XXI Encontro Nacional da ANPUR
Curitiba
19 a 23 de Maio de 2025
ideias, políticas e práticas em territorialidades do Sul Global

DRENAGEM URBANA E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA: A DIFÍCIL TRANSIÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE (NATUREZA, CRISE AMBIENTAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS)

Giovanna Pereira Rosseto
UFABC | g.rosseto@ufabc.edu.br

Luciana Travassos
UFABC | luciana.travassos@ufabc.edu.br

Sessão Temática 06: Natureza, crise ambiental e mudanças climáticas

Resumo: Os subsistemas de drenagem urbana e manejo de águas pluviais proporcionam estudos de caso relevantes para a análise de transições para a sustentabilidade, uma vez que enfrentam os desafios impostos pelas mudanças climáticas e a crescente urbanização. No entanto, esses sistemas são compostos por regimes sociotécnicos estáveis e enraizados, caracterizados por infraestrutura cinza e soluções de engenharia convencional, que reforçam a dependência de trajetórias tecnocráticas e limitam a adoção de práticas inovadoras. Este trabalho utiliza a perspectiva multinível (MLP) como base teórico-metodológica para analisar o subsistema de drenagem de Santo André (SP), explorando os nichos de inovação e as janelas de oportunidade que emergem entre 1990 e 2020. Ao propor uma análise crítica das dinâmicas de governança, dos entraves institucionais e das limitações encontradas, o estudo busca avançar no debate sobre a integração de soluções baseadas na natureza e infraestrutura híbrida como caminhos viáveis para transições mais sustentáveis e resilientes.

Palavras-chave: Transição para sustentabilidade; drenagem urbana; mudanças climáticas; soluções baseadas na natureza; Santo André/SP.

URBAN DRAINAGE AND CLIMATE EMERGENCY: THE DIFFICULT SUSTAINABILITY TRANSITION

Abstract: *Urban drainage and stormwater management subsystems provide relevant case studies for the analysis of transitions to sustainability, as they face the challenges posed by climate change and growing urbanization. However, these systems are composed of stable and entrenched socio-technical regimes, characterized by grey infrastructure and conventional engineering solutions, which reinforce dependence on technocratic trajectories and limit the adoption of innovative practices. This paper uses the multi-level perspective (MLP) as a theoretical-methodological basis to analyze the drainage subsystem of Santo André (SP), exploring the innovation niches and windows of opportunity that emerge between 1990 and 2020. By proposing a critical analysis of the governance dynamics, institutional obstacles and limitations encountered, the study seeks to advance the debate on the integration of nature-based solutions and hybrid infrastructure as viable paths towards more sustainable and resilient transitions.*

Keywords: *Sustainability transition; urban drainage; climate change; nature-based solutions; Santo André/SP.*

DRENAJE URBANO Y EMERGENCIA CLIMÁTICA: LA DIFÍCIL TRANSICIÓN A LA SOSTENIBILIDAD

Resumen: *Los subsistemas de drenaje urbano y gestión de las aguas pluviales ofrecen estudios de casos pertinentes para analizar las transiciones hacia la sostenibilidad, ya que se enfrentan a los retos que plantean el cambio climático y la creciente urbanización. Sin embargo, estos sistemas se componen de regímenes sociotécnicos estables y arraigados, caracterizados por infraestructuras grises y soluciones de ingeniería convencionales, que refuerzan la dependencia de trayectorias tecnocráticas y limitan la adopción de prácticas innovadoras. Este trabajo utiliza la perspectiva multinivel (MLP) como base teórico-metodológica para analizar el subsistema de drenaje de Santo André (SP), explorando los nichos de innovación y las ventanas de oportunidad que emergen entre 1990 y 2020. Al proponer un análisis crítico de las dinámicas de gobernanza, los obstáculos institucionales y las limitaciones encontradas, el estudio pretende avanzar en el debate sobre la integración de soluciones basadas en la naturaleza y la infraestructura híbrida como caminos viables hacia transiciones más sostenibles y resilientes.*

Palabras clave: *Transición a la sostenibilidad; drenaje urbano; cambio climático; soluciones basadas en la naturaleza; Santo André/SP.*

INTRODUÇÃO

A transição para sustentabilidade é considerada como um conjunto de transformações estruturais profundas, necessárias para superar padrões insustentáveis de produção e consumo, que devem acontecer numa ampla gama de sistemas sociotécnicos (Geels, 2004), como mobilidade, energia e água. Esse conceito tem suas raízes na integração entre pesquisas de inovação e ciências ambientais, com foco na necessidade de mudanças sistêmicas radicais, em oposição a melhorias incrementais (Loorbach et al., 2017; Köhler et al., 2019). Esses estudos enfatizam que padrões insustentáveis de consumo e produção contribuem significativamente para desafios socioambientais globais, como mudanças climáticas e esgotamento de recursos naturais (Grin et al., 2010).

Essas mudanças exigem uma abordagem interdisciplinar que integre dimensões culturais, econômicas, institucionais e tecnológicas, além de reconhecer que os sistemas sociotécnicos também são profundamente conectados a sistemas ecológicos, formando o que alguns autores chamam de sistemas sócio-técnico-ecológicos (McPhearson et al., 2022). A preocupação de integrar sistemas e carregar uma abordagem interdisciplinar é importante pois muitas transições anteriores, como no setor energético ou de transporte, acabaram por reproduzir impactos ambientais negativos (Loorbach et al., 2017). Portanto, compreender essas interdependências entre os sistemas é fundamental para direcionar as transformações para regimes sociotécnicos mais sustentáveis e resilientes (Geels, 2019).

Dentro destes processos, a governança exerce papel central ao promover arranjos institucionais que incorporam práticas e valores orientados à sustentabilidade (Markard et al., 2012), o que é fundamental para implementar inovações sustentáveis como as soluções baseadas na natureza, pois promove espaços de engajamento multi atores que fortalecem a co-criação de conhecimento, a confiança entre atores e o desenvolvimento de soluções sustentáveis (Frantzeskaki e Rok, 2018).

No âmbito da drenagem urbana e manejo de águas pluviais, a transição para sustentabilidade implica no abandono de soluções de grande escala, convencionais, cinzas baseadas em engenharia - como canalizações e reservatórios de detenção - em favor de práticas descentralizadas, incluindo infraestruturas verdes, infraestrutura híbridas e soluções baseadas na natureza (Esmail e Suleiman, 2020; Djamal, 2023). Esses sistemas inovadores visam não apenas mitigar os efeitos de eventos extremos, mas também integrar o planejamento urbano aos ciclos naturais, aumentando a resiliência das cidades diante das mudanças climáticas (Hoyer et al., 2011). Contudo, sua implementação enfrenta barreiras significativas devido à resistência de regimes sociotécnicos estabilizados e às limitações financeiras e institucionais (Cousins e Hill, 2021). Assim, compreender as dinâmicas estruturais e culturais que influenciam esses processos é essencial para viabilizar transições que alinhem inovação técnica a práticas de governança adaptativas e inclusivas.

Portanto, torna-se claro que uma transformação significativa e sustentável no gerenciamento dos sistemas urbanos de água e na prática de drenagem requer não apenas mudanças técnicas, mas também uma análise crítica das transformações nos arranjos de governança. Acompanhar as evoluções nas estruturas sociotécnicas, incluindo regulamentações e instituições, bem como compreender como os valores sociais e as estruturas de financiamento respondem e influenciam essas mudanças são passos fundamentais para garantir a transição para a sustentabilidade (Rosseto e Travassos, 2023).

Este estudo pretende utilizar a ferramenta heurística da perspectiva multinível (Geels, 2004) para verificar se está ocorrendo uma transição para sustentabilidade no subsistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais em Santo André, bem como aprofundar a análise e identificação dos nichos de inovação e seus processos de planejamento.

O primeiro argumento é que a transição para sustentabilidade na drenagem urbana e manejo de águas pluviais para uma abordagem mais sustentável e resiliente com a mudança no clima na bacia do Tamanduateí está em andamento (Travassos e Momm, 2022), devido a um processo de "tentativa e erro" (Geels, 2019).

O segundo argumento é que os nichos de inovação, aqui considerados como soluções baseadas na natureza ou abordagens híbridas, não estavam desenvolvidos o suficiente para utilizarem as janelas de oportunidade do sistema para se incorporarem como regime sociotécnico, seja em termos institucionais, técnicos ou de governança.

SISTEMA SOCIOTÉCNICO E A PERSPECTIVA MULTINÍVEL

Transições envolvem a implementação de inovações com características técnicas e sociais. Uma vez que as tecnologias estão profundamente ligadas às dinâmicas sociais de seus contextos específicos a transição se torna sociotécnica. Tais dinâmicas, para além de tecnologias, envolvem práticas de consumo, significados culturais, políticas públicas, modelos de negócio, mercados e infraestrutura (Geels, 2004).

As transições, portanto, são mudanças de um sistema sociotécnico para outro. A partir desta ideia Geels (2002) desenvolveu e aprimorou (Geels, 2011; 2019) uma ferramenta que analisa os processos de transição de longo prazo, por meio de uma metodologia de análise chamada perspectiva multinível (multi-level perspective, ou MLP). A estrutura da Perspectiva Multinível (MLP) tem sido considerada bastante útil nas análises de transições sociotécnicas históricas e inovações emergentes (HERSLUND et al., 2017). A estrutura analisa três níveis analíticos: o regime sociotécnico, a landscape e os nichos, estes níveis são categorias para entender como inovações tecnológicas específicas emergem – ou não – dentro das práticas sociais, por meio de influências de dentro ou fora do regime dominante (LAWHON E MURPHY, 2011).

De forma resumida, transições sociotécnicas geralmente ocorrem quando inovações radicais emergem em pequenos nichos, onde passam por experimentação e aprendizagem até

formarem redes de atores e articularem visões em comum (Figura 1). Durante este desenvolvimento, o regime dominante, que é altamente estável, segue sendo mantido por bloqueios de visão e trajetória articulados entre si. Para que esse regime seja desafiado, pressões externas provenientes do landscape precisam criar janelas de oportunidade que permitam aos nichos emergirem e, potencialmente, substituírem ou incrementarem o regime vigente (Geels, 2020). As pressões exógenas ao regime - a landscape sociotécnica - são necessárias para que sejam superados a dependência de caminho e os bloqueios (*lock-ins*) e abrir janelas de oportunidade, que permitam um processo de transformação do sistema ou sua substituição (Geels, 2011).

Dentro da perspectiva multinível, o conceito de landscape não se refere à tradução literal de paisagem, mas sim a um ambiente exógeno aos regimes e nichos, que afeta o sistema sociotécnico em um nível macro de análise. Desta forma, a landscape consiste em fatores externos que mudam lentamente, fornecendo gradientes de ação para as trajetórias. Este nível é caracterizado pela longa duração, mas eventualmente um evento disruptivo pode causar rápidas mudanças, como guerras, desastres e mudanças climáticas (Geels, 2004; 2011; Raven et al. 2012).

O contexto exógeno e macroestrutural da landscape estabelece gradientes de força que orientam as ações, proporcionando uma estrutura diretamente relacionada às respostas sociotécnicas. Por sua natureza, a landscape não pode ser alterada diretamente pelos atores do regime sociotécnico e de nicho, pois constituem um enquadramento em que não possuem influência (Geels, 2004). Contudo isso não significa que o desenvolvimento da landscape ocorre de forma dissociada da intervenção humana. Fenômenos como urbanização, globalização, mudanças culturais amplas e problemas ambientais são resultados cumulativos de inúmeras ações humanas (Geels e Schot, 2007, p. 24).

Já os regimes são a estrutura profunda dos sistemas sociotécnicos (Geels, 2002), sendo talvez a noção mais central nos estudos de transição (Fuenfschilling e Truffer, 2014). O regime é uma configuração extremamente estável e dominante que mantém uma tecnologia em um sistema social estabilizado. Esta estabilidade é resultado de um conjunto de regras, as 'regras do jogo', que estão interligadas entre si (Geels, 2004). Para Smith *et al* (2010) os regimes são uma forma altamente institucionalizada de desempenhar funções sociais.

A abordagem desenvolvida por Geels (2004) para obter uma compreensão mais profunda sobre o papel das estruturas institucionais nos processos de transição contribuiu ao analisar como a coerência nas ações determina o nível de institucionalização do regime. Segundo o autor, as regras podem ser entendidas como equivalentes às instituições, pois desempenham um papel central na coordenação e organização das atividades. Essas regras são categorizadas em três dimensões principais — reguladora, normativa e cognitiva —, conforme destacado no quadro a seguir.

Quadro 1: Tipos de regras e instituições em regimes sociotécnicos.

Tipos de regras/instituições	Reguladoras	Normativas	Cognitivas
Exemplos	Regras formais, leis, sanções, estruturas de incentivos, recompensas e estruturas de custos, sistemas de governança, sistemas de energia, protocolos, padrões, procedimentos	Valores, normas, expectativas de função, sistemas de autoridade, dever, códigos de conduta	Prioridades, agendas de problemas, crenças, corpos de conhecimento (paradigmas), modelos de realidade, categorias, classificações, jargão / linguagem, heurísticas de pesquisa
Base de conformidade	Conveniência	Obrigação social	Tido como certo
Mecanismos	"Coercivo (força, punições)	Pressão normativa (sanções sociais, como "vergonha")	Mimética, aprendizagem, imitação
Lógica	Instrumentalidade (criando estabilidade, "regras do jogo")	Adequação, tornando-se parte do grupo ("como fazemos as coisas")	Ortodoxia (ideias e conceitos compartilhados)
Base de legitimidade	Legalmente sancionado	Governado moralmente	Com suporte cultural, conceitualmente correto

Fonte: Scott (1995) adaptado por Geels (2004).

Geels (2004) argumenta que essas três dimensões de regras funcionam de maneira interdependente, orientando a ação dos atores e definindo as bases de legitimidade, conformidade e estabilidade nos sistemas sociotécnicos.

As regras regulatórias englobam elementos formais como leis, padrões técnicos, sanções e incentivos financeiros, que promovem conformidade por meio de coerção ou recompensa. Essas regras são particularmente importantes para estabilizar práticas técnicas e institucionais, garantindo previsibilidade e controle. As regras normativas, por sua vez, estão ligadas a valores, expectativas de comportamento e códigos de conduta que moldam os

papéis sociais e organizacionais, promovendo a adequação e a inclusão dos atores em grupos específicos. Já as regras cognitivas tratam-se de crenças e paradigmas que moldam a percepção dos problemas e as soluções viáveis, muitas vezes refletindo rotinas e trajetórias técnicas consolidadas e readequadas ao longo do tempo.

Essa estrutura analítica permite entender por que regimes sociotécnicos frequentemente resistem a mudanças, mesmo diante de pressões externas, como mudanças climáticas. No caso da drenagem urbana de Santo André, por exemplo, as regras regulatórias priorizam soluções de infraestrutura cinza, enquanto as normas institucionais e as crenças cognitivas reforçam a dependência de trajetórias já estabelecidas.

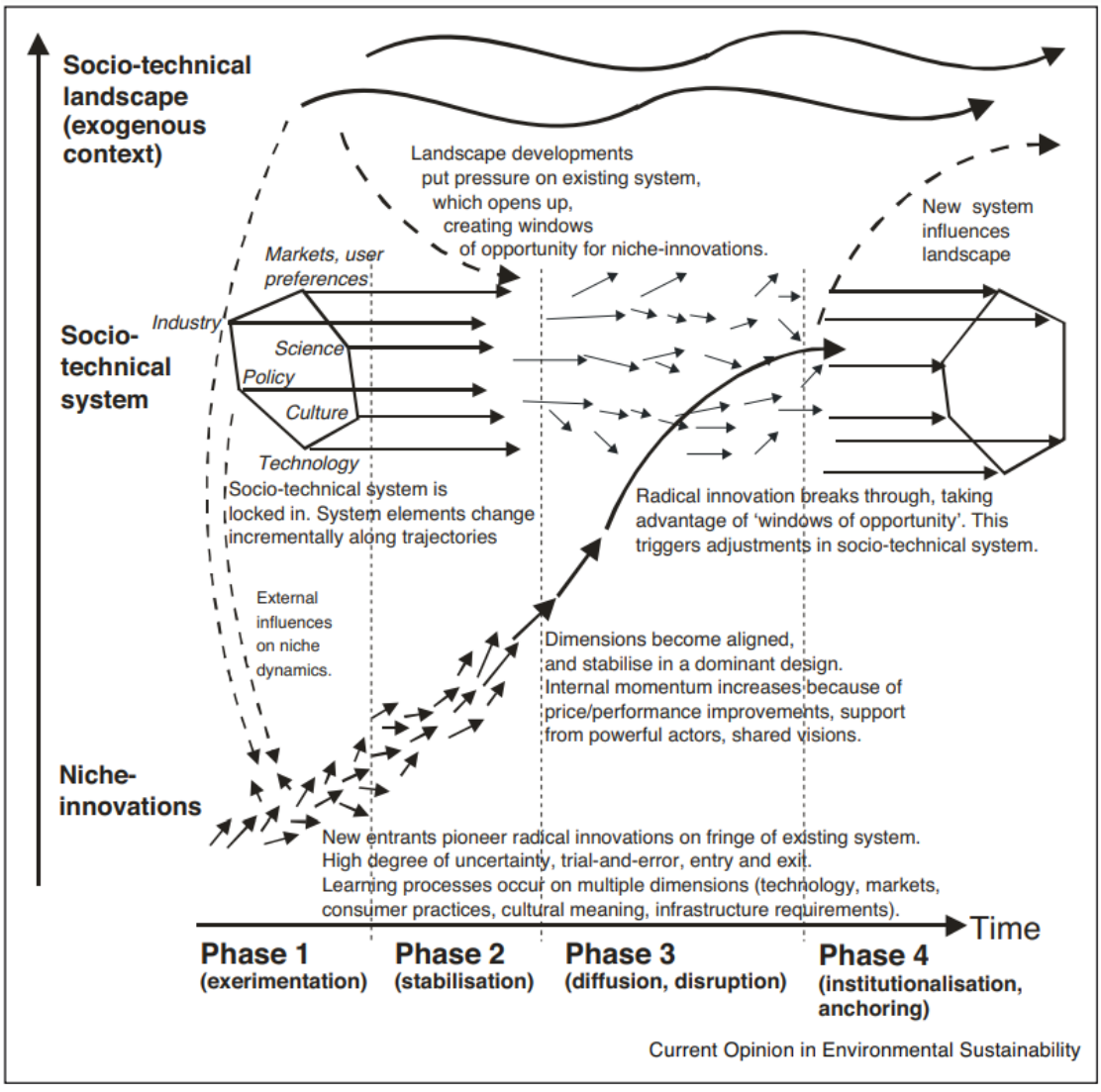
Enquanto isto, os níveis de nicho são estruturas inovadoras representadas em forma de núcleos experimentais. Esses núcleos permitem a "incubação" de inovações tecnológicas que divergem do regime sociotécnico estabelecido (Geels, 2002). Dada a robustez do regime, tais inovações enfrentam consideráveis desafios para se estabelecer. Nesse contexto, os nichos precisam se desenvolver em um ambiente protegido, onde há uma maior liberdade para os atores desenvolverem novas práticas e trajetórias cognitivas alternativas (Geels, 2004; Raven et al., 2012). Esses espaços protegidos são essenciais para o desenvolvimento de inovações dentro dos sistemas sociotécnicos existentes, podendo emergir por atores de fora das instituições públicas ou por meio de diretrizes governamentais (Loorbach, 2017).

Essas diretrizes governamentais, conforme descrito por Loorbach et al. (2017), desempenham um papel estratégico ao estruturar mudanças sistêmicas em regimes sociotécnicos. Isto porque incluem políticas públicas que fomentam a criação de espaços protegidos para inovações, conhecidos como nichos. Esses espaços permitem o desenvolvimento de novas tecnologias, práticas ou soluções que não estão incorporadas nos paradigmas dominantes. Por exemplo, políticas que incentivam a pesquisa em energias renováveis, subsídios para tecnologias de baixo carbono ou programas experimentais de mobilidade urbana sustentável são exemplos de diretrizes governamentais. Essas políticas devem ainda ser complementadas por mecanismos de governança reflexiva, nos quais o governo não atua apenas como regulador, mas também como facilitador de processos colaborativos entre diversos atores, como empresas, organizações da sociedade civil e comunidades locais. Diretrizes governamentais eficazes também reconhecem a necessidade de promover aprendizado contínuo e adaptar políticas conforme as dinâmicas de transição evoluem, especialmente em contextos de alta complexidade e incerteza. Essas diretrizes são fundamentais para alinhar interesses divergentes, criar incentivos para práticas inovadoras e desestabilizar gradualmente sistemas insustentáveis.

O MLP, portanto, é uma ferramenta de visualização do sistema sociotécnico ao observar interações nas atividades de nicho, regime e landscape (Figura 1).

De acordo com Geels (2019), a dinâmica multinível envolve um processo em quatro etapas, como ilustra a Figura 1: inicialmente, as inovações emergentes nos nichos começam a desenvolver uma dinâmica interna própria (fase - experimentação); em seguida, a combinação dessas inovações com alterações na landscape mais ampla exerce uma pressão crescente sobre o regime e o sistema existente (fase 2); finalmente, essa pressão pode desestabilizar o regime, abrindo janelas de oportunidade para que as inovações dos nichos se espalhem e provoquem perturbações significativas no sistema (fase 3). A última fase, institucionalização, consiste na substituição (mesmo que parcial) do regime existente (fase 4).

Figura 1 - Perspectíva multinível em transições sociotécnicas.



Fonte: Geels (2019).

Contudo, um processo de transição é caracterizado, principalmente, por ser de longo prazo. Estudos de Geels (2004) indicam que uma transição sociotécnica tem levado, dentro de estudos de caso já conhecidos, ao menos 40 anos para ser efetivamente concluída. Assim mesmo que uma nova abordagem seja desenvolvida com relativa rapidez, como 10 anos, a

incorporação desta nos sistemas para sua posterior reconfiguração ainda tende a acontecer entre 20 e 30 anos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este artigo tem como base quatro processos metodológicos: a revisão de literatura sobre a perspectiva multinível (Geels, 2002) associada ao quadro conceitual de transição para sustentabilidade em drenagem e manejo de águas pluviais (Rosseto e Travassos, 2023); o estudo de caso em Santo André (SP); a análise documental de instrumentos de planejamento do subsistema entre 1990-2020; e entrevistas semiestruturadas com atores-chave do regime sociotécnico. É necessário destacar, no entanto, que a metodologia completa pode ser encontrada em Rosseto (2023), de onde este artigo se origina, aqui serão apresentados apenas resultados pertinentes a este recorte de análise.

A revisão de literatura articulou perspectivas teóricas das transições para sustentabilidade, transformações urbanas e soluções baseadas na natureza para desenvolver o quadro conceitual de transição para sustentabilidade em drenagem urbana e manejo de águas pluviais, já publicado em Rosseto e Travassos (2023). Esta estrutura conceitual foi associada com o quadro analítico da perspectiva multinível (Geels, 2002; 2019) que busca analisar os três níveis do sistema sociotécnico: landscape, regime e nicho. Neste estudo o nível de nicho foi explorado, a fim de elucidar os processos de planejamento que permitiram a ascensão de soluções alternativas.

A fim de aplicar a perspectiva multinível, é apresentado o estudo de caso em Santo André (SP), que é pioneira no desenvolvimento de políticas públicas ambientais, com iniciativas que datam da década de 1960 (Navarro, 2011), inclusive a respeito da implementação de soluções alternativas em drenagem (Rosseto e Travassos, 2021; Rosseto e Moreno, 2023), mesmo que não consideradas pelos atores como tal.

Com relação à análise documental, foram coletados planos, programas e projetos em rios e córregos no município de Santo André, no período compreendido entre 1990 e 2020. A análise documental foi realizada a partir de materiais coletados em visitas técnicas feitas no Serviço de Saneamento Ambiental de Santo André (SEMASA), no Departamento de Planejamento e Obras da Prefeitura de Santo André (DPO), setores responsáveis pelas intervenções municipais no subsistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, como também materiais coletados durante visita técnica ao Departamento de Águas e Energia do Estado de São Paulo (DAEE), na Gerência de Projetos e Planejamento, setor responsável na escala estadual. A coleta de dados resultou na análise de quatro planos, um programa e 27 projetos.

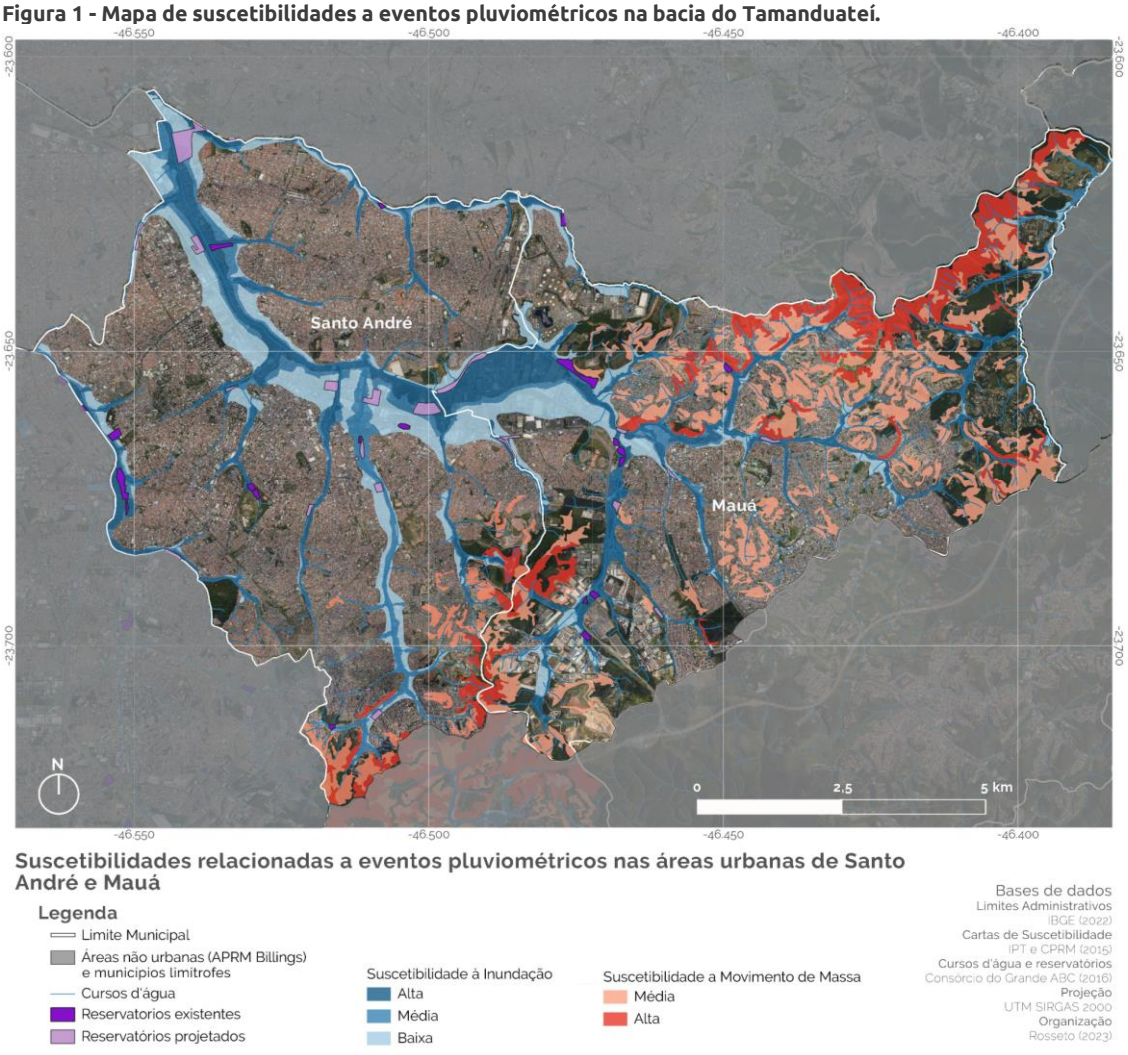
De forma complementar, algumas entrevistas do estudo de Rosseto (2023) foram utilizadas para subsidiar a análise das especificidades dos nichos de inovação que estão apresentados adiante, a fim de reconhecer janelas de oportunidade do sistema sociotécnico e os processo de transição (Geels, 2019).

O (SUB)SISTEMA DE DRENAGEM NA BACIA DO TAMANDUATEÍ: UMA ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO DE SANTO ANDRÉ ENTRE 1990-2020 (ANÁLISE)

O nível macro que vem exercendo pressão sobre os regimes sociotécnicos de drenagem urbana na bacia do Tamanduateí são, notadamente, as mudanças climáticas e seus consequentes eventos extremos. A isto se relaciona as respostas institucionais ligadas a estes eventos.

As forças externas oriundas da variabilidade climática, somadas aos processos históricos de urbanização e uso do solo, como a ocupação de áreas de risco, configuram-se aqui como elementos do landscape. Este fato associado ao que Rolnik (2012) chama de urbanização tardia que permitiu a ocupação em áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações, geram diferentes gradientes de força que podem resultar em diferentes ações de adaptação dos atores, de acordo com o impacto observado e o nível de risco de cada território.

Figura 1 - Mapa de suscetibilidades a eventos pluviométricos na bacia do Tamanduateí.



Nota: Organizado por Rosseto (2023) com base em IBGE (2022); IPT e CPRM (2015); Consórcio Intermunicipal do ABC (2016).
Fonte: Rosseto (2023).

No contexto local, os municípios priorizam recursos conforme suas especificidades territoriais. Áreas com alta suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa demandam esforços significativos voltados para essa questão, enquanto regiões mais vulneráveis a inundações direcionam investimentos prioritariamente para esse problema. Por exemplo, dados do SNIS (2022) revelam que Mauá possui 100 domicílios sujeitos a risco de inundação, enquanto Santo André apresenta um número de 7.552 domicílios. O contraste entre os dois municípios é visível na imagem acima (Figura 1) e estão relacionados com as características do meio físico de cada um, Mauá localizado nas cabeceiras, Santo André no meio curso do Rio Tamanduateí.

Ao realizar um estudo comparativo sobre as respostas institucionais sobre eventos climáticos extremos advindos da concentração pluviométrica, Rosseto (2023) identifica que Santo André possui mais capacidade institucional em termos de governança, instrumentos de planejamento e infraestrutura para situações de inundação que Mauá. Isto pode ocorrer devido ao diferente gradiente de força que o impacto das inundações tem nesses municípios.

A análise documental dos planos, programas e projetos relacionados ao subsistema de drenagem urbana de Santo André, entre 1990 e 2020, permitiu identificar elementos estruturais que configuram a estabilidade do regime sociotécnico. Os resultados evidenciam a predominância de soluções baseadas em, majoritariamente, canalizações e reservatórios de detenção, e destacam as dinâmicas institucionais e normativas que sustentam essa abordagem, evidencia a consolidação de um regime sociotécnico estável, fundamentado em soluções convencionais de engenharia hidráulica, sobretudo baseadas em infraestrutura cinza centralizadas. Baseado na análise de Geels (2004), os resultados para as regras reguladoras, normativas e cognitivas são apresentados a seguir.

O Plano Diretor de Drenagem (PDD), implementado em 1999, foi um marco na gestão integrada das águas urbanas no município, sendo pioneiro no país e introduzindo pela primeira vez diretrizes padronizadas para o manejo de águas pluviais (COPLAENGE, 1999). Esse plano estabeleceu 101 intervenções prioritárias, das quais apenas 29 foram realizadas parcial ou totalmente até 2019. As medidas estruturais propostas, como canalizações e reservatórios de grande porte, foram amplamente adotadas, enquanto as ações não estruturais, como educação ambiental e controle de uso do solo, tiveram implementação limitada. Apesar da desatualização, o PDD continua a orientar intervenções no município, destacando-se como uma referência técnica e institucional local (SANTO ANDRÉ, 2019).

Por outro lado, o Plano Diretor de Macrodrenagem do Alto Tietê (PDMAT), elaborado e revisado pelo DAEE em 1999, 2009 e 2014, se mostrou um instrumento fundamental para o planejamento da bacia do Tamanduateí. Esse plano visa coordenar intervenções em grande escala na bacia do Alto Tietê, abordando questões de macrodrenagem que impactam diretamente Santo André e outros municípios da Região Metropolitana de São Paulo. No âmbito do PDMAT, foram propostas obras como a instalação de reservatórios de

amortecimento de cheias, com destaque para as sub-bacias dos rios Tamanduateí e Ribeirão dos Meninos, que incluem reservatórios como Grã-Bretanha e Oratório (DAEE, 2014).

Os documentos analisados também indicam que as práticas de drenagem urbana no município são altamente centralizadas no SEMASA, que até 2019 era responsável pela coordenação de grande parte das intervenções. A estrutura organizacional do SEMASA incluía setores técnicos especializados, como a Diretoria de Planejamento e Obras, que desempenhava papel crucial na contratação e execução de projetos. No entanto, a partir de 2019, houve um enfraquecimento institucional significativo, com a transferência de responsabilidades para a SABESP e outras secretarias municipais (SANTO ANDRÉ, 2019), afetando a continuidade de uma abordagem integrada do sistema de Águas em Santo André.

No âmbito normativo, verificou-se que os programas e projetos analisados são direcionados por regulamentos que priorizam soluções convencionais. Entre os 22 projetos liderados por órgãos municipais, apenas três incorporaram elementos de infraestrutura verde, enquanto os demais adotaram técnicas de engenharia rígida, como canalizações e reservatórios. Esses projetos foram idealizados principalmente para mitigar inundações em áreas críticas do município, mas demonstraram eficácia limitada na redução de pontos de alagamento a longo prazo. Em 1999, o PDD mapeou 70 manchas de inundação; em 2018, ainda havia 41 áreas críticas, indicando a necessidade de revisões nas abordagens adotadas (SEMASA, 2019).

No nível cognitivo, os resultados apontam para a consolidação de rotinas e práticas baseadas em soluções convencionais. As intervenções realizadas refletem o alinhamento entre os atores institucionais, como SEMASA, Prefeitura e DAEE, e as normas técnicas que priorizam a engenharia hidráulica tradicional. Essa dependência de soluções estabelecidas é reforçada por décadas de aprendizado incremental, dificultando a experimentação com abordagens inovadoras. Adicionalmente, a análise documental mostrou que a percepção de risco por parte da população e dos gestores está fortemente associada à implementação de grandes estruturas físicas, o que perpetua a preferência por essas soluções.

A análise também destacou a exclusão de atores como universidades, ONGs e associações comunitárias, que possuem potencial para introduzir abordagens inovadoras. Essa exclusão decorre da ausência de canais institucionais para a participação nos processos decisórios, do predomínio de práticas normativas que favorecem a eficácia imediata das soluções tradicionais e da percepção de insegurança atribuída às abordagens experimentais, como a infraestrutura verde. A limitação de recursos financeiros e a concentração de poder em órgãos governamentais contribuem para essa exclusão, reforçando a perpetuação de práticas enraizadas e dificultando a criação de espaços para experimentação e inovação no manejo das águas urbanas.

Os dados coletados também indicam que a interação entre diferentes escalas de governança, como municipal, regional e estadual, é limitada. Enquanto o DAEE desempenha um papel

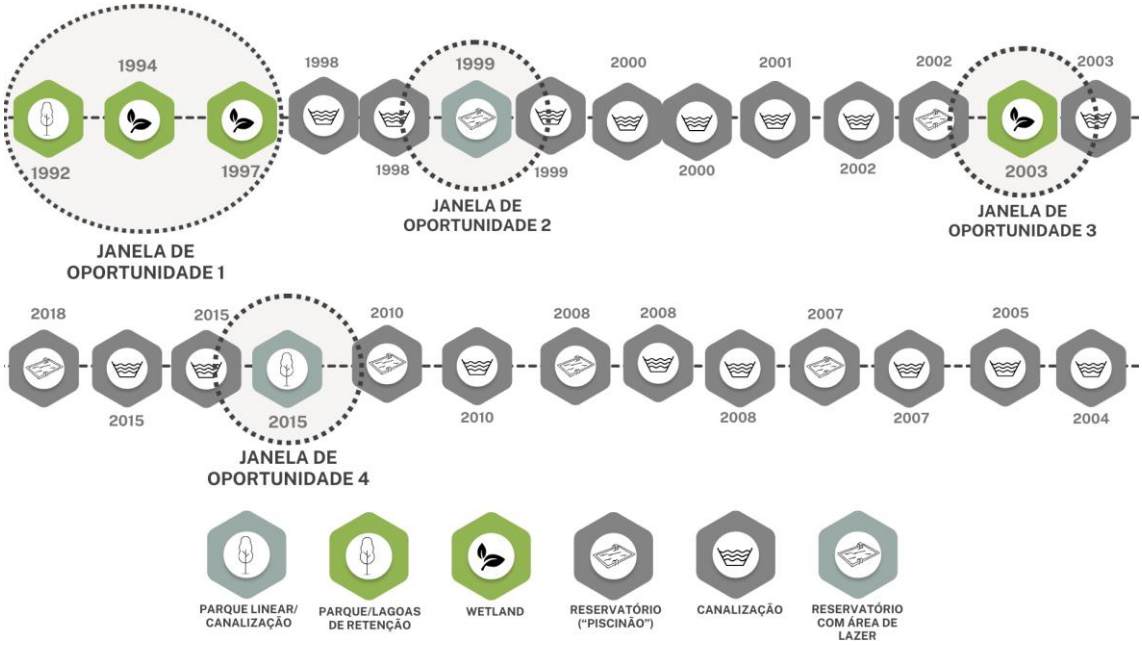
relevante na implementação de intervenções intermunicipais, como os piscinões Grã-Bretanha e Oratório, sua atuação é restrita às demandas de macrodrenagem. No âmbito municipal, os recursos financeiros para projetos de drenagem continuam dependentes de financiamentos externos, dificultando a realização de intervenções mais abrangentes ou experimentais, como parques lineares ou soluções híbridas.

Embora existam nichos emergentes de inovação, como projetos de infraestrutura verde e práticas híbridas, eles encontram barreiras significativas para se desenvolver e romper com o regime vigente. Esses aspectos serão discutidos em maior detalhe na seção subsequente, que abordará a dinâmica dos nichos e sua interação com o regime sociotécnico.

NICHOS DE EXPERIMENTAÇÃO E JANELAS DE OPORTUNIDADE

A análise documental de projetos de drenagem urbana e manejo de águas pluviais em Santo André permitiu constatar a predominância de intervenções com soluções cinzas baseadas em engenharia hidráulica rígida. Por outro lado, também foram encontrados alguns momentos, entre 1990 e 2020, em que foi possível observar projetos com técnicas mais sustentáveis - mesmo que posteriormente não implementados ou alterados (Figura 2). Estes projetos, sob a ótica da perspectiva multinível, representam nichos de experimentação e os momentos em que puderam ser observados nos documentos são chamados de janelas de oportunidade (Geels, 2019).

Figura 2 - Janelas de oportunidade para nichos de inovação no subsistema de drenagem urbana e águas pluviais.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Parte importante da análise de sistemas sociotécnicos é identificar os níveis e os lock-ins que fazem o regime ser tão estável e resistente à mudanças, mas também é compreender quais são as configurações institucionais e de governança que permitiram com que nichos experimentais pudessem de alguma forma ser inseridos no sistema.

Durante a análise foram encontrados seis, de vinte e sete projetos, que contavam com técnicas consideradas verdes, azuis ou híbridas (McPhillips *et al.,* 2020), apresentadas no Quadro 1. Infraestruturas verdes referem-se a intervenções baseadas em vegetação e solo que promovem funções como infiltração, evapotranspiração e melhoria da qualidade da água, como telhados verdes, jardins de chuva e parques urbanos. Infraestruturas azuis são estruturas aquáticas, como wetlands e bacias de retenção, voltadas para o armazenamento e manejo de volumes de água (McPhillips et al., 2020).

Infraestruturas cinzas, por outro lado, são sistemas tradicionais predominantemente tecnológicos, como redes de esgoto, galerias pluviais e reservatórios subterrâneos, projetados para controlar e desviar rapidamente a água, minimizando inundações. Embora eficazes em contextos específicos, essas infraestruturas frequentemente carecem de benefícios ecológicos e podem causar impactos negativos, como erosão e aumento de poluição a jusante (McPhillips & Matsler, 2018).

Aqui, foram categorizadas entre tipos de surgimento, que podem ser advindos de diretrizes governamentais ou externos ao regime (Loorbach *et al.*, 2017); escala de atuação (municipal, regional, estadual); se foi identificado no regime incumbente, isto é, se o regime que mantém consolidada a técnica atual de drenagem abriu espaço, ou se é iniciativa externa; qual a situação final que o projeto se encontrava em 2020; e a técnica utilizada.

Quadro 1: Nichos de inovação encontrados na análise documental.

Nicho de inovação	Surgimento	Escala	Regime	Situação	Técnica
Parque Central	Diretrizes governamentais	Municipal	Incumbente	Implementado	Parque
Reservatório Bom Pastor	Diretrizes governamentais	Municipal	Incumbente	Implementado	Wetland
Reservatório Santa Teresinha	Diretrizes governamentais	Municipal	Incumbente	Implementado	Wetland
PAT-PROSANEAR	Diretrizes governamentais	Multiescalar	Externo	Não executado	Parques lineares
Reservatório Grã-Bretanha	Diretrizes governamentais	Estadual	Incumbente	Alterado da concepção inicial	Reservatório com área de lazer
Parque Linear em HIS	Diretrizes governamentais	Estadual	Externo	Não executado	Parque linear

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Pode-se observar, portanto, que todos os nichos que conseguiram espaço no regime surgiram de diretrizes governamentais. Estas, previamente a implementação do PDD, vieram

da escala municipal, enquanto, após o PDD, foram propostas por outras escalas de atuação: o PAT-Prosanear, proposto por uma atuação multiescalar para uma urbanização integrada, o Reservatório Grã-Bretanha, projetado pelo DAEE, e o Parque Linear, que foi pensado pela CDHU em uma intervenção também baseada na urbanização integrada.

É interessante observar a causalidade entre o tipo de regime e situação do projeto, pois ambos projetos sugeridos por atores externos ao regime não foram executados, ilustrando a complexidade de lock-ins do regime sociotécnico que impede os nichos de efetivarem práticas inovadoras.

A primeira janela de oportunidade, entre 1992 e 1997 (Figura 2), possibilitou a implementação do Parque Central e Reservatórios Bom Pastor e Santa Teresinha (Quadro 1).

O Parque Central de Santo André foi resultante de um projeto de recuperação ambiental e reconfiguração urbana. Situado em uma área de quase 400.000m² anteriormente abandonada e degradada, o projeto enfrentou inúmeros desafios técnicos e financeiros para sua conclusão. Entre os principais avanços esteve o saneamento e a revitalização do córrego, anteriormente canalizado e poluído. O projeto transformou a área em um sistema integrado de drenagem, criando três lagos baseados na solução *wetland* na cabeceira e promoveu a recomposição da mata ciliar (Figura 3). Essa intervenção revitalizou nascentes extintas e possibilitou o reflorestamento de grandes áreas, incluindo o plantio de 8.000 mudas de árvores nativas e a recuperação de 190.000m² de vegetação (Penelopa, 2015). Essa abordagem alinha-se às soluções baseadas na natureza, promovendo co-benefícios ambientais e sociais (McPhillips *et al.*, 2020).

Figura 3 - Vista aérea do Parque Central em Santo André.

Fonte: Luiz, 2022.

A execução do Parque Central coincidiu com um período de avanço progressista no município, caracterizado pela implementação de políticas participativas (Klink e Denaldi, 2011). A coordenação do projeto envolveu diversas secretarias, como o SEMASA, a Secretaria de Habitação, e o Departamento de Projetos e Urbanismo. No caso do Parque, a drenagem urbana foi incorporada em um espaço multifuncional, que incluiu áreas de lazer, prática esportiva e contemplação, restituindo aos munícipes o direito de se apropriar de espaços públicos de qualidade.

Para mais, os entrevistados que atuam diretamente no gerenciamento do Parque mencionaram que atualmente é o espaço público de lazer mais utilizado da cidade. Um dos motivos pelos quais o Parque Central é um elemento que alcançou aceitação dos atores do regime é por conta de sua aparência apelativa e multifuncionalidade, o que para Frantzeskaki (2019) compõe uma etapa importante para uma transição efetiva entre infraestrutura cinza e soluções baseadas na natureza nas cidades.

Neste mesmo período, o Reservatório Santa Teresinha, implementado em Santo André em 1997, antecede o Plano Diretor de Drenagem (PDD) de 1999 e também está em um período de maior experimentação em soluções de drenagem. Sem a padronização introduzida posteriormente pelo PDD, o projeto foi concebido para aliar a reservação de águas pluviais a uma abordagem que incorpora elementos naturais. Localizado no bairro de Santa Teresinha, ao longo do córrego Jundiaí, o reservatório foi projetado como um wetland urbano. Em contexto similar, o Reservatório Bom Pastor foi desenvolvido na mesma época e com a mesma lógica. Apesar dessas inovações nas técnicas de reservação, os dois reservatórios apresentam problemas operacionais como erosão, reduzida capacidade de armazenamento e desafios de manutenção, o que leva a atores do regime a contestar sua eficiência e replicabilidade, de acordo com as entrevistas.

No mesmo espaço do reservatório, quase que concomitante a sua implementação, surge o Pesqueiro Girassol. Em linhas gerais, a população do entorno se apropriou do espaço verde criado represando uma parte do reservatório e jogando peixes no mesmo, o que mais tarde se tornou um espaço comunitário, com diversos animais que foram trazidos pelos vizinhos. No entanto, o mesmo foi encerrado pela prefeitura, com o objetivo de aumentar a área do reservatório. O Pesqueiro Girassol trazia uma inovação baseada na apropriação cultural da comunidade, que, se integrada à agenda de planejamento urbano de Santo André, poderia funcionar como um espaço multifuncional, combinando lazer e medidas para reduzir inundações, na bacia do rio Tamanduateí. No entanto, a persistência no modelo tradicional de drenagem urbana dificultou a transição para abordagens mais resilientes e multifuncionais na cidade (Rosseto e Travassos, 2021).

A segunda janela de oportunidade da Figura 2 trata-se do Programa de Saneamento Básico para População de Baixa Renda (PAT-ProSanear) que foi desenvolvido para o Complexo Jardim Irene, em Santo André, entre 2003 e 2006, com o objetivo de promover a urbanização integrada de assentamentos precários. Situado na região periférica da cidade, próxima ao Parque Natural Municipal do Pedroso, o Jardim Irene é caracterizado por topografia acidentada e ocupações irregulares em áreas de risco, como encostas e fundos de vale (Semasa, 2003). O projeto previa uma abordagem ampla e inovadora, integrando obras de drenagem, reassentamento de famílias, estabilização geotécnica, implantação de parques lineares, viário para pedestres e a construção de um Centro Educacional de Santo André (CESA). Essas intervenções buscavam articular infraestrutura urbana e melhorias sociais, promovendo uma redução da vulnerabilidade socioambiental e maior qualidade de vida para os moradores (Tavares, 2018; Marguti, 2018).

O desenvolvimento do projeto resultou de diretrizes governamentais que priorizavam a requalificação de assentamentos precários com foco em sustentabilidade. Em uma proposta multinível, o PAT-ProSanear envolveu a colaboração do Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (SEMASA) e do governo federal, além de contar com consultores externos e uma equipe técnica interdisciplinar que trabalhou em conjunto com a comunidade local. Apesar do planejamento detalhado, o projeto foi executado apenas parcialmente, em razão de restrições financeiras e mudanças nas prioridades administrativas, de acordo com entrevistados (Tavares, 2018).

Mesmo contando com um processo participativo, o PAT-ProSanear evidenciou limitações estruturais e operacionais que restringiram a adoção de práticas inovadoras nos assentamentos precários. Apesar de criar uma oportunidade para um processo com múltiplos atores, que envolveu colaboração técnica e social, o projeto enfrentou barreiras relacionadas à trajetória já consolidada de intervenções tradicionais. Alterações na gestão política municipal, durante a execução entre 2008 e 2009, foram determinantes para desvios em relação à concepção inicial. Dificuldades no licenciamento do Centro Educacional de Santo

André (CESA) do Jardim Irene comprometeram o andamento do projeto, assim como mudanças gradativas que reduziram as áreas verdes e transformaram a concepção urbanística da região. Além disso, foi construído um tanque de detenção que não constava originalmente no planejamento, alterando significativamente a integração do projeto com o contexto local (ROSSETO e MORENO, 2023).

Já a janela de oportunidade 3 da Figura 2 refere-se ao reservatório tipo piscinão Grã-Bretanha, localizado na sub-bacia do Ribeirão dos Meninos, um dos dois afluentes mais importantes para a bacia do Tamanduateí. Neste momento, dois reservatórios tipo piscinão na bacia do Tamanduateí foram pensados para ser multifuncionais, o reservatório Grã-Bretanha em Santo André e o reservatório do paço municipal, em Mauá. A ideia foi associar espaços de lazer dentro dos equipamentos, de acordo com entrevistados do regime incumbente. O ator proponente foi o DAEE, uma vez que a sub bacia relacionada a este reservatório faz divisa com o município de São Bernardo do Campo, o que torna essa bacia de domínio intermunicipal e, portanto, estadual.

Este projeto representa um certo avanço já que realiza uma tentativa de implantação de espaço multifuncional em detrimento de um espaço monofuncional, como são comumente projetados os reservatórios. Neste caso, foram projetadas quadras de esporte dentro do espaço do reservatório, bem como áreas verdes (Figura 4) No entanto, nota se que a solução adotada foi primordialmente o piscinão, o uso como área de lazer se mostra uma adaptação a solução que já estava contemplada no regime incumbente, sem modificação na forma de compreensão e intervenção. Assim, a área do reservatório recebia águas poluídas do Ribeirão dos Meninos e mesmo as águas pluviais não tratadas, o que o tornou um centro de doenças parasitárias e logo o espaço teve que ser fechado para uso de lazer (Marcondes et al., 2023).

Figura 4 - Recorte do projeto de arquitetura e paisagismo do Reservatório AM3-Grã Bretanha.

Fonte: DAEE (1999).

O que se destaca aqui é que há a percepção pelos atores de que houve uma má gerência do espaço, pois para os atores estaduais, este deveria ter manutenção e cuidados sob responsabilidade do governo municipal, já que financiou a construção do equipamento. Por outro lado, o município em diversos momentos deixou claro que não há capacidade financeira ou institucional para realizar manutenção frequente nos reservatórios, mesmo os instalados em seu domínio.

Nota-se, portanto, uma fragilidade na governança multiescalar e o próprio abandono da tentativa de novas técnicas, mesmo que híbridas, diante de um projeto que não deu certo.

A janela de oportunidade 4, por sua vez, representa um projeto que não foi executado de urbanização integrada, que contava com habitação, saneamento, e recuperação ambiental para o Núcleo Missionários em Santo André, em área periférica de alta vulnerabilidade socioambiental. A solução encontrada trata-se de infraestrutura híbrida, pois sugeria que o córrego Missionários fosse canalizado em formato aberto, mas que contasse com espaço verde em suas margens (Figura 5).

Figura 5 - Projeto de parque linear em urbanização de assentamentos precários no núcleo Missionários.

Fonte: CDHU e Geribello e Sandotécnica (2014).

O projeto foi originalmente sugerido pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo. Teve sua primeira fase iniciada, que se tratava da remoção das moradias irregulares do terreno. No entanto, as etapas subsequentes não foram realizadas, o que fez com que o território fosse novamente ocupado pelas moradias. No mais, não foram encontradas mais informações sobre o projeto e, durante as entrevistas, os atores o mencionaram com pouca ênfase, o que gerou a percepção de que havia incertezas sobre sua efetiva execução.

DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O subsistema de drenagem urbana de Santo André, no período entre 1990 e 2020, evidencia a consolidação de um regime sociotécnico estável fundamentado em soluções convencionais de engenharia hidráulica, sobretudo baseadas em infraestrutura cinza. Essa estabilidade decorre de um arcabouço institucional que envolve planos, programas e projetos que direcionam as intervenções no manejo de águas pluviais e inundações. O Plano Diretor de Drenagem (PDD), implementado em 1999, é reconhecido como pioneiro no país, tendo sido elaborado com base em diagnósticos detalhados e proposições que integram medidas estruturais, como bacias de detenção e diques, e ações não estruturais, como educação ambiental e programas de manutenção (COPLAENGE, 1999). Embora amplamente implementado, o PDD sofreu poucas atualizações ao longo do tempo, refletindo uma continuidade que privilegia a lógica de intervenções tradicionais (SEMASA, 2019). A revisão

mais recente do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) reforça essa abordagem ao priorizar obras de canalização e reservatórios, alinhando-se às diretrizes históricas do PDD e do Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (PDMAT) (SANTO ANDRÉ, 2019; DAEE, 2014).

No campo normativo, a forte articulação entre atores institucionais, como SEMASA, DAEE e a Prefeitura de Santo André, consolida práticas baseadas em rotinas cognitivas e compartilhamento de experiências acumuladas. O SEMASA, enquanto autarquia municipal, desempenhou papel crucial na coordenação e execução de intervenções até sua recente desestruturação, com a transferência de funções para a SABESP e secretarias municipais (SANTO ANDRÉ, 2019). Essa reorganização institucional, embora necessária para atender a demandas federais, como a universalização do saneamento básico prevista pela Lei nº 11.445/2007, resultou em um enfraquecimento da capacidade técnica e operacional local, limitando a autonomia do município para implementar medidas inovadoras (BOS e BROWN, 2013; DUARTE e MALHEIROS, 2012). As práticas de drenagem continuam, no entanto, fortemente vinculadas à estrutura estabelecida pelo SEMASA, com funcionários transferidos mantendo expertise acumulada ao longo de décadas (SANTO ANDRÉ, 2021).

O arcabouço regulatório existente direciona a alocação de recursos financeiros e a formulação de projetos, restringindo a experimentação de soluções híbridas ou baseadas na natureza. As normas técnicas associadas à execução de grandes estruturas hidráulicas, como piscinões e canalizações, são amplamente aceitas por formuladores de políticas e técnicos, configurando um regime de intervenções padronizadas (ROSSETO e TRAVASSOS, 2020). Tais práticas também refletem uma herança histórica de aprendizado incremental, que prioriza melhorias em técnicas existentes em detrimento de alternativas mais sustentáveis (GEELS, 2004).

No plano cognitivo, a percepção predominante entre os atores do sistema é de que grandes estruturas de engenharia representam a abordagem mais confiável e segura para a gestão de águas pluviais e controle de inundações. Essa visão está profundamente enraizada em décadas de práticas institucionais e sociais, moldadas por experiências passadas e resultados observáveis de intervenções convencionais. Essa percepção é reforçada pela ideia de que soluções baseadas na natureza são experimentalistas, incertas e inadequadas para lidar com as demandas urbanas de Santo André, onde os desafios de inundações são recorrentes e de grande magnitude (SEMASA, 2019).

Além disso, o regime cognitivo reflete uma dificuldade em imaginar soluções alternativas como práticas viáveis dentro do contexto urbano. A forte dependência de práticas estabelecidas se deve, em parte, ao capital social e técnico acumulado entre os atores envolvidos. Engenheiros e gestores frequentemente compartilham visões semelhantes sobre os problemas e soluções para drenagem, o que resulta na perpetuação de rotinas convencionais e na resistência à adoção de novos paradigmas. Como aponta Geels (2004), essas rotinas cognitivas estruturam a maneira como os atores interpretam problemas e identificam soluções, limitando sua capacidade de explorar abordagens inovadoras.

Outro elemento significativo dessa análise está relacionado à percepção da população usuária. Historicamente, as várzeas urbanas foram associadas à canalização e à construção de avenidas, consolidando uma narrativa cultural que privilegia a infraestrutura cinza como símbolo de progresso urbano e segurança contra desastres (HOYER et al., 2010). Essa perspectiva cria um obstáculo adicional para intervenções baseadas em infraestrutura verde, que muitas vezes demandam um esforço de comunicação pública para legitimação e aceitação social.

A estabilidade cognitiva é mantida por redes políticas e institucionais que reforçam essas práticas. O alinhamento entre formuladores de políticas, engenheiros e contratantes limita o espaço de ação para novas tecnologias. Esse alinhamento não apenas perpetua as práticas existentes, mas também inibe discussões mais amplas sobre resiliência climática e sustentabilidade urbana, perpetuando a dependência de modelos que não atendem plenamente às demandas contemporâneas impostas pelas mudanças climáticas (SANTO ANDRÉ, 2019).

A continuação de um regime sociotécnico baseado predominantemente em soluções convencionais de engenharia hidráulica em Santo André reflete não apenas um arcabouço institucional consolidado, mas também desafios estruturais, normativos e cognitivos que limitam a transição para abordagens mais sustentáveis. Entretanto, a análise dos regimes estabilizados não é suficiente para compreender as potencialidades de mudança. Para além dos limites impostos por práticas históricas, o município apresenta janelas de oportunidade que podem, quando adequadamente exploradas, promover uma transição gradual em direção a modelos híbridos e baseados na natureza.

Apesar das barreiras evidenciadas, algumas iniciativas locais, como o Parque Central e os reservatórios Santa Teresinha e Bom Pastor, indicam que soluções híbridas são possíveis, ainda que enfrentem desafios de manutenção e aceitação social. Essas intervenções, alinhadas a princípios das soluções baseadas na natureza, demonstram a viabilidade de integrar infraestrutura verde e azul ao planejamento urbano, promovendo benefícios que vão além do controle de inundações, incluindo melhoria da qualidade ambiental, aumento da biodiversidade e criação de espaços públicos multifuncionais.

Contudo, o sucesso desses nichos depende de um redesenho do arcabouço regulatório e institucional (Rosseto e Travassos, 2020). A atual centralização das decisões no nível municipal e a fragmentação entre os atores de diferentes escalas – municipal, estadual e federal – criam barreiras significativas. O exemplo do reservatório Grã-Bretanha ilustra essas limitações, evidenciando a necessidade de fortalecer as interações entre diferentes níveis de governo.

A resistência cognitiva às mudanças deve ser abordada de forma estratégica. A visão amplamente difundida de que grandes estruturas hidráulicas oferecem segurança e

confiabilidade precisa ser desconstruída. Um dos possíveis caminhos é a implementação de projetos que envolvem comunidades na concepção e manutenção de infraestruturas verdes. Em Santo André, iniciativas como o Pesqueiro Girassol, apesar de sua descontinuidade, apontam para um possível potencial de integração entre as demandas sociais e as soluções técnicas, desde que haja um esforço institucional para legitimar essas práticas.

A integração de soluções baseadas na natureza ao sistema de drenagem também precisa ser financiada. Atualmente, os recursos destinados ao manejo de águas pluviais são predominantemente alocados para projetos tradicionais, como piscinões e canalizações. Essa priorização reflete não apenas as normas técnicas vigentes, mas também uma lógica econômica que favorece intervenções de grande escala com resultados imediatos. Nesse contexto, políticas públicas que incentivem a diversificação das fontes de financiamento são importantes.

No entanto, para que essas mudanças ocorram, é necessário um esforço de adaptação institucional que vá além de ajustes incrementais. A experiência de Santo André sugere que a descontinuidade de políticas e a desestruturação de órgãos como o SEMASA são fatores críticos que comprometem a implementação de práticas inovadoras.

Este estudo reforça a relevância do uso da perspectiva multinível (MLP) para compreender os processos de transição em sistemas sociotécnicos complexos. A aplicação dessa ferramenta ao subsistema de drenagem de Santo André permitiu identificar não apenas os elementos que consolidam o regime incumbente, mas também os pontos de ruptura e as oportunidades de transformação. Nesse sentido, os resultados aqui apresentados podem servir como base para estudos comparativos em outros contextos urbanos, contribuindo para o desenvolvimento de um referencial teórico-prático para a implementação de soluções baseadas na natureza em sistemas de drenagem urbana.

Concluindo, a transição para um sistema de drenagem mais sustentável em Santo André requer uma combinação de fatores: um arcabouço institucional flexível e integrado, financiamento diversificado, engajamento comunitário e uma mudança cultural que legitime as soluções baseadas na natureza. Embora os desafios sejam significativos, as experiências locais indicam que há potencial para superar as barreiras existentes. Para isso, é essencial adotar uma abordagem de planejamento urbano que seja simultaneamente adaptativa, inclusiva e orientada para o longo prazo, reconhecendo as interdependências entre os sistemas sociotécnicos e ecológicos.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por meio do Processo n. 2020/10236-5; do Processo n. 2022/05722-3; e do Processo n. 2023/10072-0.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COPLAENGE. **Plano Diretor de Drenagem de Santo André. Relatório final.** Santo André: COPLAENGE, 1999.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Plano Diretor de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê.** São Paulo: DAEE, 2014.

DJAMAL, Rakanda Pranhana. Identification of hybrid green-grey infrastructure concept implementation in the municipality policy and plan: case study: DKI Jakarta and Sao Paulo. **Dissertação de mestrado**. Programa SPRING de Mestrado Internacional da Universidade Federal do ABC - TU Dortmund, 2023.

FRANTZESKAKI, Niki; ROK, Achim. Co-creating sustainable urban futures: A multi-actor perspective. **Urban Sustainability Transitions Series.** Cambridge: Cambridge University Press, 2018.

GEELS, Frank W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. **Research Policy**, v. 31, n. 8-9, p. 1257-1274, 2002.

GEELS, Frank W. The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 1, p. 24-40, 2011.

GEELS, Frank W.; SCHOT, Johan. Typology of sociotechnical transition pathways. **Research Policy,** v. 36, n. 3, p. 399-417, 2007.

GRIN, John; ROTMANS, Jan; SCHOT, Johan. **Transitions to Sustainable Development: New Directions in the Study of Long Term Transformative Change.** New York: Routledge, 2010.

HOYER, Jacqueline et al. **Water-sensitive Urban Design: Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future.** Melbourne: CIRIA, 2011.

KLINK, J.; DENALDI, R. Governança metropolitana e planejamento no Brasil: arranjos institucionais e padrões de integração em perspectiva comparada. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais,** v. 13, n. 2, p. 37-55, 2011.

LOORBACH, Derk et al. Governance in the energy transition: Practice of transition management in the Netherlands. **International Journal of Environmental Technology and Management,** v. 9, n. 2-3, p. 294-315, 2017.

MARCONDES, Marta, NASCIMENTO, Karina, ROCHA, Matheus, PIOVANI, Maria Vitória, MANFRIN, Gabriela, COSTA, Gabriela. Estudo de doenças transmitidas por insetos e ratos e

sua relação com a falta de manutenção dos piscinões pós episódios de enchentes, na região do Grande ABC. **Relatório de pesquisa**. São Caetano do Sul, 2023.

MARGUTI, Bárbara Oliveira. Políticas habitacionais e acesso à cidade no município de Santo André/SP. **Anais do XV Enanpur**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, 2018.

McPHILLIPS, Lauren E.; MATSLER, Amanda M. Temporal evolution of green stormwater infrastructure strategies in three US cities. **Frontiers in Built Environment,** v. 4, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fbuil.2018.00026.

McPHILLIPS, Lauren E. et al. What is the role of green stormwater infrastructure in managing extreme precipitation events? **Sustainable and Resilient Infrastructure**, v. 5, n. 4, p. 261-280, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1080/23789689.2020.1754625.

NAVARRO, Zander. **Sustentabilidade ambiental e desenvolvimento regional: o caso de Santo André.** Belo Horizonte: UFMG, 2011.

PENELOPA, Rafael. Parque Central: a paisagem recuperada. **RPAA – Rafael Penelopa Arquitetura e Arte,** 2015. Disponível em: http://rpaa.com.br/arte-paisagem/parque-central/.

ROSSETO, Giovanna; MORENO, Robson da Silva. O panorama das intervenções urbanísticas no Complexo Jardim Irene em Santo André/SP: reflexões e oportunidades. Trabalho apresentado no GT 21 – Urbanismo e Meio Ambiente, **Enanppas**, Belém, 2023.

ROSSETO, Giovanna; TRAVASSOS, Luciana. Transição para sustentabilidade em drenagem e manejo de águas pluviais: caminhos teóricos para a pesquisa empírica. **Encontro Nacional de Planejamento Urbano e Regional.** Universidade Federal do Pará, Belém, 2023.

SEMASA. PAT-ProSanear. **Jardim Irene.** Santo André: SEMASA, 2003.

SEMASA. PAT-ProSanear. **Jardim Irene: Textos e Desenhos – Projeto do Reservatório de Detenção no Jardim Irene.** Santo André: SEMASA, 2010.

TRAVASSOS, Luciana; MOMM, Sandra. Urban river interventions in São Paulo Municipality (Brazil): the challenge of ensuring justice in sociotechnical transitions. **Frontiers in Sustainable Cities**, v. 3, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3389/frsc.2021.684109.

TRAVASSOS, Luciana; MOMM, Sandra I. Recuperação socioambiental de fundos de vale urbanos na cidade de São Paulo, entre transformações e permanências. **Cadernos Metrópole,** v. 15, n. 29, p. 133-150, 2013.