, porém, frutos da dinâmica natural do sistema e são recentes, de fato, mesmo na escala histórica do tempo. Em menos de 100 anos, um instante geológico, suprimimos os meandros, reduzimos as calhas dos principais cursos d'água a canais retilíneos e retiramos da paisagem quase todos os seus tributários, que passaram a correr confinados nas centenas de quilômetros de dutos subterrâneos. Acabamos com as águas, que todavia continuam correndo nos subterrâneos da cidade, com fluxos contínuos e sufocados, e na superfície, nos leitos de asfalto das vias e sarjetas, muitas vezes, com fluxos torrenciais, verdadeiras corredeiras.

Neste processo de urbanização, ficaram demarcadas claramente as áreas de várzea, inicialmente abandonadas e desvalorizadas, depois ocupadas principalmente pelo complexo industrial paulistano associado a investimento em logística, como as ferrovias e as marginais viárias. Nas várzeas extensas, com vários quilômetros de largura, os rios eram originalmente meândricos. O sistema hidráulico criado pela Companhia Light, para a produção de energia, alterou completamente as feições naturais, retificando e canalizando ambos os rios, com o objetivo de viabilizar as usinas hidrelétricas do complexo. A produção de energia era fundamental num momento de início de industrialização e os sistemas hidrográficos foram usados para suprir a demanda crescente.

Transformamos as águas dos rios em efluentes urbanos, colonizados por centenas de espécies de bactérias, fungos e outros organismos e, ainda, saturados por uma miríade de substâncias de origem e natureza variadas, muitas delas persistentes, adicionadas em volumes gigantescos, a cada minuto, por milhares de fontes pontuais e difusas. Mesmo as cabeceiras de drenagem, esculpidas nos relevos mais antigos de montanhas e serras sustentados por rochas pré-cambrianas, não foram totalmente poupadas da degradação. Onde preservadas e com florestas naturais densas, ainda são fundamentais para a recarga dos aquíferos e para a qualidade e quantidade das águas superficiais e subsuperficiais que drenam a metrópole.

Ainda a densa e complexa rede de drenagem que marca as feições morfológicas não é percebida por grande parte da população. Na margem esquerda do rio Tietê, temos os mais conhecidos: Água Branca, Sumaré, Pacaembú, Anhangabaú, entre outros. Na margem direita do rio Pinheiros, destacam-se: Verde, Iguatemi, Sapateiro, Uberaba, Traição, e Águas Espraiadas. Há alguns mais encaixados, como o córrego Sumaré, Pacaembú ou Anhangabaú, onde a urbanização, para poder vencê-los, teve de lançar majestosos viadutos.

Nas primeiras décadas do século 20, a necessidade de organizar a circulação de uma das cidades que mais crescia no mundo, transformava esses espaços geográficos em oportunidade para a instalação de um sistema de vias radiais e perimetrais: o Plano de Avenidas. Assim, muitos dos tributários dos rios Pinheiros e Tietê, na área de confluência, foram canalizados em estruturas fechadas, dando origem à boa parte das avenidas que estruturam o centro expandido da cidade de São Paulo. Na margem direita do rio Tietê, surgiram avenidas importantes, como Vinte e Três de Maio, Nove de Julho, Pacaembú, Sumaré, Pompeia, algumas denominadas a partir dos nomes originais dos cursos d'água que correm no seu subterrâneo.

Nos primeiros anos do século 21, houve, pela primeira vez, o início de uma mudança de percepção do sistema hídrico de São Paulo. O Plano Diretor Estratégico da Cidade de São Paulo (2002) introduziu o Programa de Recuperação Ambiental de Cursos D'Água e Fundos de Vale, com o objetivo de considerar a rede hídrica estrutural como elemento orientador da urbanização. Os parques lineares, com a recuperação dos fundos de vale, constituem o principal eixo de ação do programa, restaurando a lógica ambiental da bacia hidrográfica. Correspondem, ainda, a uma nova diretriz infraestrutural, definindo faixas de utilidade pública ao longo dos cursos d'água, com o objetivo de disponibilizar uma instalação de área verde de recuperação ambiental e lazer, para uso público.

Os parques lineares ganham maior importância quando consideramos sua contribuição para atenuar a poluição difusa das cidades, que é um dos aspectos críticos no ambiente urbano, com impactos principalmente nas águas superficiais e na contaminação da água subterrânea. Tratar a poluição difusa é uma das oportunidades de implementação das SbN. A maioria das águas provenientes de drenagem urbana nas cidades brasileiras não recebe nenhum tipo de tratamento antes de atingir os corpos d'água. Segundo Taebi & Droste (2004), a descarga em um corpo d'água, a partir de um grande evento de chuva, pode ter um impacto maior que uma carga normal de esgoto sanitário. A operacionalização de uma infraestrutura urbana verde, como jardins suspensos, bacias de infiltração, jardins de chuvas e bacias de drenagem, é uma importante alternativa na redução e no controle dos impactos do escoamento de águas pluviais e de lixiviação do solo no ecossistema urbano.

Muito tem sido discutido nas últimas décadas sobre as adversidades na dinâmica de gerenciamento do leito de rios e de suas margens, sobretudo no território urbano, em virtude da complexidade e dos melindres do planejamento e gerenciamento desses espaços. As potencialidades dessas áreas, aliadas às normativas ambientais sobre seus usos, representam uma nova configuração para esses espaços. Neste sentido, destaca-se a definição de corredores verdes, apresentada por Ahern (2002), como sendo os sistemas e/ou redes de terrenos contendo elementos lineares que são projetados e gerenciados com múltiplos objetivos, incluindo ecológicos, hídricos, recreativos, estéticos e proteção de recursos culturais.

As áreas de várzea representam importantes espaços para o estabelecimento de parques lineares e a retomada do papel protagonista da água no território urbano. De acordo com Sanches (2007), “estas áreas podem ser revertidas em benefícios não só ambientais, como sociais, na criação de parques ecológicos, combinando a preservação da vida selvagem e áreas de lazer, esporte e educação ambiental. Entretanto, se isso não for possível nos centros urbanos mais adensados, a manutenção de uma qualidade mínima das águas dos rios e o aproveitamento de margens de rios e lagos para a criação de espaços livres, permitindo maior integração social, constitui diretrizes de projeto mais indicados”. O estabelecimento dessas áreas associa a recuperação dos recursos hídricos com o compromisso de transformação do território.

Entre os diversos parques estabelecidos em áreas de várzea está o Parque Ecológico do Tietê, localizado na Zona Leste do município de São Paulo. O Parque foi inaugurado em 1982 e abrange um complexo de lagos que auxiliam na preservação da fauna e flora da várzea do rio. No âmbito internacional, destaca-se o Bishan Ang Mo Kio Park, localizado em Singapura. O projeto envolveu a recuperação e naturalização do Rio Kallang que, no passado, havia sido canalizado, e integra a iniciativa *Active, Beautiful, Clean Waters* (ABC Water) que visa, a longo prazo, a ampliar os corpos d’água existentes no país em espaços que conciliem a revitalização com a preservação e o uso recreacional.

O manejo de águas pluviais com SbN, em detrimento de infraestrutura cinza, diminui o escoamento superficial e a carga de poluentes que são direcionados para o sistema de águas pluviais urbano. Por outro lado, as soluções cinzas de drenagem urbana são falhas porque não consideram, em sua concepção, os efeitos da amplificação das variações de regime nas vazões e seus impactos meio urbano (BURNS *et al.*, 2012). Dessa forma, os parques lineares são fundamentais para integrar soluções em locais e, conseqüentemente, trazem sinergia para alternativas instaladas nos lotes.

Em escala local, os telhados verdes, quando instalados isoladamente, possuem pouca efetividade no controle do pico de vazão de chuva, porém, quando aplicados conjuntamente, em escala

regional, reduzem significativamente a impermeabilização e proveem estoque adicional de águas pluviais (CARTER; JACKSON, 2007). Em Campinas (SP), IBIAPINA *et al.* (2011) avaliou não somente as contribuições para o sistema de drenagem como também o desempenho térmico dos telhados verdes. Ainda na escala predial, a adoção de múltiplas infraestruturas verdes potencializa o desempenho das SbN, sobretudo quando inseridas num planejamento urbano apropriado de iniciativas políticas não estruturais (WONG, 2006). Assim, soluções prediais de drenagem na fonte, integradas ao Plano Diretor Estratégico, como jardins de chuva, poço de infiltração, pavimento poroso etc., assumem papel importante no uso e na ocupação do solo urbano e impactam positivamente na conservação e melhoria na qualidade de água e no controle de inundações (REIS; ILHA, 2014).

Em escala regional, alternativas que suportam a sinergia das SbN para a retenção do escoamento da drenagem no território urbano são as zonas úmidas artificiais, denominadas *wetlands* construídos. Os *wetlands* também são responsáveis pela biodegradação ou imobilização da carga poluente da água, que varia de acordo com fatores como: a limpeza urbana e sua frequência; a bacia hidrográfica; a intensidade da precipitação, sua distribuição temporal e espacial e a época do ano; e do tipo de uso da área urbana (BAPTISTA; NASCIMENTO, 2005; TUCCI, 2008), entre diferentes eventos de precipitação e também ao longo de um mesmo evento. A criação, a restauração e o gerenciamento dos *wetlands* também contribuem para a redução do risco de inundações, o funcionamento do ciclo do carbono e a regulação climática equilibrada, além de representarem benefícios recreativos e turísticos (KRCHNAK *et al.*, 2011). Um exemplo de *wetlands* em áreas urbanas é o Walthamstow Wetlands, uma área de reserva natural de 211 hectares em Londres, que representa um dos maiores *wetland* em área urbana da Europa. A reserva é responsável pelo fornecimento de água para 3,5 milhões de famílias no entorno de Londres e, desde 2017, é aberta para visitação, sendo também um importante atrativo turístico e recreacional.

Seja criando e restaurando parques, construindo *wetlands* ou na arborização de vias e passeios, as SbN são particularmente oportunas em São Paulo. As condições são altamente favoráveis ao desenvolvimento da vegetação e as plantas estabelecem-se em qualquer superfície, em fendas e rachaduras de edifícios, passeios e vias, fios e cabos aéreos, telhados e em vários outros substratos improváveis. Usando as espécies adequadas, as possibilidades são imensas, em especial, se plantadas as nativas, já que contamos com uma das maiores diversidades do planeta. Com isso, as SbN podem ser também formas alternativas (e efetivas) de conservação da biodiversidade, que depende cada vez mais do que consome, descarta e decide a população urbana, consumidora final de maior parte do que é extraído, produzido ou gerado fora das cidades.

A Floresta Atlântica, em cuja maior área contínua se insere a mancha urbana da RMSP, é reconhecidamente uma das mais diversas, em especial em plantas. Algumas áreas verdes no

interior da mancha urbana já são, na atualidade, pontos de ligação (*stepping stones*) para espécies de aves nativas que realizam pequenas migrações entre o litoral e o planalto. As SbN podem criar pontos de ligação e até corredores, ampliando a circulação de espécies, várias delas dispersoras de sementes daquelas nativas.

Por fim, as condições são oportunas também para que as SbN funcionem, onde necessário, como sistemas passivos de remediação de áreas contaminadas, uma vez que as plantas e, em especial os organismos que vivem nos ambientes das raízes, as rizosferas, são capazes de reter, eliminar ou transformar maior parte das substâncias que contaminam os terrenos urbanos.

## Considerações finais

Soluções baseadas na Natureza (SbN) são oportunidades de repensar a organização urbana das grandes metrópoles, reconhecendo a natureza e seus processos, particularmente o ciclo d'água, como elementos essenciais na construção do aglomerado urbano. Entre outros exemplos, podemos citar arborização urbana, manutenção de planícies aluviais e traçados fluviais originais, sistema de áreas verdes vinculados a paisagens com água, infraestruturas verde e azul, paredes e telhados verdes.

A crise planetária instaurada pela pandemia de Covid-19 constitui um ponto de mutação, ou seja, do ponto de vista biológico, representa a população humana caminhando para um novo equilíbrio dinâmico. Assim esta situação será capaz de mudar a percepção da sociedade como um todo e direcionar o sistema planetário para uma mudança de paradigma. Há muito superamos os controles, mesmo os biológicos, ampliamos muito nossa capacidade de sobrevivência, ocupando espaços, alterando formas e processos do relevo, usando recursos e deixando resíduos em praticamente todo o planeta, desde as regiões mais profundas dos oceanos a muito além da biosfera. Desconsideramos limites e nos tornamos vulneráveis. Criamos condições para o que estamos vivendo. Essa é a dinâmica do sistema. Assim, a pandemia segue em direção a um novo equilíbrio, que é sempre dinâmico, mas é também uma oportunidade de percebermos que somos parte (recente) do sistema. É hora de reconsiderar o sistema e respeitar sua dinâmica e seus limites.

Neste contexto, a “renaturalização” de ambientes urbanos assume papel fundamental para construir uma nova perspectiva de médio e longo prazo, mais adequada à dinâmica e às restrições do sistema planetário. Segundo Cohen-Shacham *et al.* (2016), o maior desafio atual é operacionalizar as SbN. A mudança somente será possível com a combinação de algumas ações iniciais:

- elaborar um plano de macrodrenagem que combine ações estruturais e não estruturais com a incorporação dos sistemas de áreas verdes dos municípios como suporte do todo;
- elaborar projetos-piloto, iniciando um modelo combinado numa sub-bacia, que tenha potencial para o desenvolvimento de áreas verdes e conte com organizações sociais com vontade de mudança. Uma possibilidade diz respeito à bacia do ribeirão Iguatemi, desde a cabeceira, na avenida Paulista, até sua desembocadura no rio Pinheiros, usando recursos da operação urbana consorciada Faria Lima;
- envolver, na formulação desses projetos inovadores de SBN, o corpo técnico das prefeituras dos municípios;
- mobilizar formadores de opinião;
- fazer projetos com métodos que promovam participação da sociedade; e
- capacitar os corpos técnicos das prefeituras, de modo que se sintam aptos a receber e avaliar os projetos.

## Referências

AHERN, J.F. **Greenways as strategic landscape planning: theory and application**. 2002. (Dissertação) - Wageningen University, Wageningen. Disponível em: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/318380>

ALMEIDA, F.F. *et al.* **Mapa geológico do estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Divisão de Minas e Geologia Aplicada, 1981. Publicação IPT 1184. Nota Explicativa, 1981. 69 p. Disponível em: <https://www.worldcat.org/title/mapa-geologico-do-estado-de-sao-paulo-escala-1500-000/oclc/46749514>

BAPTISTA, M.B.; NASCIMENTO, N.O. Hidrologia urbana e drenagem. **In: SEMINÁRIO QUALIDADE DAS ÁGUAS**, 1., Belo Horizonte. **Anais eletrônico...** Belo Horizonte: UFMG - Escola de Engenharia - Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, 2005.

BISTRICHI, C. A. *et al.* **Mapa geológico do estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. Publicação IPT 1184. Volume II, 1981. Disponível em: <https://www.worldcat.org/title/mapa-geologico-do-estado-de-sao-paulo-escala-1500-000/oclc/46749514>

BURNS, M.J.; FLETCHER, T.D.; WALSH, C.J.; LADSON, A.R.; HATT, B.E. Hydrologic shortcomings of conventional urban stormwater management and opportunities for reform. **Landscape and urban planning**, v. 105, n. 3, p. 230-240. 2012. Disponível em: 230-240. 10.1016/j.landurbplan.2011.12.012. CAPRA, F. **The turning point: Science, society, and the rising culture**. Bantam: 1982. 464 p.

CARTER, T.; JACKSON, C.R. Vegetated roofs for stormwater management at multiple spatial scales. **Landscape and urban planning**, v. 80, n. 1-2, p. 84-94. 2007. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.580.4554&rep=rep1&type=pdf>

COHEN-SHACHAM, E.; WALTERS, G.; JANZEN, C.; MAGINNIS, S. (eds.) **Nature-based Solutions to address global societal challenges**. Gland, Switzerland: IUCN - International Union for Conservation of Nature. xiii + 97p, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>

COUTINHO, J.M.V. **Mapa geológico de São Paulo e arredores**. Escala 1:100.000, 1967. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/bigusp/article/view/1902>

DÉAK, C. Acumulação entravada no Brasil e a crise dos anos 80. **Espaço & Debate** n. 32, São Paulo: Neru, 1991. Disponível em: [http://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c\\_deak/CD/3publ/01dossiebrasil/bib/dea2-ace/index.html](http://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c_deak/CD/3publ/01dossiebrasil/bib/dea2-ace/index.html)

DEVECCHI, A.M. **Reformar não é construir. A reabilitação de edifícios verticais: em: formas de morar em São Paulo no Século XXI**. 2010. Tese (Doutorado em Habitat) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: doi:10.11606/T.16.2010.tde-15062010-132024.

FERGUSON, N.M.; CUMMINGS, D.A.; FRASER, C.; CAJKA, J.C.; COOLEY, P.C.; BURKE, D.S. Strategies for mitigating an influenza pandemic. **Nature**, v. 442, n. 7101, p. 448-452, 2006. Disponível em: doi:10.1038/nature04795

GERMANN, T.C.; KADAU, K.; LONGINI, I.M.; MACKEN, C.A. Mitigation strategies for pandemic influenza in the United States. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n.15, p.5935-5940, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0601266103>

HERZOG, C.P.; ANTUÑA-ROZADO, C. The EU - Brazil Sector Dialogue on nature-based solutions: Contribution to a Brazilian roadmap on nature-based solutions for resilient cities. *In*: FREITAS, T.; WIEDMAN, G.; ENFEDAQUE, J. (eds.). **Nature-based solutions for resilient cities: from research to innovation and implementation**, 136 p., 2019. Disponível em: <https://oppla.eu/sites/default/files/docs/EU-Brazil-NBS-dialogue-2409-light.pdf>



IBIAPINA, M.B.; DA SILVA, V.G.; DE OLIVEIRA ILHA, M.S.; KOWALTOWSKI, D.C.C.K. Pesquisa experimental para avaliar a qualidade da água e a capacidade de retenção de água pluvial em coberturas verdes em Campinas-Brasil. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v.1, n. 6, p. 18-34. 2011. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.20396/parc.v1i6.8634484>

KRCHNAK, K.; SMITH, M.; DEUTZ, A. Putting nature in the nexus: investing in natural infrastructure to advance water-energy food security. *In: The Water, energy and food security nexus – solutions for the green economy background papers for the stakeholder engagement process*. Bonn, Germany: IUCN and The Nature Conservancy, 2011. 8 p. Disponível em: [https://www.iucn.org/downloads/nexus\\_report.pdf](https://www.iucn.org/downloads/nexus_report.pdf)

LE MONDE. **Coronavirus**: au Brésil, “nous sommes à la limite de la barbarie”. Disponível em: [https://www.lemonde.fr/international/article/2020/04/24/coronavirus-au-bresil-nous-sommes-a-la-limite-de-la-barbarie\\_6037594\\_3210.html](https://www.lemonde.fr/international/article/2020/04/24/coronavirus-au-bresil-nous-sommes-a-la-limite-de-la-barbarie_6037594_3210.html), 2020. Acesso em 02 de maio de 2020.

LIMA, V.; AMORIM, M.C.C.T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Formação (Online)**, v. 1, n. 13, 2006. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/835/849>

LOBODA, C.R.; ANGELIS, B.L.D. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v.1, n.1, p. 125–139, 2005. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/download/157/185>

MELO, M. S.; PONÇANO, W.L. **Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozoicos do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT (Série Monografias 9). 1983.

MEYER, R.M.P.; GROSTEIN, M.D.; BIDERMAN, C. **São Paulo MetrÓpole**. São Paulo: EDUSP/I ESP, 2004. 290 p.

NOBRE, C.A. *et al.* **Vulnerabilidade das megacidades brasileiras as mudanças climáticas**: região metropolitana de São Paulo. Sumário Executivo. CCST/INPE, NEPO/UNICAMP, FM/USP, IPT, UNESP-Rio Claro, 2010. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/1\\_megacidades.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/1_megacidades.pdf)

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE - OMS. **Protecting yourself and others from the spread COVID-19**. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>, 2020.

PEREIRA, R.H.M.; SCHWANEN, T. **Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992-2009):** Diferenças entre Regiões Metropolitanas, níveis de renda e sexo. Brasília: IPEA, 2013. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16966](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=16966)

REIS, R.P.A.; ILHA, M.S. de O. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 79-90, abr./jun. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014. Disponível em: 10.1590/S1678-86212014000200006

RODRIGUEZ-MORALES, A.J.; GALLEGO, V.; ESCALERA-ANTEZANA, J.P. *et al.* COVID-19 in Latin America: the implications of the first confirmed case in Brazil. **Travel Medicine and Infectious Disease**, 35: 101613. 2020. Disponível em: doi:10.1016/j.tmaid.2020.101613, 2020.

SANCHES, P.M. O papel dos rios na cidade contemporânea: dimensão social e ecológica. *In*: APP URBANA 2007. Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo. São Paulo: FAUUSP, 2007. Disponível em: <https://www.mprs.mp.br/media/areas/urbanistico/arquivos/livroresumos.pdf>

SÃO PAULO (município). Gabinete do Vereador Nabil Bonduki. **Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo** – Lei nº 13.430, de 13 de setembro de 2002. São Paulo, 2002. Disponível em: [http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aupo278/2014/2014.1%20Legisla%C3%A7%C3%A3o/S%C3%A3o%20Paulo%20Plano%20Diretor%20Estrat%C3%A9gico\\_Cartilha%20de%20Forma%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aupo278/2014/2014.1%20Legisla%C3%A7%C3%A3o/S%C3%A3o%20Paulo%20Plano%20Diretor%20Estrat%C3%A9gico_Cartilha%20de%20Forma%C3%A7%C3%A3o.pdf)

TAEBI, A.; DROSTE, R.L. Pollution loads in urban runoff and sanitary wastewater. **Sci Total Environ**, n.327, p. 175-184, 2004. Disponível em: 10.1016/j.scitotenv.2003.11.015.

TOLEDO, B.L. **Prestes Maia e as origens do urbanismo moderno em São Paulo**. São Paulo: Empresa das Artes/ ABCP, 1996. 297p.

TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. **Estudos Avançados, São Paulo**, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>

WOLMAN, A. The metabolism of cities. **Scientific American**, v. 213, n. 3, p. 178-193, 1965. Disponível em: <https://irows.ucr.edu/cd/courses/10/wolman.pdf>

WONG, T.H.F. Water sensitive urban design - the journey thus far. **Australian Journal of Water Resources**, v. 10, n. 3, p. 213-222, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13241583.2006.11465296>







Centro de Gestão e Estudos Estratégicos  
*Ciência, Tecnologia e Inovação*



Acesse [www.cgee.org.br](http://www.cgee.org.br) e  
siga-nos no Twitter @CGEE\_oficial

ISSN 1413-9375