

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade

Guilherme Guimarães Pallerosi

Trajectoria Tecnológica Ambiental: o caso da tecnologia de reuso de água do Polo Petroquímico do ABC.

São Carlos

2010

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Educação e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade

Guilherme Guimarães Pallerosi

Trajetória Tecnológica Ambiental: o caso da tecnologia de reuso de água do Polo Petroquímico do ABC.

Dissertação apresentada à Comissão Julgadora do Programa de Pós-Graduação em Ciência Tecnologia e Sociedade como exigência parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientação da Prof.^a Dr.^a Maria Teresa Miceli Kerbauy.

São Carlos
2010

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

P166tt

Pallerosi, Guilherme Guimarães.

Trajetória tecnológica ambiental : o caso da tecnologia de reuso de água do Pólo Petroquímico do ABC / Guilherme Guimarães Pallerosi. -- São Carlos : UFSCar, 2010.
128 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2010.

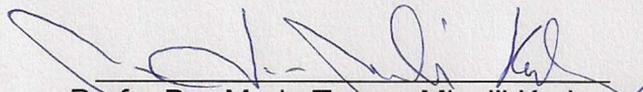
1. Desenvolvimento social - ciência, tecnologia e sociedade. 2. Tecnologia - aspectos sociais. 3. Sociologia ambiental. 4. Novas tecnologias - impacto social. I. Título.

CDD: 303.483 (20^a)

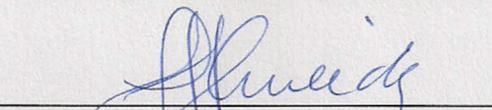


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE
Via Washington Luís, Km. 235-Cx. Postal 676. CEP: 13565-905 – São Carlos - SP
Telefone: (16) 3351-8417 - E-mail: ppgcts@power.ufscar.br - Site: www.ppgcts.ufscar.br

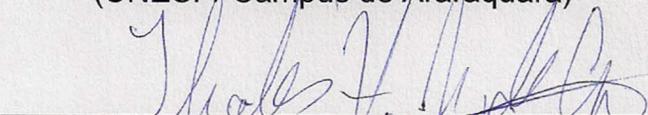
**BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE
Guilherme Guimarães Pallerosi**



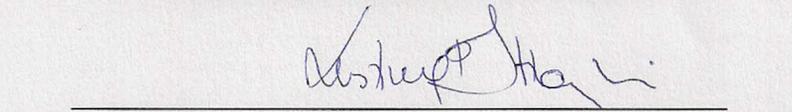
Prof.ª Dra Maria Tereza Micelli Kerbauy
Orientadora e Presidente
Universidade Federal de São Carlos



Prof.ª Luciana Togeiro de Almeida
Membro externo
(UNESP/ Campus de Araraquara)

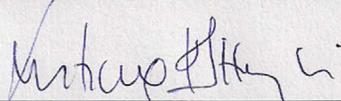


Prof. Dr. Thales Haddad Novaes de Andrade
Membro interno
Universidade Federal de São Carlos



Prof.ª Dra. Maria Cristina Piumbato Innocentini Hayashi
Membro interno
Universidade Federal de São Carlos

Submetida a defesa em sessão pública realizada em: 03/03/2010
Homologada na 30ª. reunião da CPG do PPGCTS, realizada em
26/03/2010



Prof.ª Dra. Maria Cristina Piumbato Innocentini Hayashi
Coordenadora do PPGCTS

Fomento:- CAPES/DS

No processo de alargamento do saber é de vez em quando necessário proceder a uma reordenação. Na maior parte dos casos a reordenação tem lugar mediante novas máximas, mas permanece sempre provisória.

Johann Wolfgang von Goethe

Dedico este trabalho aos meus pais.

AGRADECIMENTO

Agradeço inicialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade, da Universidade Federal de São Carlos e à CAPES (Conselho de Apoio à Pesquisa e ao Ensino Superior), que me beneficiou com bolsa de estudos, contribuindo de forma decisiva para o aprofundamento dos estudos sobre o tema. Obrigado à minha orientadora, Maria Teresa Miceli Kerbauy, e aos membros do Conselho de Pós-Graduação, José Angelo Rodrigues Gregolin, Maria Cristina Piumbato Innocentini Hayashi, Wanda Aparecida Machado Hoffmann e Valdemir Miotello, pelo empenho em prol dos estudos multidisciplinares na área de convergência entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). Agradeço também aos muitos amigos, colegas e familiares, pelas conversas calorosas, debates e críticas sobre o tema. Finalmente, gostaria de agradecer especialmente aos meus pais, pelo apoio, e à Laura, pela paciência e os conselhos tão necessários.

RESUMO

O trabalho investiga a construção do novo paradigma das tecnologias ambientais, por meio de um estudo de caso da tecnologia de reuso de água do Polo Petroquímico do ABC. Durante as últimas décadas do século XX, a sociedade passa por mudanças nos padrões de desenvolvimento, quando surge o conceito de tecnologia ambiental. Após a década de 1970, um amplo processo de questionamento social, pressões institucionais e limitações técnicas atuam sobre as tecnologias, impactando de diversas formas o sistema produtivo da indústria. A análise da trajetória da tecnologia ambiental de reuso de água possibilita algumas observações quanto ao processo de construção de um novo paradigma e contribui com reflexões pertinentes às transformações tecnológicas. Situado no Grande ABC, conjunto de municípios em área densamente urbanizada e industrializada, pertencente à região metropolitana de São Paulo, o Polo Petroquímico do ABC foi uma iniciativa importante para o estabelecimento dessa cadeia produtiva no país. Durante a década de 1980, o empreendimento passa a ser visto também como grande poluidor e consumidor de recursos naturais, exercendo pressões no sistema produtivo. A opção de um grande empreendimento petroquímico em captar efluentes tratados, ao invés de águas superficiais dos rios, pode parecer uma trajetória evidente para aquele sistema produtivo, no entanto, o estudo de caso demonstra que são inúmeros os elementos que coagem para a implantação da tecnologia ambiental.

ABSTRACT

We propose a reflection on the technological progress of the twentieth century and the significance of environmental technologies for the new millennium. The object of analysis are the hydric resources capitation techniques from the petrochemical industry of São Paulo. The metropolitan region of São Paulo is one of most populous areas of the country and with high pluviometric level. In the end of the twentieth century, several factors made the hydric resources a fundamental point for the productive system in this region, pressing for changes in water capitation technologies. The environmental technology of water reuse can be considered the unique technique really innovative between the others found during the field work. Even with the obvious advantages, a complex negotiation appears necessary for making new technological paradigms. The modern development, occurred throughout the twentieth century, brought technological advances that deeply influenced the society ways of life and environment, causing the saturation of the current development model. The society patterns of production and consumption began to be questioned from the emergence of social values of environmental preservation. In this context, the environmental technologies have become an important object of study, both for economics and for the social sciences, contributing to understanding of new technological paradigms.

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

- ANA** – Agência Nacional de Água
- ANT** – Actor Network Theory
- APOLO** - Associação das Indústrias do Polo Petroquímico do Grande ABC
- CFC** – Clorofluorcarboneto
- Conama** – Conselho Nacional do Meio Ambiente
- Consema** – Conselhos Municipais de Meio Ambiente
- Copene** – Companhia Petroquímica do Nordeste
- Copesul** – Companhia Petroquímica do Rio Grande do Sul
- CTS** – Ciência, Tecnologia e Sociedade
- FEHIDRO** - Fundo Estadual de Recursos Hídricos
- EIA** – Estudos de Impactos Ambientais
- ETA** – Estações de Tratamento de Águas
- ETE ABC** – Estação de Tratamento de Esgotos do Grande ABC
- ICMS** - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
- OCDE** – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
- ONG** – Organização Não Governamental
- ONU** _ Organização das Nações Unidas
- P&D** - Pesquisa e Desenvolvimento
- PNMA** – Política Nacional de Meio Ambiente
- PNRH** – Política Nacional de Recursos Hídricos
- PNUMA** _ Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
- RIMA** – Relatórios de Impacto Ambiental
- RMSP** – Região Metropolitana de São Paulo
- SABESP** – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SEPP** – Science, Engineering and Public Policy
- SIGRH** – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos
- SNI** – Sistema Nacional de Inovação
- SNRH** – Sistema Nacional de Recursos Hídricos
- STPP** – Science, Technology and Public Policy

SUMÁRIO

Apresentação	1
Introdução	3
1. Os Conceitos de Tecnologia e a Sociedade do Século XX	8
1.1. As Ciências Humanas e Sociais e o desenvolvimento tecnológico	9
1.2. Teoria social da modernidade e o papel da tecnologia na transformação	17
1.3. Novos conceitos de ciência, tecnologia e sociedade	22
1.4. Relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e a abordagem da Economia Evolucionista	25
1.5. O desenvolvimento tecnológico, a crise ambiental e a articulação social	38
2. Os Novos Arranjos Sociais e as Tecnologias Ambientais	40
2.1. Mudança de valores sociais	41
2.2. Os movimentos sociais brasileiros e a institucionalização ambiental	48
2.3. Da institucionalização da questão ambiental à macro regulação	51
2.4. Os novos arranjos sociais e a tecnologia de reuso de água	60
3. A Região do Grande ABC e a pressão sobre as tecnologias	63
3.1. Enquadramento do reuso de água do Polo Petroquímico do ABC	66
3.2. O setor petroquímico e as tecnologias ambientais	69
3.3. Industrialização brasileira e o primeiro polo petroquímico do Brasil	74
3.4. Crise do modelo econômico e os gargalos do Sistema Produtivo	79
3.5. A década de 1990 e a articulação regional	87
4. A Tecnologia de Reuso de Água do Polo Petroquímico	92
4.1. Histórico da implantação do Aquapolo Ambiental	93
4.2. As vantagens e o empreendedorismo da tecnologia ambiental	101
Conclusão	109
Bibliografia	112

Anexo 1 - Termo de Consentimento _____	122
Anexo 2 - Entrevista realizada em 1º/7/2009 _____	124
Anexo 3 - Entrevista realizada em 20/7/2009 _____	125
Anexo 4 - Entrevista realizada em 29/7/2009 _____	126
Anexo 5 - Entrevista realizada em 16/9/2009 _____	128

FIGURAS

Fig. 1 _ Síntese do conceito de flexibilidade interpretativa, segundo o Construtivismo Social da Tecnologia _____	29
Fig. 2 _ Esquema simplificado da Teoria Ator-Rede _____	32
Fig. 3 _ Representação de conceitos da Economia Evolucionista _____	36
Fig. 4 _ Ciclo de Vida dos Petroquímicos _____	71
Fig. 5 – Localização do Estado de São Paulo e da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê e; região metropolitana de São Paulo e bacia hidrográfica do Alto Tietê; região do Grande ABC e sub-bacia hidrográfica Billings/ Tamanduateí _____	81
Fig. 6 – Área de drenagem da sub-bacia hidrográfica Billings/ Tamanduateí, com destaque para municípios da região do Grande ABC _____	82
Fig. 7 – Ocupação urbana da área de manancial da sub-bacia hidrográfica Billings/ Tamanduateí, em 1974 _____	84
Fig. 8 – Ocupação urbana da área de manancial da sub-bacia hidrográfica Billings/ Tamanduateí, em 2003 _____	84
Fig. 9 – Articulação institucional do Grande ABC _____	89

QUADROS

Quadro 1 – Leis Federais e estaduais que influenciam o uso dos recursos hídricos _____	58
Quadro 2 - Distribuição das áreas de conhecimento da indústria petroquímica por funções e fornecedores de tecnologia _____	72
Quadro 3 – Opções para a captação de recursos hídricos apresentadas ao GT de abastecimento do Polo Petroquímico do ABC, e síntese das vantagens e problemas das alternativas técnicas de abastecimento _____	102

APRESENTAÇÃO

Por sugestão da banca de qualificação, a apresentação deste trabalho traça a trajetória do autor e do projeto de mestrado, com o compromisso de contextualizar a pesquisa. Em 2003, ao término do curso de Ciências Sociais na Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), apresentei um trabalho de Iniciação Científica sobre a evolução da legislação e dos modelos de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. Nesse trabalho, foi possível observar períodos com diferentes padrões de uso das águas durante o século XX, com destaque ao período posterior aos anos 70, com influência das mudanças da sociedade moderna na gestão das águas brasileiras.

A pesquisa dos recursos hídricos contribuiu para, posteriormente, trabalhar em consultorias na área ambiental, com estudo e diagnósticos socioeconômicos. Durante uma consultoria, em 2005, participei na elaboração do Relatório Ambiental Preliminar para o licenciamento do empreendimento que planejava usar o esgoto tratado da Estação de Tratamento de Efluentes do ABC para abastecer o Polo Petroquímico Capuava, o que chamou a minha atenção para a análise desta tecnologia ambiental. Em 2007, ao trabalhar na Secretaria de Desenvolvimento e Ação Regional da Prefeitura de Santo André, foi possível conhecer melhor o Polo Petroquímico, sua importância econômica para o Grande ABC e o impacto sobre o ambiente degradado da região metropolitana.

Diante desse histórico, no final do ano de 2007, apresentei ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade da UFSCar o projeto intitulado *Construção Social das Tecnologias de Baixo Impacto Ambiental: a estratégia tecnológica do Polo Petroquímico do ABC*. A proposta do projeto era investigar as tecnologias ambientais além dos aspectos técnicos, para compreender a complexa articulação existente nesse processo. Durante o processo de investigação teórica das tecnologias ambientais foi possível conhecer diferentes abordagens que analisam as tecnologias, algumas delas relacionando o progresso moderno com as mudanças sociais ocorridas nas últimas décadas do século XX.

Esta pesquisa é um esforço para compreender as tecnologias ambientais utilizando-se de abordagens interdisciplinares, com destaque ao campo de Ciência Tecnologia e Sociedade, à Economia Evolucionista, teorias do movimento ambientalista e das mudanças sociais do final do século XX. O estudo de caso do Polo Petroquímico do ABC se mostra bastante elucidativo e contribui para aplicação das reflexões teóricas elaboradas nos primeiros capítulos.

INTRODUÇÃO

Em Física, trajetória é o nome dado ao percurso realizado por um corpo no espaço, ou o conjunto de dados sobre a posição e a velocidade do objeto em movimento. A percepção do trajeto modifica-se com o referencial, cada observador contribui com sua visão para compreensão da trajetória. O estudo de determinada trajetória tecnológica é um esforço de análise por variados pontos de vista, buscando abarcar o maior número de dados para compreender o fenômeno e seu significado. As tecnologias ambientais são tratadas aqui como uma trajetória específica, viabilizada pelo contexto em que se encontra, podendo se tornar um amplo paradigma, ou servir apenas para fins específicos.

O conceito de tecnologia subentende a existência de uma corrente de pensamento ou concepção de mundo que oriente tais avanços. A sociedade moderna difundiu seu próprio conceito de tecnologia, juntamente a um modelo econômico e uma visão de mundo. Schumpeter (1985) relacionou o processo de inovação tecnológica à própria capacidade de regeneração do sistema capitalista. Em contraste com a tecnologia moderna, outras correntes de pensamento, distintas ou mesmo antagônicas àquele sistema econômico e ideais de progresso, elaboraram seus próprios conceitos de tecnologia. Como exemplos destacam-se as chamadas tecnologias apropriadas; ecotécnicas, e tecnologias sociais. Estes modelos conceituais de tecnologias alternativas surgiram em diferentes períodos e contextos, possuem conceitos teóricos e ideológicos que dialogam entre si, mas com projetos diferenciados.

A tecnologia apropriada surgiu com o movimento pacifista de Mahatma Gandhi para a independência da Índia, em 1909, defendendo a idéia de que as tecnologias deviam respeitar características específicas de cada comunidade, além de priorizar os recursos, conhecimentos, técnicas, necessidades e padrões culturais locais. As ecotécnicas surgiram na década de 1980, da corrente teórica do ecodesenvolvimento, que absorveu o conceito de tecnologia apropriada e adaptou-a aos critérios ecológicos de autossustentabilidade endógena (*self-reliance*). A tecnologia social é influenciada por correntes de pensamento do final do século

XX, que propõem tecnologias formuladas a partir de processos de decisão democráticos, com a participação dos atores interessados na sua construção (Graf, 2005; Sachs, 1986; Dagnino, Brandão, Novaes, 2004).

A mudança na trajetória de determinadas tecnologias, significa uma alteração nos princípios que regem o artefato tecnológico. Esta dissertação analisa algumas mudanças sociais ocorridas nas últimas décadas do século XX que podem ter influenciado o surgimento do conceito de tecnologias ambientais. O Polo Petroquímico Capuava, localizado na região do Grande ABC¹, aqui denominado Polo Petroquímico do ABC, possibilita um estudo de caso útil a essa reflexão. É um empreendimento do início da década de 1970, com importância histórica por seu pioneirismo na implantação de uma cadeia petroquímica/ plástica no Brasil.

Durante as duas últimas décadas do século XX, O Polo Petroquímico tornou-se um grande poluidor ambiental e consumidor desmedido de recursos naturais. Em 2008, anunciou-se uma grande iniciativa para substituir as técnicas de abastecimento de água convencionais por outra tecnologia, que utiliza efluentes domésticos tratados. A tecnologia de reuso de água do Polo Petroquímico do ABC pode ser considerada uma típica tecnologia ambiental, servindo como objeto de estudo desta investigação.

A definição das tecnologias ambientais em sistemas produtivos é ampla, podendo composta por técnicas paliativas e de menor importância, ou grandes inovações que reduzem drasticamente o impacto ambiental. As chamadas tecnologias de limpeza (*cleaning technologies*) são as mais difundidas e consistem em soluções pontuais rotuladas como *end-of-pipe*, concentrando-se na remoção de poluentes liberados ao final do sistema produtivo. As tecnologias limpas (*clean technologies*), ou tecnologias ambientais são aquelas que otimizam os processos produtivos existentes por meio do ajuste apropriado das máquinas, assegurando a

¹ Os municípios do ABC são: São Bernardo do Campo, Santo André, São Caetano do Sul, Mauá, Diadema, Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires, e fazem parte da região metropolitana da Grande São Paulo.

medida exata dos *inputs* e a redução de poluição durante e após a atividade econômica, evitando poluição desde o início do processo produtivo. As tecnologias ambientais radicalmente inovadoras são aquelas denominadas de tecnologias integradas de processo limpo (*clean-process-integrated-technologies*), pelas quais as conseqüências ambientais de um produto são pensadas desde o momento de sua concepção, envolvendo desde o seu design, passando pela seleção da matéria-prima e insumos em geral, o processo produtivo, embalagem, distribuição, consumo, até a disposição de seus resíduos (remoção, destinação e reciclagem do lixo). (Cramer e Zegfeld, 1991; Almeida, 1993; Almeida, 2001).

O primeiro objetivo da dissertação é fazer uma aproximação teórica entre o campo de pesquisa de Ciência, Tecnologia e Sociedade, da economia evolucionista e abordagens da questão ambiental moderna. Outra finalidade é analisar as tecnologias ambientais diante das mudanças sociais e ecológicas do final do século XX, com um estudo das técnicas de abastecimento de água do Polo Petroquímico do ABC, no período de 1994 a 2008. A metodologia empregada envolveu o levantamento de dados, a descrição desde a implantação do Polo e a contribuição da Tecnologia Ambiental para solução de problemas do sistema produtivo. Um panorama sócio-político-econômico serve como pano de fundo para se assistir à consolidação das normas legais e das novas técnicas. A partir daí, verifica-se a relação existente entre o momento histórico com a formação do Polo, que passa a ser o documento e testemunho de uma visão ambientalista.

Geograficamente, o foco da pesquisa localiza-se no ABC, por ser o centro industrial e estopim de uma expansão urbana e tecnológica. A base da pesquisa divide-se em 4 partes:

- 1^a) A investigação teórica do Capítulo 1 apresenta uma revisão bibliográfica dos expoentes das Ciências Sociais, Filosofia e Economia do Século XX, que contribuíram para estabelecer uma relação entre o progresso tecnológico e o desenvolvimento da sociedade moderna. A evolução teórica nos conduz aos autores contemporâneos, que contribuem com reflexões que explicam as bases das tecnologias ambientais.

- 2^a) As mudanças ocorridas nas relações sociais que influenciam as trajetórias tecnológicas do final do século XX e início do século XXI são analisadas no Capítulo 2. As idéias ambientalistas surgem em um contexto de mudanças de valores e de conceitos. Isto teve impacto nas instituições brasileiras, criando-se novos padrões para indústria e articulações entre grupos de interesses, com novos estímulos e pressões no sistema produtivo. Neste capítulo é feito a conceitualização da tecnologia ambiental de reuso de água e a problematização da hipótese.
- 3^a) A descrição do Polo Petroquímico do ABC e da tecnologia de reuso da água está no Capítulo 3. A ocupação da região metropolitana de São Paulo e do Grande ABC, com o pioneirismo industrial e a urbanização desordenada, contribui para a análise do objeto de estudo. A descrição do contexto em que a tecnologia de reuso de água se torna uma alternativa viável contribui para compreensão da complexidade envolvendo a questão ambiental.
- 4^a) Após o levantamento de dados, surge a questão mais importante, objeto de estudo da dissertação: a reutilização do esgoto doméstico tratado para fins industriais. A trajetória da Tecnologia Ambiental é abordada no Capítulo 4. Neste capítulo, alguns atores locais entrevistados durante o trabalho de campo, apresentam as alternativas disponíveis para o abastecimento de águas e as características que diferenciam a tecnologia ambiental.

A hipótese trabalhada é que a institucionalização de valores e conceitos ambientais do final do século XX viabiliza o surgimento de inovações tecnológicas ambientais radicais, como o caso da tecnologia de reuso de água. Esta afirmação baseia-se nos conceitos apresentados por expoentes da Economia Evolucionista, e é verificada no Capítulo 2, com a análise das leis ambientais e de gestão dos recursos hídricos. Apesar disso, o estudo de caso feito no Capítulo 3, problematiza esta hipótese com argumentos de autores de abordagem Construtivista, demonstrando uma relação que vai além da questão institucional, com um complexo jogo de articulação entre gargalos técnicos, interesses social e econômico.

Dessa forma, perguntamos: como se dá a escolha por tecnologias ambientais? O que é necessário para que este se torne um amplo paradigma tecnológico?

CAPITULO 1 - OS CONCEITOS DE TECNOLOGIA E A SOCIEDADE DO SÉCULO XX

Este capítulo aborda a evolução das reflexões sobre a tecnologia e sociedade, ao longo do século XX, para obter as diretrizes de análise do estudo de caso. Na primeira parte do capítulo, alguns pensadores das ciências humanas estabelecem as primeiras reflexões sobre a sociedade moderna que se formava e sua relação com o avanço da tecnologia. Em seguida, examina-se um momento de mudanças no pensamento e nas formas de ação da sociedade, com ênfase nos riscos do desenvolvimento técnico após a década de 1960. A terceira parte marca a ruptura com a concepção convencional de tecnologia, abrindo caminho para novas teorias. Apresenta-se na quarta parte, os novos campos de estudo e pesquisa, com destaque para a Economia Evolucionista, o Construtivismo Social da Tecnologia e a Teoria Ator-Rede. Enfim, a última parte consolida a análise das mudanças do pensamento do século XX, que inaugurou o conceito de tecnologia ambiental.

1.1. As Ciências Humanas e Sociais e o Desenvolvimento Tecnológico.

Durante as primeiras décadas do século XX, surgiram estudos nas ciências sociais, economia e outras disciplinas das ciências humanas, que tratavam especificamente da questão tecnológica e das influências desses avanços na sociedade moderna (Medina, 2000). Para situar a linha argumentativa deste estudo, examina-se a contribuição de alguns autores para a compreensão do tema. O debate sobre o progresso tecnológico no século convergiu de uma visão otimista para concepções mais críticas, que requerem um debate ético quanto aos avanços do conhecimento técnico.

Um exemplo da polêmica em torno da questão tecnológica está nos primeiros escritos de Karl Marx, que não se aprofundou no papel específico da tecnologia na sociedade, mas explicita uma posição dúbia reproduzida ao longo do século XX no pensamento econômico e social. A obra de Marx traz críticas contundentes à evolução tecnológica e sua capacidade de alienação, mas, em outros momentos, demonstra admiração pelas mudanças técnicas que aconteciam desde o século XIX, estabelecendo uma relação com as transformações sociais.

No manifesto de 1848, escrito durante a fase jovem de sua produção intelectual, afirma que “a burguesia só pode existir com a condição de revolucionar incessantemente os instrumentos de produção, por conseguinte, as relações de produção e, com isso, todas as relações sociais” (Marx, Engels, 1968, p. 25). Essa percepção da constante evolução das forças produtivas do sistema capitalista está presente em Marx e nos economistas e sociólogos seguidores do (ou inspirados pelo) marxismo.

Para o pensador, as tecnologias contêm um aspecto opressor, considerando-se a infraestrutura do sistema produtivo industrial do final do século XIX, e as relações de produção. Schmidt (2007) explica que, para Marx, as máquinas reduzem os trabalhadores a uma peça do sistema produtivo, desqualificando-os de sua existência natural, “a máquina não serve para aliviar a

labuta diária do trabalhador, a máquina é meio para produzir mais valia” (Marx, 1982, p.424). Nesse sentido, a técnica contém um fim em si próprio (*autopoiesis*), que funciona de forma autônoma à sociedade, sem valor substantivo, alienada de moral ou ética, esvaziando o significado do trabalho (Brüseke, 2005).

A tecnologia também poderia ser julgada apenas por sua eficiência, como instrumento de uma superestrutura que se apropria dos avanços para seus interesses. Esta outra faceta do pensamento marxista compreende a tecnologia com um significado utópico. Para Brüseke (2005), teóricos marxistas e liberais, entre as duas guerras mundiais do século XX, compartilhavam de uma visão utilitarista da tecnologia. Essa interpretação, segundo a teoria marxista, compreende que a tecnologia de forma instrumental e neutra, isto é, a boa ou má utilização depende das intenções do grupo que se apropria dela. Assim, a mesma infraestrutura tecnológica que aliena as classes trabalhadoras, também é determinada por uma superestrutura dominante, usando-a tanto para o bem coletivo como para o benefício particular (Geraldês, Sousa, 2008).

Do ponto de vista filosófico, a obra de Marx deixou interpretações ambíguas quanto ao conhecimento técnico-científico. Por um lado, a tecnologia é uma força autônoma que aliena o trabalhador, transformando sistematicamente o mundo profissional e a vida cotidiana. Em outros momentos, a tecnologia pode ser vista como um instrumento a favor da humanidade, que deve ser controlado pelos trabalhadores para que não se torne objeto de alienação e dominação:

O que gostaríamos de marcar fortemente na obra de Karl Marx é o caráter ambíguo da tecnologia. Ora ela é determinante, ora ela é determinada. Como dissemos antes, na obra de Marx, a tecnologia pode ser interpretada como infraestrutura ou como superestrutura. A implicação dessa ambiguidade é que a tecnologia pode ser determinante e, nesse sentido, ser neutra e autônoma, ou determinada pelo capital, ou seja, a serviço deste, orientada por este e, portanto, não autônoma e não neutra (Geraldês *et al.*, 2008, p.168).

As reflexões e interpretações das teorias de Marx marcam posteriormente alguns posicionamentos da questão tecnológica. As interpretações sublinham a

autonomia do progresso técnico e caracterizam o desenvolvimento tecnológico como determinista (campo da infraestrutura), que invade e domina sistematicamente o ser humano. Outro ponto de análise que prevaleceu em grande parte foi a visão de um domínio utilitarista da tecnologia (campo da superestrutura). Para Brüske (2005), a filosofia iluminista do século XVIII arquitetou o pensamento técnico e o ideário de progresso, contribuindo à predominância da visão instrumentalista e otimista em relação à tecnologia. O debate sobre a tecnologia tendeu ao afastamento da questão ética, creditando-se ao conhecimento técnico e ao avanço da ciência a superação de qualquer problemática.

Outro pensador fundamental para as Ciências Sociais, Max Weber contribuiu para uma visão menos otimista e mais crítica com relação a tecnologia. Ao lado de Karl Marx e outros pensadores, Weber ajudou a fundamentar a sociologia contemporânea, ampliando o debate sobre a sociedade capitalista ocidental no início do século XX. Com o intuito de entender a formação da sociedade que se desenvolvia sob a estrutura econômica capitalista, o autor demonstra a formação do pensamento moderno², refletido sobre as formas de ação racional, técnica e burocrática.

² Weber (1983, 2006) não conceitua o que é modernidade, mas cita diversas vezes a sociedade moderna ou o pensamento moderno como sinônimo de racional ou, algumas vezes, burocrática e desencantada. A definição da terminologia “modernidade”, fornecida por Bauman, em nota de seu capítulo introdutório, esclarece com o conceito:

Quero deixar claro desde o início que chamo de ‘modernidade’ um período histórico que começou na Europa Ocidental no século XVII com uma série de transformações sócio-estruturais e intelectuais profundas e atingiu sua maturidade primeiramente como projeto cultural, com avanço do Iluminismo e depois como forma de vida consumada, com o desenvolvimento da sociedade industrial (capitalista e, mais tarde, também comunista). Portanto *modernidade*, da forma como emprego o termo, de modo algum é idêntica a *modernismo*. Este é uma tendência intelectual (filosófica, literária, artística) que – com origens remontáveis a muitos eventos intelectuais específicos da era precedente – alcançou sua força integral no início deste século [séc.xx] e que em retrospecto pode ser vista (por analogia ao Iluminismo) como um “projeto de pós-modernidade ou um estágio preliminar da condição pós-moderna. Com o modernismo, a modernidade voltou o olhar sobre si mesma e tentou atingir a visão clara e a auto percepção que por fim revelariam sua impossibilidade, assim pavimentando o caminho para a reavaliação pós-moderna. (Bauman, 1999, p. 299 - 300)

A obra de Weber (1983) examina as causas que levaram à prevalência de um sistema econômico capitalista, sob o domínio do conhecimento tecnocientífico na sociedade moderna. Embora não tenha tratado especificamente do artefato tecnológico, mas principalmente da formação do pensamento racional e técnico, o foco de sua análise é um diagnóstico do *paradoxo da racionalização* moderna. Weber afasta-se da visão histórica do desenvolvimento material da sociedade, para investigar os significados que explicam a forma de agir dos indivíduos (Schluter, Henrich & Offe, 2007).

Para Weber, o pensamento racional é o método em que a sociedade moderna concebe as coisas, ou seja, as formas de agir e pensar dos indivíduos são movidas por uma *ética racional na conduta da vida*. Esta abordagem diferencia-se de outras por não entender o traço cultural ocidental como resultado de revoluções ou ações voluntárias, mas de processos históricos não intencionais, construídos aleatoriamente em processos de modernização, desencantamento, racionalização. Isto é, a sociedade moderna não é consequência apenas da evolução material, mas o fruto de novas formas de pensar e conceber as coisas (Schluter, et al., 2007). Segundo o autor,

a combinação de fatores que pode atribuir o fato de, na Civilização Ocidental, e somente na Civilização Ocidental, haverem aparecido fenômenos culturais dotados (como queremos crer) de um desenvolvimento universal em seu valor e significado. (Weber, 1983, p. 1).

A explicação para essa mudança de comportamento surge com uma nova ordem econômica e social, que rompeu com as relações tradicionais de trabalho. O capitalismo trouxe inicialmente uma ética religiosa para o mundo do trabalho e, em seguida, uma ética profissional para a vida em geral. Em uma de suas principais obras, Weber (1983) demonstra como aspectos de uma doutrina religiosa contribuíram com as formas de pensar e agir dos indivíduos, transformando-se gradualmente em um *ethos* independente. Esse modelo cultural desenvolveu-se de forma autônoma e alheia às condições éticas que o encadearam, tomando todo universo profissional e material do mundo capitalista pelo pensamento racionalista:

O puritano queria tornar-se um profissional, e todos tiveram que segui-lo. Pois quando o asceticismo foi levado para fora dos mosteiros e transferido para a vida profissional, passando a influenciar a moralidade secular, fê-lo contribuindo poderosamente para a formação da moderna ordem econômica e técnica ligada à produção em série através da máquina, que atualmente determina de maneira violenta o estilo de vida de todo indivíduo nascido sob este sistema, e não apenas daqueles diretamente atingidos pela aquisição econômica, e, quem sabe, o determinara até que a última tonelada de combustível tiver sido gasta. (Weber, 1983, p.130 e 131)

Para Weber (2006), a ciência e a técnica científica burocratizam o mundo em um constante processo de intelectualização e racionalização. Ou seja, os conhecimentos tradicionais são substituídos por uma nova razão, tecnicista e científica, rompendo com os conhecimentos locais em nome de um conceito universal de eficiência. O desencanto possui uma relação direta com a compreensão de mundo moderno, norteada pelo princípio da transformação racional da natureza e das relações humanas.

Weber traz à luz o fato de o ideário positivista de progresso e avanço tecnológico da modernidade ser uma nova forma de pensar e de enxergar o mundo: racionalista e desencantada. Essa forma moderna da vida, que rompe com o conhecimento tradicional em nome de um saber universal, contribui para entender o grande avanço material da sociedade capitalista ocidental. Adiciona-se uma nova dimensão àquela força autônoma que parece haver no desenvolvimento tecnológico, demonstrando que este é um fenômeno muito mais amplo do que imaginado pela visão utilitarista.

Para, Feenberg (2003) a crítica à tecnologia do século XX possui grande influência da visão determinista, influenciada pelo conceito de infraestrutura autônoma e alienadora. Um dos expoentes no campo da filosofia, Heidegger (2002), deu continuidade à crítica da modernidade. Assim como Weber, coloca em evidência o fato de o novo período moderno não se restringir a fenômenos econômicos ou ao progresso do sistema produtivo, mas a uma ampla mudança nas formas de pensar e agir. Em sua linha determinista, Heidegger questiona a

influência da tecnologia na vida social e alerta para as consequências da sociedade tecnológica, e para o impacto da tecnologia sobre as pessoas (Feenberg, 2003; Boutot, 1991).

Boutot (1991) explica que o interesse de Heidegger pela modernidade e pela técnica foi como filósofo dos fundamentos metafísicos da sua época, pois a essência da ciência moderna reside no projeto matemático da natureza, tal como descrito por Galileu, no século XVII. Heidegger também se aproxima do pensamento de Marx, quando afirma que a técnica enquanto ordenação do mundo não está nas mãos do homem, pois a vontade que rege a técnica moderna não tem outro objetivo senão a si mesma.

O fenômeno fundamental dos tempos modernos não é, porém, para Heidegger, a ciência, mas a técnica, de que a ciência não é ela própria senão uma das suas múltiplas facetas. [...] A técnica nunca tem, em Heidegger, um sentido estritamente tecnológico, mas tem uma significação metafísica e caracteriza o tipo de relação que o homem moderno tem com o mundo que o rodeia. (Boutot, 1991, p.94).

A filosofia de Heidegger alerta para o perigo no avanço de uma sociedade de base tecnológica e científica, contrapondo-se à visão positivista prevalecente. Para ele, a total instrumentalização da natureza, e o rompimento com todo conhecimento tradicional, transporta o indivíduo a uma realidade tecnicista, tomando-o pelo próprio mecanismo que criou; a essência humana e da natureza são substituídas pela lógica racional da eficiência (Feenberg, 2003; Boutot, 1991).

A reflexão filosófica determinista alerta à sujeição dos indivíduos, em relação à lógica da técnica, da eficácia, determinando a vida e transformando as instituições tradicionais. A preocupação em temáticas como a alienação humana e a necessidade de uma ética no desenvolvimento tecnológico passa a ser mais evidente em outros cientistas sociais, intelectuais e literatos após a década de 1930³. A

³ Houve crescentes manifestações quanto ao progresso moderno ao longo do século XX, marcadas pelas obras de autores. *O Admirável Mundo Novo*, de Huxley (1974), editado pela primeira vez em 1932, tornou-se um marco da literatura moderna. O livro conta a história fictícia de um mundo

contribuição da crítica determinista está (entre outras) na conscientização da amplitude que o avanço tecnológico toma na sociedade moderna. Enquanto Marx centrou a análise da tecnologia em relação ao trabalhador e ao sistema produtivo, Weber demonstrou a existência de um *ethos* racional que transforma e burocratiza o mundo. Heidegger preocupa-se com a forma como a técnica ordena o mundo, no qual a tecnologia transforma a vida e domina a essência humana.

Paralelamente ao trabalho de Heidegger, os pensadores da Escola de Frankfurt publicavam importantes trabalhos no final da década de 1940, traçando uma crítica neomarxista à razão instrumental e à técnica como formas de dominação (Adorno, Horkheimer, 1985). Porém, foi Marcuse (1967) quem dirigiu à crítica da tecnologia uma forma de *organizar, perpetuar (ou modificar) as relações sociais*. Apesar de romper com a concepção autônoma e determinista de Heidegger, o autor identifica-se com a tese de que o domínio técnico é uma extensão do processo de racionalização moderno. Segundo Feenberg (2005), o autor revelou que o desenvolvimento tecnológico tornou-se um importante instrumento de dominação de poucos sobre muitos. Segundo Marcuse (1967, p.81),

O comportamento humano se reveste da racionalidade do processo da máquina, e esta racionalidade tem um conteúdo social definido. O processo da máquina opera de acordo com as leis da produção de massa. A eficácia em termos de razão tecnológica é, ao mesmo tempo, eficácia em termos de eficiência lucrativa, e a racionalização é, ao mesmo tempo, padronização e concentração monopolistas.

O autor faz uso tanto das contribuições de Weber acerca do processo de racionalização, quanto de Heidegger e o efeito da tecnologia na transformação da vida dos indivíduos, e Marx, defendendo um maior domínio da sociedade nos meios produtivos. A visão predominante na obra de Marcuse é que as mudanças na

onde o progresso da ciência atinge os indivíduos ao ponto do mais extremado controle e padronização da vida humana. Segundo prefácio escrito pelo autor, a história justifica-se pela preocupação da racionalização dos governos que surgiam naquela época, com fortes indícios de padronização racional da vida e dominação tecnológica.

tecnologia e no processo de produção modificaram as formas de dominação de classe em relação ao sistema econômico do final do século XIX e início do século XX. Para o autor, a racionalidade do mercado de trabalho invade a vida dos indivíduos e passa a uma forma de interpretar o mundo, agindo de forma instrumental e estratégica, sem consciência dos fins daquele modo de agir.

As teorias desenvolvidas por pensadores como Habermas (1975) e Marcuse (1967) trazem uma convergência das reflexões que envolvem o desenvolvimento da sociedade e da tecnologia. Para os pensadores da segunda metade do século XX, havia a necessidade de um debate ético relacionado ao avanço técnico da humanidade. Alguns autores afirmam que o mesmo avanço observado nas reflexões teóricas sobre a tecnologia e o progresso técnico, ao longo do século XX, ocorrem também no cerne da sociedade, transformando os conceitos assim como a própria estrutura social.

1.2. Teoria Social da Modernidade e o Papel da Tecnologia na Transformação do Mundo

O interesse pelo progresso técnico da sociedade moderna, após a segunda metade do século XX, não se restringe ao pensamento teórico, considerando-se as demonstrações dos benefícios e do poder de destruição da tecnologia moderna, ao longo do período. A presença da tecnologia na vida dos indivíduos e as transformações na natureza provocadas por esse progresso ficam evidentes para a sociedade em diversas manifestações. Em meados do século XX, o pensamento teórico passa a reivindicar uma ética para o desenvolvimento técnico e econômico, e o mesmo ocorre com a sociedade em geral no período posterior, com a percepção de aspectos indesejáveis do desenvolvimento.

Para Bauman (1999), o conceito de modernidade pode ser definido como *um tempo que reflete a ordem*, uma organização do mundo, segundo parâmetros racionais, assim como o ser humano e seu habitat. A herança iluminista está ligada à ruptura com o mundo tradicional, e a existência moderna é sustentada pelo signo do projeto, do planejamento, da manipulação e da administração do mundo. A ciência moderna nasce da ambição de conquistar a Natureza, subordinando-a à vontade da razão humana. A Natureza, por sua vez, perde o significado que possuía antes do projeto moderno, ao ser instrumentalizada e organizada de forma sistemática tornando-se a fonte bruta de matérias-primas:

O conceito de Natureza, na sua acepção moderna, opõe-se ao conceito de humanidade pelo qual foi gerado. Representa o outro da humanidade. É o nome do que não tem objetivo ou significado. Despoja-se de integridade e significado inerente, a Natureza parece um objeto maleável às liberdades do homem. (Bauman, 1999, p. 48)

Para o autor, a racionalidade moderna e os princípios técnicos e científicos de ordenação da natureza podem trazer resultados ambivalentes, mesmo em uma lógica racional. A racionalidade e a ciência moderna, nascidas com o intuito de retirar o ser humano da barbárie, possuem intrinsecamente o signo da ordem e do caos em si. Alguns autores da teoria social contemporânea afirmam que o

pensamento racional substituiu as instituições tradicionais, produzindo um novo mundo, de acordo com suas próprias lógicas. A transformação da natureza e das relações sociais tradicionais torna-se intrínseca à sociedade, após meados do século XX percebem-se seqüelas. Beck (1998) define isto como a lógica da distribuição das riquezas e dos riscos da civilização contemporânea, como a produção social de benefícios, de consequências desconhecidas.

O período tratado por modernidade, para Beck (1998), relaciona-se de forma crescente com a produção de riscos. As forças produtivas humanas, as tecnologias e as regulações do Estado social podem reduzir, ou mesmo excluir socialmente, a *miséria material autêntica*. O processo de modernização gera riscos potenciais e ameaças, em parte, conhecidas pelo mundo científico. Em consequência da transformação da Natureza e da aplicação de tecnologias capazes de manipular o meio, a sociedade e os indivíduos, há riscos desconhecidos, que aumentam na proporção em que crescem o domínio e transformação da Natureza.

A mudança de concepções em relação ao progresso moderno amplia o debate a respeito da tecnologia para além de filósofos e cientistas. Beck explica que os riscos gerados pelo avanço tecnológico e pela transformação da Natureza são percebidos como ameaças desconhecidas. A consciência dos perigos do projeto moderno provoca um conflito entre a repartição das riquezas dos novos tempos (bem-estar social, emprego, acesso a tecnologias, etc.) e os seus riscos. Segundo ele, os riscos provenientes da industrialização deixaram de ser pessoais e locais, para chegarem uma escala global de ameaças.

O que Beck e os autores adeptos da teoria da *sociedade de risco* entendem por isso? Freitas e Gomez (1996) afirmam que o termo *risco* surge com o próprio processo de constituição das sociedades modernas, a partir do final do Renascimento e início das revoluções científicas. O conceito de risco que se conhece atualmente provém da teoria das probabilidades (do século XVII) e implica o esforço de previsibilidade das situações ou eventos por meio do conhecimento e da matemática. Com o desenvolvimento científico, tecnológico e as transformações na sociedade e na natureza, surgem novas dinâmicas e situações

de perigo, e o ser humano torna-se responsável pela geração, assim como pela remediação, de seus próprios males.

Freitas e Gomez (1996, p. 485) explicitam as situações compreendidas como eventos de riscos da modernidade:

Em nosso dia-a-dia, e cada vez mais, nos defrontamos com notícias referentes aos riscos que determinadas tecnologias, na forma de produtos ou processos industriais, podem causar à nossa saúde e ao meio ambiente. Através destas notícias, descobrimos que os campos eletromagnéticos de baixa frequência presentes em aparelhos domésticos ou computadores, que os medicamentos que utilizamos para tratar doenças, que os produtos utilizados nos alimentos que ingerimos, que os CFCs liberados pelo ar-condicionado que ligamos ou pelos sprays, que as substâncias resultantes da combustão da gasolina e os produtos encontrados nas águas que bebemos e nos banhamos causam riscos à nossa saúde. Riscos que estão presentes nos ambientes em que vivemos ou trabalhamos, atingindo as águas, os solos e o ar; que podem atingir desde as camadas mais baixas da atmosfera e, por conseguinte, o ar que respiramos, até as mais altas, provocando buracos até mesmo na camada de ozônio e podendo aumentar a incidência de casos de câncer.

Os autores baseiam-se no argumento de que a sociedade convive com uma concepção de riscos diferente no final do século XX. A consciência dos perigos abrangentes da modernidade intensifica-se com o avanço das tecnologias, mediante grandes eventos relacionados a esse avanço e à cobertura da imprensa e massificação dos meios de comunicação, que contribuem para uma mudança no status social dos riscos.

Nos anos de 1960, surgiram movimentos que não representavam necessariamente classes ou grupos com amplos ideais, mas pessoas com interesses em comum, como o caso do movimento ecologista ou ambientalista, como também passou a ser chamado. Os novos movimentos desse período não significam um rompimento com as instituições existentes, pois articulam seus interesses com as estruturas, negociando significados específicos. Assim, há o sindicato que reivindica vantagens às classes de trabalhadores; o feminismo a defende os direitos das mulheres; os ecologistas negociam a conservação da natureza; o movimento

negro defende a igualdade racial; pacifistas contra a guerra; artistas e comunicadores pelo direito de expressão, e assim por diante.

A ascensão do individualismo na sociedade moderna propiciou que novos atores entrassem no debate sobre riscos tecnológicos. Freitas e Gomez (1996) observam que novos grupos, como os ambientalistas, associações de moradores, grupos de interesse, organizações não governamentais e partidos políticos, que se somam àqueles comumente participantes das discussões sobre riscos industriais, tal como sindicatos, órgãos do governo e empresários. O novo status dos riscos, assim como o crescimento dos grupos representativos, tem como consequência uma maior participação, com outros grupos de interesses, formados na maior parte por iniciativa da sociedade civil, e um acréscimo de participação nos debates e processos acerca da tecnologia (Beck, 1997; Freitas e Gomez, 1996).

Os autores destacam o processo de autoconfrontação dos indivíduos em relação aos perigos e ameaças da sociedade moderna, como um novo período de autorreflexão, ou reflexão individualista, designado por *modernidade reflexiva*. Nesse contexto, o individualismo aparece nas reivindicações de grupos com interesses específicos, descritos como um *renascimento não institucional do político* (Beck, 1997). Giddens (1991) analisa a modernidade reflexiva não como ruptura com o período moderno, mas como uma fase em que a sociedade passa a entender melhor a si mesma. A modernidade reflexiva caracteriza-se por uma perda de confiança na autoridade da ciência e da tecnologia, ao passo que depende cada vez mais delas.

Diante da pulverização dos interesses e da consciência dos riscos do progresso moderno, cresce o debate sobre a questão ambiental, que pode ser considerado um dos reflexos mais marcantes dos fenômenos do final do século XX. A degradação da natureza, diante a opinião pública, ganha maior importância, principalmente pela falta de consenso entre os cientistas quanto aos riscos e implicações do avanço tecnológico.

O cerne do debate teórico, ao final do século XX, converge a um momento de autocrítica da sociedade, de forma mais ampla, que origina movimentos de

reivindicação de novas causas. Na década de 1960, aconteceram profundos questionamentos quanto à legitimidade do conhecimento científico, enquanto a sociedade civil manifestava crescentes receios quanto aos e riscos dos avanços técnicos e da degradação da natureza. Um expoente desse momento reflexivo é o livro de Carson (1962), *Primavera Silenciosa*, com extensa repercussão entre cientistas e ativistas do movimento ambientalista que se formava, abrindo o debate a propósito da ação humana sobre o meio ambiente.

1.3. Novos Conceitos de Ciência, Tecnologia e Sociedade

Durante a segunda metade do século XX, questionou-se o progresso técnico, por críticas teóricas e conceituais, ou no seio da sociedade, em movimentos e reivindicações de grupos de interesses. Apesar de a ciência e a tecnologia estarem no cerne da crítica ao progresso moderno, a Sociologia da Ciência, criada na década de 1930, defendeu o isolamento do conhecimento técnico. O principal fundador dessa disciplina foi Merton (1985), que se preocupava com a influência de aspectos sociais no conhecimento científico.

Em texto escrito no início da década de 1950, o autor apontou a preocupação que existia quanto à politização da ciência no início do século, que culminou nos ideais da Alemanha nazista, da Rússia socialista, além dos ataques de Hiroshima e de outras explosões atômicas alertando a comunidade científica para criação de um controle institucional. Incomodados com a demonstração de destrutividade das tecnologias modernas, Merton e seus seguidores, defendiam mecanismos de proteção das instituições científicas e tecnológicas das influências da sociedade.

Para entender o desenvolvimento científico e tecnológico ao longo da segunda metade do século XX, assim como as novas áreas de estudo e conhecimento que surgem depois da década de 1960, é importante analisar o trabalho de Merton (1974). Em seus primeiros estudos, o sociólogo examinou um complexo de condições sociais e culturais que influenciam a ciência e a tecnologia. Suas análises foram marcadas, inicialmente, pela obra de Mannheim (1982), que considerava todo conhecimento vinculado a uma forma social, impossibilitando a construção de uma verdade única. Rodrigues Jr. (2002) alega que a teoria de Mannheim foi superada por outras, caindo em um relativismo sem maior aprofundamento epistemológico, porém, Merton reconhece a influência do meio social sobre o conhecimento científico, e analisa a ciência pela perspectiva institucional, em busca de interdependência da estrutura social.

A Escola Mertoniana entendia que a ciência, enquanto instituição geradora do conhecimento legitimado, não deveria sofrer influências de condições sociais, políticas e culturais. Esse conceito apreende que a ciência faz parte da sociedade e exerce um papel de destaque, com grande influência na época moderna, e deve existir uma estrutura interna de funcionamento, para gerar conhecimentos desvinculados de ideologia ou influências da sociedade. Esse conceito prevaleceu entre os estudiosos da ciência, institucionalizaram a ciência e isolaram-na do meio externo por meio de normas e valores internos que legitimam o conhecimento.

As teorias do autor tornaram-se uma referência até a década de 1970, ao defenderem a ideia de que a ciência funciona como uma instituição social autônoma, consagrando (então) o *ethos* científico da sociedade moderna. Assim, a ciência busca autonomia do conhecimento intelectual e técnico, com o intuito de proporcionar-lhe uma maior legitimidade funcional e menor influência social. O conceito da corrente teórica mertoniana não questiona a ética da produção científica e tecnológica, pois relega essa reflexão à epistemologia ao preocupar-se em criar um ideário de ciência pura (Vessuri, 1999; Rodrigues Jr., 2002)

A ruptura com o conceito acrítico da ciência e da tecnologia surge em 1962, quando Kuhn (2007) “mudou toda a agenda de discussões não apenas da Sociologia da Ciência, como também da esquecida Sociologia do Conhecimento” (Rodrigues Jr, 2002, p. 121). A teoria de Kuhn questiona o conceito de a ciência ser uma instituição constituída basicamente por normas universais e valores empíricos, e demonstra a impossibilidade de separar o conhecimento científico da estrutura social. Os conceitos de Mannheim, Merton e Kuhn, trazem ideias complementares que contribuíram para uma grande renovação no pensamento intelectual do final do século XX, possibilitando criarem outros conceitos de tecnologias.

O aspecto que aproxima Kuhn e Merton é a importância que conferem à determinação do comportamento do cientista. Tanto nas teorias de Merton (1985) quanto nos conceitos formulados por Kuhn (2007), existe o interesse pela estrutura da prática do conhecimento científico. Os autores não se opõem nas

ideias, porém, para Merton, as normas sociais afetam a atividade científica, e que Kuhn demonstrou que era afetado também por normas cognitivas, próprias de qualquer relação social⁴. Essa visão mudou radicalmente os rumos da teoria mertoniana, reforçando o conceito de que a instituição científica não poderia ser mantida fechada, fora dos debates epistemológicos e éticos (Kropf, Lima, 1999).

Kuhn (2007, p. 67) explica que a estrutura do progresso técnico e científico baseia-se no constante rompimento com os paradigmas existentes nas teorias científicas. Um paradigma, para o autor, é o conhecimento consagrado “revelado nos manuais, conferências e exercícios de laboratórios”, que constituem um consenso na comunidade científica. A quebra de um paradigma funciona como uma revolução nos conceitos aceitos como legítimos, com uma articulação ampla entre o novo conhecimento e o velho paradigma.

Esse conceito contribui para os estudos do desenvolvimento científico e tecnológico, porque demonstra a relevância do conteúdo social (crenças, valores, consensos) para a validação de muitas descobertas da ciência. A forma como Kuhn descreve o funcionamento da ciência tem ecos epistemológicos, que renovam a reflexão iniciada por Mannhein, ao questionar o que se concebe por verdade (Rodrigues Jr, 2002). As novas metodologias de análise da tecnologia enxergam, cada vez mais, a tecnologia como elemento participante do avanço da sociedade, com a necessidade de analisar a construção do conhecimento técnico e as trajetórias das tecnologias.

⁴ Na obra de Paulo Freire (2005), um autor que investigou o ato cognitivo no processo de aprendizagem e alfabetização, há explanações sobre o conceito. O cognitivo está presente em qualquer troca de informação e não funciona de forma hierarquizada, o conhecimento não se dá pelo outro, mas pela problematização do conhecimento recebido. Desta forma, entende-se a dificuldade de se tratar o conhecimento científico como autônomo à sociedade, desconectado da totalidade, pois, o diálogo é seguido de ação e reflexão, sofrendo interferência das vivências e experiências individuais, e a consequência é uma transformação mútua, tanto para o transmissor quanto para o receptor da informação. A norma cognitiva da ciência, descoberta por Kuhn, rompe com a tentativa de isolamento do conhecimento, uma vez não existe conhecimento separado do meio no qual é gerado.

1.4. Relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e a abordagem da Economia Evolucionista

O debate iniciado pelos pensadores das Ciências Sociais intensifica-se a partir da década de 1960. A crítica feita ao progresso moderno e a pressão social pelo desenvolvimento tecnológico modificam o conceito de tecnologia. Para Medina (2000), a obra de Kuhn vista por autores das décadas seguintes desencadearia uma guinada sociológica que transcenderia a filosofia da própria obra. Após a segunda metade do século XX, a ciência, o avanço da tecnologia e o conceito de inovação tornam-se a principal orientação de países e empresas. Esse acirramento acontece ao passo em que algumas correntes de pensamento se voltam à interação entre tecnologia e sociedade.

Durante o período da Guerra Fria, a inovação torna-se a principal orientação dos países com intenções bélicas, assim como para empresários, em vista da melhoria da competitividade econômica das empresas. Ainda nos anos 1960 surgem os programas de Ciência Tecnologia e Políticas Públicas, e Ciência, Engenharia e Políticas Públicas (STPP - *Science, Technology and Public Policy*, e SEPP - *Science, Engineering and Public Policy*). Essas escolas não possuíam um signo crítico, mas compreendiam a inovação científica e tecnológica como fruto das interações políticas, econômicas e acadêmicas (Dagnino *et al.*, 2004; Medina, 2000).

A Sociologia do Conhecimento Científico, inaugurada pelos debates de Merton e Kuhn, aprofundou a relação cognitiva entre ciência, sociedade e tecnologia. A Escola de Edimburgo, surgida na Escócia no início dos anos 1970, é um dos primeiros expoentes dessa linha de pensamento, com o chamado Programa Forte da Sociologia do Conhecimento Científico, que compõe sua base teórica em uma crítica epistemológica da ciência e da tecnologia, com elementos da Filosofia, da História e da Sociologia, ao desenvolver questões conceituais, presentes nas obras de Durkheim, Mannheim e Znaniecki. No mesmo período, surgiam na América do Norte (EUA) os programas de Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS (STS - *Science, Technology and Society*), contrapondo-se ao ideal de conhecimento técnico e científico neutros (Rodrigues Jr, 2002).

Estas novas concepções a respeito da ciência e da tecnologia reavivam e complementam as teorias de economistas evolucionistas do início do século. Bourdieu (2004) expressa isto dizendo que o conhecimento científico e tecnológico são campos de disputas entre pontos de vista. Para o autor, existem pressões externas e conflitos internos ao conhecimento científico, que unem o mundo social, pois os conflitos intelectuais do mundo técnico e científico também são políticos.

Em outras palavras, é preciso escapar à alternativa da “ciência pura”, totalmente livre de qualquer necessidade social, e da “ciência escrava”, sujeita a todas as demandas político-econômicas. O campo científico é um mundo social, e como tal, faz imposições, solicitações etc., que são, no entanto, relativamente independentes das pressões do mundo social global que o envolve (Bourdieu, 2004, p. 21).

Dentre as escolas de pensamento surgidas, principalmente, na década de 1980, e que analisam as relações da sociedade e a tecnologia, destacam-se três contribuições baseadas nos conceitos de construtivismo social da tecnologia, dos sociólogos da tecnologia Wiebe Bijker e Trevor Pinch, Thomas Hughes (1987); de ator-rede, associada a Michael Callon (1982), Bruno Latour (1986) e John Law (1987); e da economia evolucionista, baseada na obra de autores neoschumpeterianos, como Nelson e Winter (1982), entre outros. Essas correntes de pensamento possuem em comum o conceito de que não existem relações de causalidade monodirecionais entre o social e o tecnológico, com o argumento central de que a tecnologia é socialmente construída por grupos sociais ou instituições relevantes no âmbito da sociedade. (Dagnino *et al*, 2004, Romeiro *et al*, 1992)

A abordagem do construtivismo social, também conhecida como o enfoque da construção social da tecnologia, surgiu em associação com as abordagens do sistema tecnológico e ator-rede, tendo em vista as relações entre os atores sociais e os sistemas técnicos. A tese central construtivista se estabelece após 1984, e procura mostrar que o caminho que vai de uma ideia brilhante a uma aplicação tecnológica bem-sucedida (inovação) é longo e sinuoso. Os autores explicam que o

processo de construção das tecnologias é composto por diversas alternativas viáveis, abandonadas durante o processo por razões que têm mais a ver com valores e interesses sociais do que com a superioridade técnica da escolha final. As tecnologias e as teorias não são determinadas unicamente por critérios científicos e técnicos: as tecnologias são construídas socialmente, ao passo que grupos de consumidores, interesses políticos e outros fatores similares influenciam não apenas a forma final que toma a tecnologia, mas seu conteúdo (Dagnino *et al*, 2004).

Para Bijker, Law e seus colaboradores (1992), as tecnologias são como um espelho da sociedade, ao reproduzir e incorporar uma complexa inter-relação de fatores heterogêneos.

Rather, we are saying that all technologies are shaped by and mirror the complex trade-offs that make up our societies; technologies that work well are no different in this respect from those fail. The idea of a pure technology is nonsense. Technologies always embody compromise. Politics, economics, theories of the materials, notions about what is beautiful or worthwhile, professional preferences, prejudices and skills, designs tolls, available raw materials, theories about the behavior of the natural environment – all of these are thrown into the melting pot whenever an artifacts is designed or built. [...] Technologies, we are saying, are shaped. They are shaped by a range of heterogeneous factor. And, it also fallows, they might have been otherwise (Bijker, Law, 1992, p. 3).

Os autores afirmam não existir afastamento entre a engenharia e o mundo social. A tecnologia é onipresente na vida moderna, pois, enquanto modela o cotidiano das pessoas, também funciona como motor da economia, com relevância política e social. A tecnologia sempre é, em diferentes medidas, fruto de negociação e disputa entre grupos com interesses diversos. De acordo com a visão construtivista-social da tecnologia, o desenvolvimento de artefatos tecnológicos ocorre com base nos significados associados aos diversos grupos sociais relevantes. Isto é, os grupos envolvidos com determinado artefato estão no meio sócio-cultural e político, definindo os significados que serão denotados ao artefato (Pinch, Bijker, 1987).

Para explicar o conceito de construção social da tecnologia, os autores usam a *flexibilidade interpretativa*. Ou seja, entre os inúmeros caminhos possíveis durante a construção de um artefato, acontecem interpretações dos significados embutidos naquela tecnologia, implicando uma disputa entre os diversos atores envolvidos de forma direta ou indireta. Diante das controvérsias relacionadas ao *design* de determinada tecnologia, o modelo final do artefato é como uma espécie de consenso entre os grupos, com diferentes características impostas à tecnologia durante o processo de articulação. Para concretizar a proposta original de conceber ou adaptar uma tecnologia, surge a redefinição dos problemas iniciais, em uma negociação entre grupos relevantes.

Pela a visão construtivista-social da tecnologia, o desenvolvimento tecnológico se baseia nos significados associados aos grupos representativos que atuam de alguma forma naquele processo. Com isso, determinada opção tecnológica não se relaciona apenas a grupos de especialistas e tecnólogos, mas está inserida em um contexto amplo. Os artefatos tecnológicos não se restringem a uma lógica intrínseca, por sofrerem variados níveis de influência social. Desta forma, Bijker (1995) afirma que o poder de influência é uma peça fundamental no desenvolvimento tecnológico.

O autor destaca duas características principais do seu conceito de poder: o *semiótico* e as *micropolíticas*. O poder semiótico é embasado em determinada estrutura tecnológica predeterminada e representa o paradigma tecnológico do momento, o lado estrutural da moeda do poder, com significados fixos. As micropolíticas são novas ideias e tendências às estruturas tecnológicas existentes e representam o lado da ação, na qual a moeda do poder atua com uma variedade de práticas que influenciam as ações dos agentes. Micropolíticas do poder não são estratégias conscientes e tampouco têm um único ponto central, pois atuam de múltiplas formas, com novos significados de grupos representativos. A flexibilidade interpretativa dada a uma tecnologia resulta de uma negociação entre esses poderes, prevalecendo os significados dos grupos mais obstinados. O consenso resulta em uma nova *estrutura tecnológica*.

A Fig. 1 sintetiza: 1) diversos grupos sociais relevantes, dispostos em um ambiente amplo e diversificado, com interesses próprios pelo artefato tecnológico; 2) o poder semiótico (paradigmático) e as micropolíticas (múltiplos significados) negociam os pontos de vista sobre a tecnologia; 3) a obstinação dos grupos representativos em seus interesses dão ao artefato tecnológico uma flexibilidade interpretativa; 4) a flexibilidade diminui no decorrer da definição dos interesses dos grupos, com um *fechamento* consensual de significados; 5) define-se a *estrutura tecnológica* específica àquele artefato - a estrutura tecnológica é constituída de significados dos grupos sociais relevantes, manifestos em uma gama de objetivos, problemas, conhecimentos e práticas que se estabelecem ao redor do artefato tecnológico; 6) a estabilização da tecnologia.

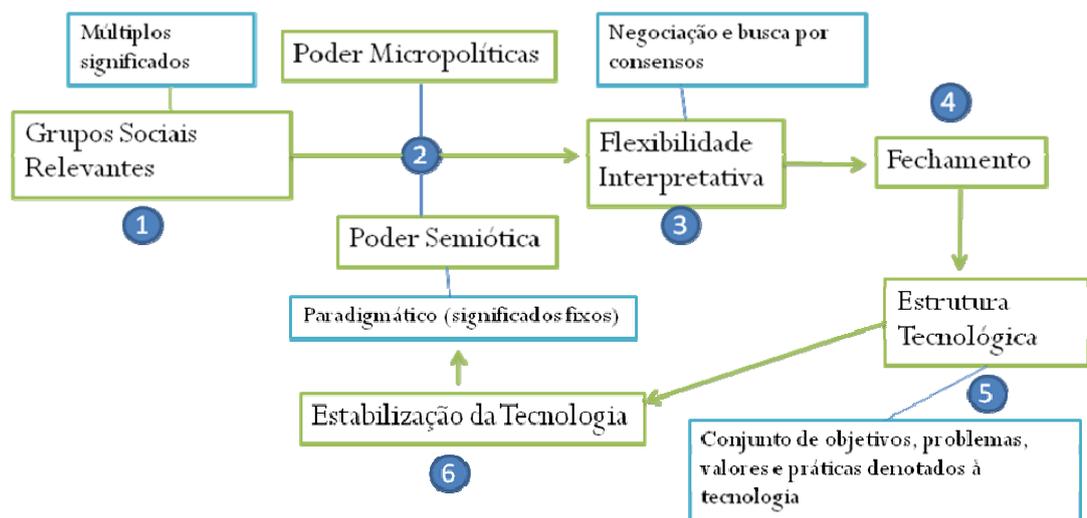


Fig. 1 Síntese do conceito de flexibilidade interpretativa, segundo o Construtivismo Social da Tecnologia

Fonte: Adaptado de Pinch, Bijker (1987), Bijker, Law (1992), Bijker (1995) e Silva (2007).

Quando o significado associado ao artefato tecnológico se estabiliza e se torna fixo, pode ser interpretado como o primeiro passo à constituição do novo poder semiótico, com um caráter cíclico de renovação das tecnologias, com novos significados e características trazidas por demandas sociais. Esses conceitos podem contribuir para a compreensão das tecnologias ambientais do final do século XX,

diante das transformações da sociedade moderna e do surgimento de grupos com novos interesses e preocupações quanto à produção de riscos.

Não é difícil identificar a mudança nas práticas e na organização social da década de 1960 até os dias atuais, com uma diversidade de novos valores, instituições, traços culturais, políticas, economias, etc. Pinch e Bijker (1990) ressaltam que a possibilidade de diversas alternativas técnicas para um problema, como a escolha entre elas, torna-se ao mesmo tempo técnica e política. Nesse contexto, as mudanças sociais das últimas décadas do século XX possuem uma relação direta com o surgimento do conceito de tecnologia ambiental.

Outra escola de pensamento surgida quase simultaneamente ao construtivismo-social, e que estabelece um diálogo com essas teorias é a abordagem da Teoria Ator-Rede (ANT - *Actor Network Theory*). Essa abordagem contribui para a compreensão da complexidade dos grupos de atores que influenciam o desenvolvimento tecnológico, porque investiga o processo sistêmico de constituição dos artefatos tecnológicos, e analisa o papel de elementos humanos e não humanos na produção científica e tecnológica.

A abordagem do ator-rede amplia a compreensão ao extrapolar o conceito convencional de ator. Para Callon (1992), existe uma rede que envolve qualquer projeto tecnológico, formada por um conjunto heterogêneo de elementos, naturais ou sociais, animados ou inanimados, modelando influenciando a forma da tecnologia. Estes elementos não são apenas cientistas, inventores, pesquisadores ou engenheiros, mas também gerentes, trabalhadores, agências de governo, consumidores, usuários, condições naturais, ideologias, doutrinas religiosas e outra infinidade de coisas. Para Law (1987), a tecnologia não é algo monocausal, pois os elementos heterogêneos unem-se em rede e convergem sob formas de conhecimento expressas pelos mais variados atores. Assim, na medida em que as relações sociais podem moldar os artefatos, estes também podem moldar as relações sociais.

Pela diversidade de atores que exercem influência, como explicar a definição de determinadas estruturas ou trajetórias tecnológicas, como as caracteristicamente ambientais? A tradução é um importante conceito da abordagem ator-rede, para explicar como os atores chamados “porta-vozes” conseguem convencer os demais da importância e viabilidade de determinado artefato tecnológico, em detrimento de opções concorrentes. O conceito de tradução surge da necessidade de superar a falha da sociologia tradicional, que trata imparcialmente os diferentes protagonistas inseridos em contextos de produção científica e tecnológica, sem considerar a imposição da vontade de um perante os demais (Callon, 1986).

Latour (1986) explica o termo, como a capacidade de traduzir interesses em nome de outrem, definindo-o como *Modelo de Tradução de Poder*, do qual determinado projeto tecnológico resulta das ações de uma corrente de atores que o “traduzem” de acordo com seus próprios objetivos. Existem diferentes momentos na tradução, que se inicia pelo processo de problematização, quando os atores procuram uma definição do problema que transmita seus pontos de vista. No segundo momento, acontece o processo de atração do interesse (*interessement*), quando os atores procuram atrair adeptos às suas ideias, passando então para um processo de envolvimento (*enrolment*), com estratégias para a construção de um sistema de alianças estabilizado. Finalmente, o processo de mobilização define métodos para garantir que o porta-voz nomeado seja capaz de representar o grupo e seus interesses (Callon, 1983).

A Fig. 2 mostra um esquema simplificado da rede envolvida com a tecnologia, pela tradução de interesses: 1) diante um ambiente com inúmeros elementos atuantes, forma-se uma rede heterogênea voltada à construção do artefato tecnológico; 2) elementos atuantes naquele momento geram conhecimentos, valores, interesses, etc. que interagem de forma cognitiva; 3) essas redes entram em processo de negociação, em que os elementos traduzem seus interesses, convencendo os demais atores da importância e viabilidade de determinadas características que serão incluídas ao artefato tecnológico; 5) essa

visão sistêmica demonstra, em um jogo de interesses e poder, o processo pelo qual os atores dão forma ao projeto de um artefato tecnológico.

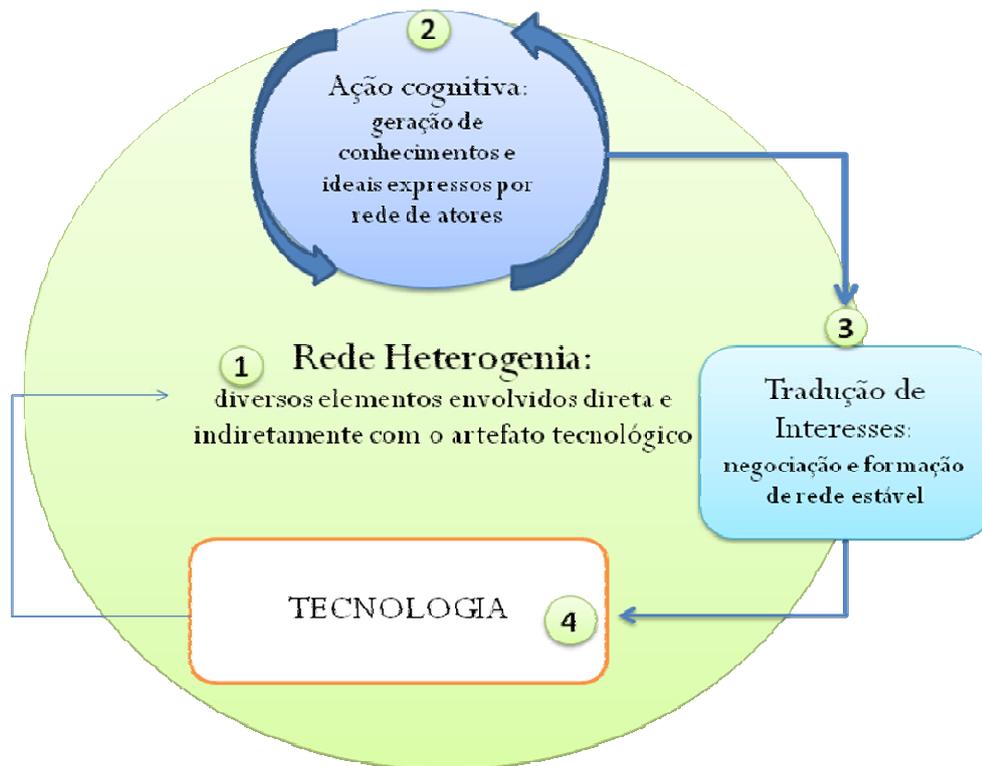


Fig. 2 Esquema simplificado da Teoria Ator-Rede

Fonte: Adaptado de Callon (1983, 1992), Latour (1986), Law (1987), Silva (2007).

Apesar da grande contribuição analítica que as abordagens sociológicas trazem ao entendimento das tecnologias, existem limitações, devidas ao tímido avanço das metodologias interdisciplinares de análise dos fenômenos. Para as análises do desenvolvimento tecnológico, destaca-se a carência de aproximações entre análises sociológicas e econômicas. As duas abordagens da Sociologia da Tecnologia, surgidas ao final do século XX, mostram aspectos cognitivos da negociação e obtenção de consensos durante o desenvolvimento tecnológico. Essas teorias explicam como questões presentes na sociedade, como novos significados e interesses dos grupos sociais se refletem no avanço das tecnologias. Apesar da grande contribuição, o mote das mudanças não é abordado, pois centra-se no processo de como as mudanças tecnológicas acontecem e não nas motivações.

A corrente da economia evolutiva apresenta uma possibilidade de diálogo com as abordagens do campo de CTS, para compreender os fatores que fomentam as trajetórias tecnológicas. Essa abordagem econômica desenvolve a ideia de que a produção tecnológica origina-se em um ambiente concorrencial e considera a inovação uma peça essencial para a economia capitalista. A economia evolucionista explica essa dinâmica em paralelo à Biologia. A perspectiva econômica desses autores contribui também para análises empíricas da tecnologia, ao estabelecerem as categorias de atores com base nas instituições da sociedade, que influenciam as trajetórias em um sistema dinâmico e em contínua transformação.

Concomitantemente à Filosofia e à Sociologia, que procuravam entender o avanço tecnológico, a Economia buscou explicações aos fenômenos ao longo do século XX. Para uma melhor compreensão da abordagem da economia evolucionista, contrapõe-se a concepção mais usual no decorrer do período: dos neoclássicos. Os chamados economistas neoclássicos, ortodoxos, ou utilitaristas, tiveram grande influência no pensamento econômico do século XX, ao explicar o desenvolvimento tecnológico de forma linear, de acordo com as demandas do mercado.

Para Romeiro e Salles Filho (1996), a economia neoclássica entende a tecnologia como uma variável independente. Dessa forma, considera-se a tecnologia passível de adequações pelo sistema produtivo, conforme surgem as necessidades, com uma conotação utilitarista que desconsidera as variáveis externas (Andrade, 2003). Diante de novas demandas que poderiam estagnar o crescimento, tal como a escassez de recursos naturais ou restrições impostas por regras do mercado, os agentes econômicos deveriam incorporar novas técnicas para resolver os problemas. Veiga (2006) afirma que convencionou-se pensar no progresso científico e tecnológico como capaz de superar qualquer empecilho ao crescimento econômico, até mesmo gargalos ambientais.

Para os autores, o modelo neoclássico de inovações induzidas mostra-se insatisfatório, pelo fato de não explicar a complexidade das mudanças nos padrões tecnológicos, considerando-os eventos independentes e facilmente moldáveis. No

caso do debate ambiental, essa teoria mostra-se ineficiente e baseia-se apenas em adaptações da escassez de recursos, sem considerar que as mudanças tecnológicas possam ser influenciadas por fenômenos que regulam os mecanismos de mercado.

A economia evolucionista, ou neo-schumpeteriana, oferece uma análise mais dinâmica do fenômeno tecnológico, com relação aos utilitaristas, afirmando que as inovações tecnológicas são fenômenos complexos de busca por soluções para gargalos apresentados aos agentes econômicos.

A teoria econômica de Schumpeter (1985) deu um impulso à construção da agenda da inovação após a década de 1960. A visão evolucionista baseia-se nos estudos do autor realizados durante a primeira metade do século XX, que foi um dos pioneiros a tratar da questão específica da tecnologia em relação ao desenvolvimento econômico capitalista. Segundo ele, os investimentos em novas combinações de produtos e processos produtivos das empresas capitalistas repercutem diretamente no desempenho do mercado, de modo que o moderno empresário deve desempenhar o papel de líder econômico e empreendedor tecnológico.

Schumpeter influenciou o termo “inovação” difundido no âmbito da OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, para promover uma interação mais efetiva entre o setor produtivo e as áreas de pesquisa e conhecimento. Isso ocorreu no momento em que a abertura de mercados e o aumento da competitividade internacional levaram empresas e governos a estabelecerem sinergias que envolviam pesquisa tecnológica e política industrial, para manter as taxas de crescimento econômico (Romeiro *et al*, 1996; Andrade, 2003).

Para Schumpeter, o desenvolvimento econômico capitalista progride de forma cíclica, entrando em períodos de estagnação e depois, voltando a crescer. A inovação tecnológica (ou gerencial, organizacional, etc.) é a maior responsável em trazer impulsos renovados para a economia. Assim, criam-se novos bens de consumo, métodos de produção, formas de gestão, mercado, matérias-primas ou

organização industrial, possibilitando a concorrência e adaptação a novas situações. Os agentes econômicos trabalham pelo avanço das tecnologias, pois é o impulso empreendedor em busca de vantagens competitivas que promove os avanços tecnológicos. A inovação é concebida como uma adaptação ao meio, um esforço para se tornar mais competitivo no mercado, e a economia passa por um processo evolutivo em que a inovação constante explica como alguns atores do meio econômico vão à falência enquanto outros avançam.

O enfoque neo-schumpeteriano, ou evolucionista, oferece os instrumentos para entender aspectos do processo tecnológico e a trajetória das tecnologias ambientais. Nelson e Winter (1982) destacam dois momentos fundamentais: a busca por inovação (processo de diversificação) e a seleção feita pelo ambiente (necessidade de adaptação). Os agentes econômicos (empreendedores) procuram incorporar inovações de acordo com suas especificidades, enquanto lidam com um ambiente incerto e seletivo, o qual pode ser identificado, de forma simplificada, como o mercado e todos os elementos que podem contribuir ou dificultar certas rotas tecnológicas. “Através da interação entre os processos de busca e seleção, as firmas evoluem com o tempo, com as condições da indústria em cada período carregando as sementes de suas condições ao período subsequente” (Nelson e Winter, 1982).

Portanto, as empresas que não forem capazes de seguir o rumo das inovações acabarão desaparecendo do mercado, consumidas pelo processo competitivo. Essa abordagem coloca a inovação no centro do progresso capitalista, quando as estratégias de renovação e adaptação das empresas esboçam trajetórias tecnológicas. Dosi (1988) relaciona a trajetória com o processo de inovação e quebra os paradigmas tecnológicos vigentes, ao definir novos rumos para as tecnologias. A inovação e superação dos *trade-offs* fazem surgir o que Utterback (1996) define de projeto dominante, cujos concorrentes tenham uma chance de dominar uma parcela significativa do mercado sucessor.

A Fig. 3 mostra um esquema que relaciona a trajetória tecnológica com o ambiente em que se encontra. As instituições exercem variadas pressões nos

agentes econômicos, que fazem parte do mercado. Este, por sua vez, modifica-se constantemente, criando ambientes seletivos. A inovação é a forma como os agentes econômicos adaptam-se àqueles ambientes, desenvolve tecnologias melhor adequadas, e abrem novos nichos de consumo.

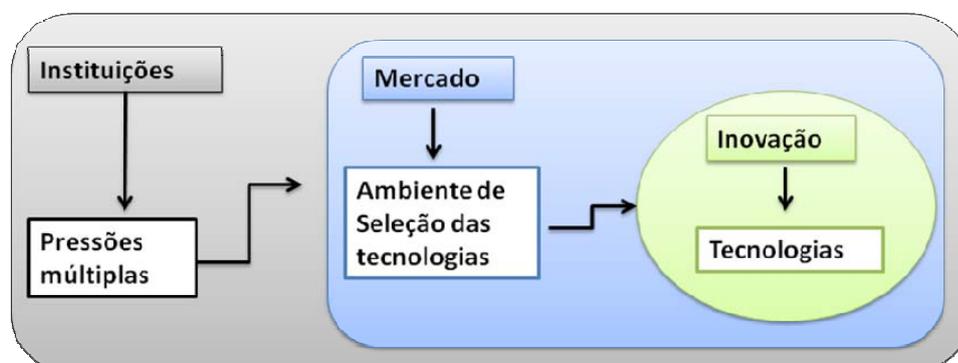


Fig. 3 Representação de conceitos da Economia Evolucionista.

Fonte: Adaptado de Nelson e Winter (1982), Romeiro e Salles Filho (1996) e Silva (2007).

Após os anos 1980, muitos autores da economia evolucionista passaram a estabelecer uma relação entre as trajetórias tecnológicas e os agentes responsáveis pelos processos de inovação em determinada economia. Semelhante aos enfoques de grupos sociais, ou de redes de atores, os economistas evolucionistas explicam a dinâmica das trajetórias tecnológicas por Sistemas de Inovação (SIs), ou a relação entre agentes institucionais da produção tecnológica. Freeman (1988) define os Sistemas Nacionais de Inovação (SNIs) como redes de organizações dos setores público e privado de determinado país, que interagem, modificam e difundem novas tecnologias.

A influência de agentes institucionais poderia explicar determinadas trajetórias tecnológicas. Por isso, Romeiro e Salles Filho (1996, p. 100) destacam que a teoria evolucionista funciona como um instrumento para a análise da questão ambiental. As demandas de natureza ambiental influenciam os agentes econômicos, e criam “um cenário de fortes mudanças nos fatores de **pressão de seleção**” (grifo dos autores). Isto é, a questão ambiental mostra-se um problema social legitimado, em franco processo de institucionalização. A princípio, o processo de inovação depende de medidas coercitivas, como regras e imposição de custos para

a degradação da natureza, porém, em um segundo momento, as demandas seriam internalizadas pela economia, tornando-se parte da criação de oportunidades e influenciando a construção das trajetórias tecnológicas.

Os ambientes seletivos e concorrenciais com os quais as empresas lidam fazem parte de um universo dinâmico, cujas transformações são influenciadas pelos indivíduos. Romeiro e Salles destacam quatro âmbitos que envolvem as pressões ambientais e variam segundo as especificidades dos países, dos setores, das tecnologias e dos ativos, cabendo a cada variável um tempo (*timing*) de incorporação das questões ambientais. Os ambientes seletivos não são os mesmos para todos, com pressões de formas distintas. Assim, as empresas que antecipam qualquer legislação, ou imposição externa, incorporam inovações que criam oportunidades, e tornam-se mais competitivas.

A economia evolucionista pode contribuir e complementar a abordagem construtivista e do ator-rede, principalmente no que diz respeito à trajetória ambiental. Segundo Huber (1993, 2005), a tecnologia ambiental enquadra-se em um novo período da modernidade de readequação ecológica, por influência das transformações sociais. O desenvolvimento tecnológico foi visto até meados do século XX por uma lógica econômica, e foi influenciada posteriormente por uma racionalidade ecológica manifestada institucionalmente ao início do século XXI. Dessa forma, a trajetória tecnológica deve ser analisada no contexto em que acontecem estas mudanças ao final do século XX (Huber, 1993; Mol, 1995).

1.5. O Desenvolvimento Tecnológico, a Crise Ambiental e a Articulação Social

Apresentou-se a linha de pensamento que originou a evolução dos conceitos de tecnologia ao longo do século XX. Por uma perspectiva temporal, ao final do século XIX, surgiram as primeiras críticas ao desenvolvimento moderno e à sociedade tecnológica. Esse período caracterizou-se principalmente por uma visão utilitarista da tecnologia, e otimista quanto ao progresso moderno. Bursztyn (2001) explica que a ampliação dos mecanismos de proteção social, e a extensão dos direitos civis e de sufrágio, incorporam parcelas da população até então marginalizadas, que contribuíram para a fé no modelo herdado do Iluminismo, e creditaram ao progresso material a obtenção de paz e prosperidade futura (Bursztyn, 2001).

No decorrer do período, o pensamento intelectual depara-se com o avanço da tecnologia, assim como das instituições científicas, com inúmeras mudanças na sociedade. Em meados do século XX, Marcuse (1999) debate a necessidade de uma ética na tecnologia, com base em autores como Marx, Weber e Heidegger, e alerta para o fato de a tecnologia não ser neutra, mas conduzida por classes dominantes.

Autores elaboraram a teoria social como Giddens (1991), Beck (1997, 1998), Bauman (1999), entre outros, explicam o final do século XX por mudanças na organização da sociedade moderna após a segunda metade desse período. A individualização dos interesses e o crescente alerta quanto aos riscos da tecnologia e da apropriação descompromissada da natureza levam a uma institucionalização da questão ambiental. Os conceitos teóricos surgidos após a segunda metade do século XX, assim como os novos valores sociais, influenciam de forma sistemática as tecnologias ao início do século XXI.

Entre as correntes teóricas que analisam a tecnologia, destacaram-se a Economia Evolucionista, a Construção Social da Tecnologia e a Teoria Ator-Rede, semelhantes em suas análises da tecnologia, com o afastamento da visão determinista da tecnologia, isto é, autônoma ao controle social, ou utilitarista, de

onde a tecnologia funciona como instrumento a serviço de uma superestrutura esclarecida e dominante.

A relação entre a teoria que analisa as mudanças estruturais da sociedade do final do século XX, com destaque para o movimento ambientalista, e as abordagens construtivistas e evolucionistas da tecnologia é a influência mútua entre os protagonistas, sociedade e tecnologia. Economia Evolucionista tem um foco de análise nas instituições, que selecionam ou promovem determinadas inovações melhor adaptadas às condições do mercado. As correntes sociológicas buscam outras abordagens mais amplas, analisando o processo tecnológico a partir da convergência de demandas do meio social, ou outras diversas. Dessa forma, compreende-se que as tecnologias ambientais constituem-se além de um aglomerado de técnicas com características específicas, estão envoltas em um contexto complexo, próprio da sociedade do final do século XX e início do século XXI.

Nesse contexto, a tecnologia de reuso de água do Polo Petroquímico do ABC tem sua trajetória ligada a um processo de negociação de interesses e pressões diversas. A construção desse artefato não é linear, mas constitui parte de uma tendência possível a ser observada nas instituições reguladoras. Dessa forma, a análise das ideias ambientalistas e sua influência nas instituições reguladoras brasileiras contribuem à compreensão de alguns consensos formados a respeito das tecnologias ambientais.

CAPÍTULO 2 - OS NOVOS ARRANJOS SOCIAIS E AS TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

O século XX foi palco de intensas mudanças, tanto na evolução do conhecimento, como no comportamento da sociedade. Enquanto o acúmulo de conhecimento científico e as tecnologias transformavam a vida e a Natureza; as Ciências Humanas avançaram na análise crítica da sociedade moderna. As mudanças de conceitos e os novos valores sociais, amparados por conhecimentos científicos, estabelecem uma nova ordem. As transformações da sociedade contemporânea passam ser refletidas no desenvolvimento técnico exercendo uma influência mútua.

A primeira parte do capítulo traça um panorama das mudanças ocorridas na sociedade após a segunda metade do século XX que influenciaram o comportamento da sociedade, trazendo a tona o debate ecológico. A segunda parte verifica como a questão ambiental se traduz em significados e interesses, expressos nas novas instituições. Nesse contexto, a tecnologia de reuso de água, objeto de estudo do trabalho, passa a ser analisada tanto pelo ambiente institucional restritivo ao uso dos recursos hídricos, como pela adaptação dos consumidores e as novas técnicas do sistema produtivo.

2.1. Mudança de valores sociais

A problemática ambiental surge da percepção social quanto aos riscos provocados pelo progresso moderno. Estudos verificam os impactos das ações humanas e episódios de devastação provocados por guerras ou incidentes de caráter tecnológico durante o século XX. As novas pautas sobre o meio ambiente evoluem e promovem uma gradativa mudança de valores e comportamentos após a década de 1970, em grande parte por iniciativa da sociedade civil. A questão ecológica ou ambiental nasce dos riscos provocados pelo desenvolvimento técnico.

Na sociedade de risco, o reconhecimento da imprevisibilidade das ameaças provocadas pelo desenvolvimento técnico-industrial exige a autorreflexão em relação às bases da coesão e o exame das convenções e dos fundamentos predominantes da “racionalidade”. No autoconceito da sociedade de risco, a sociedade torna-se reflexiva (no sentido mais estrito da palavra), o que significa dizer que ela se torna um tema e um problema para ela própria (Beck *et al.* 1997)

Todo o avanço no diálogo, promovido pelo movimento ambientalista, a princípio influencia as teorias econômicas e os debates sociológicos durante os anos 1980, e as instituições após os anos 1990. Percebe-se um amadurecimento da questão ambientalista, promovido por diversos estudos e debates nos âmbitos locais e internacionais. Conforme os novos conceitos se consolidam e são difundidos por estes diálogos, algumas instituições sociais absorvem valores originados da causa ecologista e ambientalista. No Brasil, um dos marcos desta influência foi o texto constitucional de 1988, que regulamentou alguns consensos obtidos ao longo dos anos de 1980. Diante das mudanças culturais e conceituais, as instituições, novas ou tradicionais, alteram os modelos e padrões de ação, enquadrando-se nos ideais da visão ambientalista, de onde nascem as tecnologias ambientais.

Os primeiros estudos que questionaram a problemática ambiental na modernidade são da Economia, após a polêmica obra de Malthus: *Principle of Population*, de 1798. Para Malthus, havia uma lei imutável e universal que governa as relações entre o crescimento populacional e a oferta de alimentos, a qual estabelece uma função aritmética: o crescimento populacional desequilibra a

produção de alimentos e, conseqüentemente, traz fome e doenças. A redução da população, resultante desse desequilíbrio, restaura o balanço entre superpopulação e consumo de recursos naturais (Corazza, 1996).

A relação entre humanidade e natureza compreende um limite físico para a apropriação dos recursos naturais, com efeitos sobre a renda, a produção industrial e o crescimento populacional. O trabalho de Malthus foi criticado por Marx e Engels, que alertaram para as possibilidades criadas pelos avanços tecnológicos. A noção de limites para a apropriação da natureza pela atividade humana deu origem a duas linhas de pensamento que prevaleceram até final do século XX: os preservacionistas e os conservacionistas, ambas iniciadas na América do Norte⁵.

As correntes preservacionista e conservacionista surgiram entre meados dos séculos XIX e início do século XX, com interpretações diferenciadas sobre a relação Homem-Natureza. O preservacionismo possui uma tipologia mais ecocêntrica ao defender incondicionalmente a preservação do ambiente natural e da organização social em pequenas comunidades autossuficientes. O conservacionismo é tecnocentrista, por acreditar no planejamento, no uso racional e eficiente dos recursos naturais. A segunda corrente provocou debates com preocupação política pelo uso democrático dos recursos naturais e revisou a ética da doutrina do *laissez-faire*, a perda de valores morais e o crescimento dos centros urbanos. Entre os conceitos mais importantes, destaca-se a ampliação do que se considerava recurso natural, sem se restringir à questão da terra e da relação rural-urbano, mas com o problema da escassez e degradação dos recursos minerais, hídricos, florestais, marítimos, etc. (O'riordan, 1977).

No período em que se iniciaram os debates a respeito das formas de apropriação humana da natureza, surgiram paralelamente estudos da Biologia sobre a economia da natureza, ou melhor, da relação dos organismos vivos com o meio

⁵ John Muir foi um escocês precursor da corrente preservacionista na segunda metade do século XIX nos EUA, enquanto George Perkins Marsh pode ser considerado o representante inaugural do conservacionismo durante o mesmo período.

ambiente (Vieira e Bredariol, 2006). Os estudos de ecologia se multiplicam em uma série de correntes de pensamento após o século XX, problematizando discussões em disciplinas como Geografia, Engenharia, Economia, Política, Sociologia, etc., e fundindo-se aos debates sobre planejamento, desenvolvimento e comportamento humano. Conforme as situações se modificavam, os conceitos ampliavam-se, e incluíam teorias mais sistêmicas para abranger toda a complexidade existente na civilização moderna.

Vieira e Bredariol (2006) destacam algumas correntes relevantes do pensamento ecológico, como a *Bioecologia*, baseados na obra de Charles Darwin sobre a evolução das espécies, entre outros. Essa corrente do século XIX avançou com estudos sobre o ambiente (água, ar, solo) e os seres vivos (dos reinos animal e vegetal), e sistematizou um conjunto de conceitos e métodos que permitiam examinar ecologicamente a realidade natural. A Bioecologia estuda a natureza como um conjunto de sistemas de interação, chamado de ecossistema, constituído de uma infinidade de seres e elementos que vivem em interação com o ambiente, em uma relação de influência mútua e equilibrada.

Os conceitos ecológicos ganham relevância para as ciências sociais quando o comportamento humano é incluído nos estudos do funcionamento do ecossistema. Destaca-se a corrente de estudos da Escola de Chicago, na década de 1930, cujos pensadores inauguraram o que se chamou de ecologia humana, a primeira abordagem de ecologia entre sociólogos e cientistas sociais, que estudavam a adaptação do homem ao meio em que vivia. Essa corrente influenciou diversos estudos que examinava a dinâmica social em relação ao ambiente natural e a geografia local. Posteriormente, tornou-se um estudo da transformação do espaço pelas atividades humanas, ao ampliar o foco das ciências sociais.

Outra vertente é a Engenharia Ambiental, com uma visão tecnocrata, que se aproxima da visão conservacionista. Com base em técnicas originárias do urbanismo e das engenharias química e sanitária, os estudos são voltados ao controle racional da natureza e à recuperação ambiental. Com um ímpeto de ordenação do mundo, a Engenharia Ambiental torna-se um instrumento na

primeira metade do século XX, e exigida como estratégia de relação entre homem e natureza, com metodologias de controle sobre a vegetação, a fauna e o próprio homem, além de criar estratégias políticas e econômicas de desenvolvimento.

A problemática ambiental cresce em importância quando os novos conceitos do pensamento intelectual e as inquietações da sociedade são incorporados sistematicamente às plataformas de debate e reivindicação por grupos de interesses. A percepção da influência humana sobre a natureza, dos riscos do desequilíbrio ecológico e das consequências do progresso tecno-científico trazem a necessidade de construir-se novos padrões de desenvolvimento para a sociedade moderna.

Segundo Mol (1995), após a década de 1970, procedera-se reflexões que impuseram conceitos da ecologia para a economia, através do que o autor chama de institucionalização da ecologia. Isto significa que a adaptação moderna as novas demandas de cunho ambiental se dá pela procura por consensos entre o crescimento econômico e concessões tipicamente ecológicas, traduzidos formalmente nas instituições. Segundo Ferreira (2006, pág. 49), o processo de institucionalização da questão ambiental no Brasil, se comparado às experiências de países como os Estados Unidos, foi relativamente tardio.

Cabe ressaltar que já na década de 1960, havia uma produção não sistêmica, mas interessante, que abordava a problemática a partir de uma perspectiva mais radical, tanto nos Estados Unidos como na Europa. De fato, todo o período que engloba os anos de 1960 até meados de 1980 foi profundamente influenciado pelo clima cultural dos anos 1960: os novos movimentos sociais, a contra cultura, a crítica radical ao industrialismo e ao armamentismo marcou uma mudança drástica no clima cultural e universitário em várias partes do planeta, inclusive nos Estados Unidos, acentuando a necessidade de investigar a problemática ambiental.

Um dos primeiros marcos desses fenômenos em âmbito internacional foi o relatório do Clube de Roma, chamado *Os limites do crescimento*, ao qual pode ser creditado o início de uma ecologia política durante a década de 1970. O clube foi organizado pelo economista italiano Aurélio Pecci, que reuniu cientistas, industriais, economistas, educadores e políticos, para estudar os fundamentos da

crise por que passava a civilização naquele momento. O relatório mostrou um panorama influenciado pela visão neo-malthusiana, que demonstrava os limites da utilização das reservas naturais pelo sistema produtivo moderno, com um prognóstico bastante pessimista em relação à manutenção do crescimento econômico (Corazza, 1996).

O relatório do Clube de Roma influenciou a opinião pública internacional, e foi usado na primeira conferência da ONU _ Organização das Nações Unidas _ sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida em Estocolmo, em 1972. A grande polêmica ficou entre entusiastas do avanço tecnológico e os pessimistas que viam a tecnologia como uma solução paliativa e superficial. A crise do petróleo de 1973 chamou a atenção ao problema da escassez de recursos e à necessidade de uma política global. Com esses eventos, diversas iniciativas foram tomadas no mundo em reação aos prognósticos apresentados nos encontros mundiais que se sucederam entre as décadas de 1970, 1980 e 1990, para firmar grandes grupos de interesses (Corazza, 1996; Altvater, 1995).

A discussão iniciada na década de 1970 ficou polarizada entre tecnocentistas otimistas e ecocentristas pessimistas. Apesar disso, o debate contribuiu com uma forte inter-relação entre o debate ambiental e o crescimento econômico, com uma concepção sistêmica de natureza, sistema produtivo e qualidade de vida com as bases para o desenvolvimento. O avanço do debate ambientalista levanta a questão de que não é só o crescimento econômico que gera a poluição e degradação da natureza, mas os padrões tecnológicos modernos (Andrade, 2004).

O diretor do PNUMA _ Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente _ Marice Strong, lança a ideia de um ecodesenvolvimento, definido como estilo de desenvolvimento adequado a regiões rurais de países pobres. Sachs (1986, p. 18) resume esse conceito como um estilo de desenvolvimento que “cada ecorregião insiste nas soluções específicas de seus problemas particulares [autossustentabilidade endógena], levando em conta dados ecológicos da mesma

forma que os culturais, as necessidades imediatas como também aquelas de longo prazo”.

O conceito de ecodesenvolvimento torna-se a base do que se chamou de desenvolvimento sustentável. Veiga (2006) explica que o conceito de *sustentabilidade* foi usado pela primeira vez em agosto de 1979, no Simpósio das Nações Unidas sobre Inter-relações entre Recursos, Ambiente e Desenvolvimento. Desenvolvimento Sustentável é uma analogia ao conceito da Biologia aplicado à Economia do final do século XX. Em Biologia Populacional, o termo sustentabilidade faz referência à gestão inteligente das atividades pesqueiras, ou florestais, para evitar um consumo de recursos naturais ou a degradação deles, maior do que a capacidade de recuperação e desenvolvimento dos ecossistemas, isto é, a busca do equilíbrio entre o desenvolvimento humano e o natural.

O desenvolvimento sustentável é um conceito que reivindica responsabilidade no crescimento econômico, com dimensões sociais (distribuição de renda), ecológicas (solidariedade com gerações futuras), geográficas (equilíbrio rural-urbano) e culturais (respeito a diferenças culturais). Apesar de a resistência dos países industrializados em aceitar uma mudança nos padrões de crescimento econômico, esses conceitos tornam-se um consenso ao longo da década de 1980. Vieira e Bredariol (2006) afirmam que a ONU tornou-se uma grande patrocinadora do debate sobre o desenvolvimento sustentável nesse período.

Em 1987, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento publicou o Relatório de Brundtland, intitulado *Nosso Futuro Comum*, no qual considera que crescimento econômico não significar desenvolvimento real. Assim, desenvolvimento sustentável ganha uma conotação política ao atacar o uso de tecnologias poluidoras, o aumento demográfico e a intensificação da miséria. As propostas do Relatório de Brundtland apresentam uma reorientação tecnológica e institucional de meios de fiscalização internacional (Herculano, 1992; Veiga, 2006). Em 1992, as negociações avançaram com a segunda Conferência Internacional de Meio Ambiente e Desenvolvimento do Rio de Janeiro (Eco 92),

com alternativas e acordos mais objetivos para colocar em prática o conceito de desenvolvimento sustentável, como a proposta da Agenda 21.

Graf (2005, p. 41) afirma que essas convenções representam a tentativa de uma *gestão globalmente compartilhada*: “As tentativas de institucionalizar essa gestão, na área ambiental, significam um avanço coerente com a necessidade de se trabalhar, politicamente, com as escalas globais”. Dessa forma, a questão ambiental torna-se arena de negociação teórica e política entre as correntes do ambientalismo e outras conservadoras, preocupadas com o desenvolvimento econômico.

Os novos conceitos relacionados à sustentabilidade social e ambiental não rompem com a estrutura social construída durante os séculos XIX e XX, mas reivindicam novos valores e práticas a serem incorporados em todos os setores da sociedade. Os conceitos surgidos nos debates globais durante as décadas de 1970 e 1980 mostram a necessidade de novas racionalidades para a apropriação da natureza. Para Mol (1995), acontece uma emancipação da racionalidade ecológica quando a questão ambiental é absorvida às práticas e instituições sociais.

2.2. Os Movimentos Sociais Brasileiros e a Institucionalização Ambiental

A mudança dos conceitos teóricos e dos valores sociais influenciou as instituições e a organização social durante as décadas de 1980 e 1990 no Brasil. As reivindicações sociais não rompem com o Estado moderno, mas reforçam a participação da sociedade civil na tomada de decisão. Desta forma, os debates teóricos e políticos de âmbito internacional ocorrem inicialmente na sociedade civil organizada e, posteriormente, nas instituições brasileiras. Durante esse período, acontecem diversos movimentos de grupos de interesses em questões ambientalistas que conquistam espaço e reconhecimento nas instituições nacionais, com destaque para a Constituição de 1988.

A sociedade civil teve um papel importante na definição do Estado moderno em diversos países do ocidente que, após a década de 1960, tomou novas configurações à democracia nas sociedades complexas (Giddens, 1991). Porém, no Brasil, o ativismo ambientalista toma parte das instituições nacionais de forma efetiva, somente após meados da década de 1980. Até então, o país atingira taxas de crescimento econômico relativamente altas (principalmente até final da década de 1970), mas ambientalmente foi predatório, e socialmente repressor.

Viola (1992) realiza um estudo da evolução de grupos e associações da sociedade civil para analisar o movimento ambientalista no Brasil, destacando dois períodos marcantes: um voltado à conscientização pública, entre 1971 e 1986, e o outro relacionado ao processo de maturidade das organizações ambientalistas, entre 1987 e 1991. No primeiro momento, verifica-se a adesão quase nula do Brasil à conferência de Estocolmo em 1972, pelos incentivos econômicos para instalação de indústrias poluentes, como é o caso da petroquímica, pela pouca repercussão na mídia, e pela coerção do governo militar à livre expressão.

Na década de 1980, cresce o número de grupos que denunciavam a degradação da natureza, demonstrando a mudança de valores de uma parte da população. O processo que desencadeia os movimentos ambientalistas pode ser

identificado tanto com o que Beck *et al.* (1997) chama de sociedade de risco ou modernidade reflexiva.

Após 1987, com a democratização do país, algumas entidades se profissionalizam, com propostas melhor estruturadas e um corpo técnico e administrativo para elaborar projetos e captar recursos. Sugiram também os movimentos socioambientais, caracterizados por iniciativas não propriamente ambientalistas, mas com a incorporação da questão ambiental em suas reivindicações (Viola, 1992).

Na segunda metade dos anos 1980, o movimento ambientalista ganha maturidade pelo avanço dos debates políticos e estudos interdisciplinares. A conciliação entre conservação ambiental, crescimento econômico e qualidade de vida faz dessas instituições novos atores (*players*) na organização social moderna. O discurso ambientalista consegue traduzir interesses de um maior número de indivíduos, e atrair adeptos à questão ambiental. Diversos grupos reúnem-se em instituições de pesquisas, para estudar a problemática ambiental, em busca de soluções e alertando a novas questões. Observa-se também, a instituição de critérios para a sustentabilidade por parte de representantes do setor privado nos processos produtivos, mesmo que de forma limitada.

Para Jacob (2000), o movimento ambientalista caracteriza-se por uma atuação multissetorial, em que grupos de interesses formam redes que fortalecem o plano político e institucional de atuação desses atores.

as redes sociais tem adquirido uma importância crescente e singular nas duas últimas décadas. Além de observar-se um crescimento numérico das organizações da sociedade civil, também se explicita uma crescente transnacionalização das iniciativas civis (Jacob, 2000, p. 5).

As reivindicações ambientais no Brasil puderam ser reconhecidas quando houve a redemocratização do país, que permitia a reflexão individual e reforça o caráter de articulação e solidariedade. A formação de redes propicia uma nova forma de atuação da sociedade civil, menos hierarquizada, e baseada no engajamento dos atores sociais e na opinião pública. As redes possibilitam

interações horizontais, como a organização de instrumentos de pressão e a abertura de novos campos para as ONGs, que integram ativistas, estudiosos num circuito amplificado de comunicação. As redes interconectam instituições e práticas sociais influenciam as agendas de diversos grupos (Jacob, 2000).

Viola (1992) destaca um importante avanço do movimento ambientalista quando os ativistas articularam um lobby durante as deliberações do Congresso Constituinte em 1987 e 1988. O texto constitucional trouxe um destaque à questão ambiental que poucos países deram à matéria, com mudanças significativas para a administração dos recursos naturais. Entre 1988 e 1989, o mesmo esforço foi empreendido com as constituintes estaduais, com sucesso em metade dos Estados, principalmente no eixo Sul-Sudeste. Esses marcos legais desencadeiam o processo de construção de um arcabouço jurídico e institucional para a questão ambiental, levando os demais setores da sociedade a incorporar novos conceitos e formas de ação.

Autores da Economia Evolucionista afirmam que o rigor das políticas públicas e das legislações referentes a questões ambientais beneficiam o surgimento de grandes inovações no sistema produtivo, enquanto regulações mais brandas originam tecnologias incrementais e paliativas, suficientes para adequação do processo produtivo às normas vigentes (Porter & van der Linde, 1995). Neste sentido, questiona-se:

- Como as macro regulamentações influenciam o desenvolvimento tecnológico?
- Como a legislação de recursos hídricos beneficiam a tecnologia de reuso de água?
- Qual a definição de tecnologia ambiental e o enquadramento do objeto de estudo?

2.3. Da Institucionalização da Questão Ambiental à Macro Regulação

As reivindicações em torno da questão ambiental influenciam a organização social brasileira, que se transformaram em pressões institucionais. A importância do movimento ambiental mostra-se nas legislações ambientais e de recursos hídricos, assim como o novo modelo de gerenciamento das águas no Brasil, com uma racionalidade ambiental e princípios de sustentabilidade atrelados ao uso das águas, além de um sistema decisório participativo. Argumenta-se que a institucionalização das questões ambientais passa a funcionar como um fator seletivo para determinadas trajetórias tecnológicas, dentro dos sistemas produtivos, delineando novos padrões à apropriação dos recursos naturais.

A sociedade brasileira contemporânea estabelece novos valores sociais e padrões tecnológico após a redemocratização do País. As reivindicações da sociedade civil, ao final do século XX, refletem as mudanças significativas do texto constitucional. A promulgação da Lei 6.938, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), em 1981, inaugura esses marcos regulatórios. A PNMA tem o objetivo de promover a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, e assegurar condições para o desenvolvimento socioeconômico, os interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana. Dentre os princípios adotados por essa lei, Barth (2002) destaca:

- o meio ambiente é um patrimônio público, que deve necessariamente ser protegido e assegurado tendo em vista o seu uso coletivo;
- deve-se promover a racionalização do uso da água, assim como de outros recursos naturais;
- deve-se promover o planejamento e a fiscalização do uso dos recursos ambientais;

- controlar e promover o zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- incentivar o estudo e a pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos naturais;
- o Estado deve acompanhar a qualidade ambiental e a recuperação das áreas degradadas;
- instituir a educação ambiental em todos os níveis de ensino.

Em relação aos objetivos, o autor ressalta:

- a compatibilidade do desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;
- a definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico, atendendo aos interesses da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios;
- o estabelecimento de critérios e padrões de qualidade ambiental, normas relativas de uso e manejo dos recursos naturais e o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias nacionais orientadas para o uso racional dos recursos ambientais;
- a difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, divulgação de dados e informações ambientais;
- a imposição, ao poluidor ou predador, da obrigatoriedade de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

A PNMA criou o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), de caráter deliberativo, para elaborar normas e padrões complementares. O Conama trona-se outro importante instrumento voltado à institucionalização de valores

ambientais, com importante influência par ao sistema produtivo. Destacam-se entre as deliberações desse órgão público, os Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e Relatórios de Impacto Ambiental (RIMA) (CONAMA nº 001/86), para empreendimentos considerados potencialmente degradantes ambientalmente ou poluidores, devendo apontar medidas mitigadoras. Posteriormente, o Conama instituiu também a diretriz que atribui aos municípios a competência de licenciamento ambiental, através da Resolução 237/97, com Conselhos Municipais de Meio Ambiente (Consema), de caráter deliberativo e com participação social. Esses instrumentos instituem novos padrões de uso dos recursos naturais e de apropriação da natureza.

Após sete anos e um período de grande articulação, surgiu um novo texto constitucional, com um artigo especial para questões ambientais (artigo 225), e diversos outros artigos que tratam das obrigações da sociedade e do Estado brasileiro para com o meio ambiente e os recursos hídricos. A Constituição Federal de 1988 tem características que marcam a organização social nas décadas seguintes, descentralizando o poder para as esferas públicas locais, com instrumentos de reivindicação de direitos civis, além de dar atenção específica ao meio ambiente e à gestão de recursos hídricos.

A competência de proteger o meio ambiente passa a ser tanto da União, como dos Estados, Municípios e do Distrito Federal. O novo código constitucional de 1988 reflete algumas das mudanças que ocorridas na sociedade durante a década de 1980, tanto em relação à questão ambiental, como às formas de gestão do poder. Guimarães (2003) relaciona a descentralização que a nova Constituição institui aos instrumentos de defesa do ambiente, cabendo à União estabelecer normas gerais e aos Estados e municípios normas complementares, suplementares ou de interesse específico, com destaque do poder local.

Nesse processo de descentralização, as municipalidades responsabilizam-se pela implantação de órgão e entidade de controle e fiscalização de atividades que degradem o ambiente. Segundo o novo modelo de gestão ambiental, as instâncias locais ficam encarregadas da ordenação e fiscalização, em complemento às demais

instâncias de poder. As diferentes hierarquias do poder executivo passam também a estabelecer relações mais próximas com outras instituições ou grupos de atuação, como entidades da sociedade civil, setores do poder privado organizado, grupos sindicalistas, categorias de profissionais, etc (Guimarães, 2003).

Outra Lei Federal importante à questão ambiental é a nº 9.605/98, sobre crimes ambientais, que reforça o papel das autoridades municipais em disposições penais e administrativas, cerceando atividades que prejudiquem o meio ambiente. Tais instrumentos permitem tanto o planejamento e controle do desenvolvimento, como a coerção por degradações cometidas.

Dentre as Leis Federais desse período, Guimarães (2003) destaca a nº 10.257, de 2001, do Estatuto da Cidade que estabelece diretrizes gerais da política urbana e normas de ordem pública e interesse social, de forma a regular o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo. Essas diretrizes estruturam a administração municipal para executar a política de desenvolvimento urbano. Entre as diretrizes do estatuto, destacam-se: a garantia do direito a cidades sustentáveis; a gestão democrática; o planejamento do desenvolvimento das cidades; a ordenação e o controle do uso do solo; o privilégio para investimentos geradores de bem-estar social; a proteção do meio ambiente natural e do patrimônio cultural; e as audiências com o Poder Público local e com a população interessada na implantação de empreendimentos impactantes.

Outro instrumento de controle e ação, instituído pela Constituição Federal de 1988, concede ao Ministério Público o caráter de defesa da ordem jurídica, assim como do regime democrático e dos interesses sociais e individuais. Assim, o Ministério Público desempenha um importante papel na formulação de políticas ambientais, e contribui para o cumprimento de diretrizes das leis e reivindicações da sociedade. Dessa forma, a construção de arcabouço legal que contempla a problemática ambiental, assim como a descentralização de alguns instrumentos de gestão pública e a criação de mecanismos de fiscalização, constituem instrumentos que contemplam a nova estrutura social.

As pressões ambientais das instituições brasileiras sobre os meios técnicos de abastecimento de água estão relacionadas à nova legislação de recursos hídricos. Segundo Pompeu (2002), o vocábulo “água” é a denominação do elemento natural, gênero descomprometido de qualquer utilização, enquanto a denominação “recurso hídrico” é a água como bem econômico passível de ser usado com fins antrópicos. Conforme as abundantes águas brasileiras são solicitadas como recurso natural, as normas se tronam complexas e abrangentes.

Pallerosi (2004) relaciona a evolução das legislações e instituições que gerenciam os recursos hídricos com os períodos do desenvolvimento do Brasil, ao longo do século XX. Somente final da década de 1990, que o país apresentou um conjunto de normas jurídicas, instituições e instrumentos suficientes para lidar com o desenvolvimento econômico do novo século. Dessa forma, cresce a demanda por técnicas racionais de uso dos recursos naturais, adaptadas aos novos padrões. A tecnologia de reuso de água começou a ser requisitada de forma mais intensa após a década de 1980, quando as águas tornaram-se mais escassas e degradadas e a regulamentação restringiu seu uso.

O Estado de São Paulo antecipou-se à promulgação da Lei Federal de gerenciamento de recursos hídricos, ao promulgar a Lei Estadual nº 7.663 em 1991, que estabelecia o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH); a Política Estadual de Recursos Hídricos; os Comitês de Bacia Hidrográfica; e o Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO). A lei das águas paulistas foi pioneira e serviu como modelo para a legislação federal, e se insere no mesmo círculo de debates nacionais e internacionais sobre gestão das águas, ocorrida por todo o país, e promovida por entidades da área, técnicos sanitaristas e cientistas (Barth, 2002).

Em 1997, a Lei Federal nº 9.433 criou um novo modelo de gerenciamento de recursos hídricos, com o Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SNRH) e a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). O novo modelo de gerenciamento dos recursos hídricos segue muito dos fundamentos debatidos

durante as últimas décadas, e inspirou-se no modelo de gestão participativa francês, considerado bastante inovador em diversos aspectos.

No final da década de 1980, principalmente no período que sucede a Constituição de 1988 instaura-se um novo momento, com uma política e a construção de um sistema de gestão mais adequado aos novos valores e à problemática ambiental. O SNRH, instituído pelo artigo 21, inciso XIX, arbitra conflitos, implanta a PNRH e promove a cobrança pelo uso das águas.

As atribuições da PNRH determinam que:

- a água é um bem de domínio público;
- é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- em caso de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e animal;
- a gestão deve proporcionar o uso múltiplo;
- a bacia hidrográfica é a unidade básica de gestão;
- e deve contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

O SNRH e a PNRH têm uma estrutura diferente de tudo que já havia sido criado no país em relação ao gerenciamento e a ordenação de uso e apropriação de recursos naturais, com a implantação de instituições que promovam um uso mais racional e consensual.

Um importante instrumento de coordenação da PNRH são as Agências de Bacia, instaladas em locais onde as águas geram conflitos de uso e possuem viabilidade financeira, atuando como Secretarias Executivas de um ou mais Comitês de Bacia. O funcionamento deve ser autorizado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, assegurando a cobrança pelo uso da água na respectiva bacia. Compete às Agências de Bacia manter um balanço atualizado da disponibilidade dos recursos hídricos em sua área de atuação, o cadastramento de usuários de recursos

hídricos, a elaboração do Plano da Bacia para a apreciação do Comitê, o acompanhamento da administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança, entre outras competências.

Os Comitês de Bacia Hidrográfica podem ser coordenados pela Agência Nacional de Água (ANA) ou pelas agências estaduais de água, e desempenham o papel de coordenação e deliberação de questões relacionadas à gestão dos recursos, com representantes do Poder Público, usuários das águas e organizações da sociedade civil. O objetivo da gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos em um território é a negociação de conflitos e a promoção dos usos múltiplos da água. Os Comitês devem integrar as ações de todos os Governos, no âmbito dos Municípios, dos Estados ou da União com respeito pelos diversos ecossistemas naturais, promovendo a conservação e recuperação dos corpos d'água e garantir a utilização racional e sustentável dos recursos hídricos.

A cobrança é outro instrumento de gestão dos recursos hídricos previsto para rios, sob a responsabilidade da União ou dos Estados, para o financiamento da implantação do sistema e das ações definidas pelos planos de bacia hidrográfica. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos em um território extenso e diversificado como o Brasil destina-se à alocação racional das águas, à redução da emissão de poluentes em zonas metropolitanas e industrializadas, e à preservação de ecossistemas em zonas de grande abundância hídrica.

A gestão de recursos hídricos utiliza instrumentos regulatórios similares àqueles da gestão ambiental, com a diferença de que a gestão ambiental tende a ser apenas regulatória, enquanto a gestão dos recursos hídricos pode ser também executiva, por intervenções físicas que resultem na recuperação, preservação e/ou ampliação da oferta hídrica (Santos, 2002). Os conceitos de gestão participativa compreendem usos múltiplos, preservação e conservação por parte dos usuários, cobrança pelo uso e poluição, bacia hidrográfica como instância deliberativa, além de outros incluídos na gestão ambiental, que causam diferentes impactos, dependendo da região e da condição das águas.

O Quadro 1 traz uma relação das principais leis, além da Constituição Federal, que regulam o uso das águas em âmbito nacional e do Estado de São Paulo. Diante desse arcabouço jurídico, alguns consumidores de grandes quantidades de água, como a indústria, passam a sentir maior dificuldade com a adequação às normas e obtenção de licenças. A pressão exercida pelos novos mecanismos regulatórios traz a necessidade de algumas indústrias adaptarem seus sistemas produtivos a consumir menos água e gerar menos resíduos.

Quadro 1 Leis Federais e estaduais que influenciam o uso dos recursos hídricos

ABRANGÊNCIA	DATA	LEI	ASSUNTO
Lei Federal	1934	Decreto nº 24.643	Código de Águas
	1981	Lei nº 6.938	Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA)
			Criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama)
	1988	Constituição Federal	
	1997	Lei nº 9.433	Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SNRH)
			Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)
	1998	Lei nº 9.605	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente - “Lei de Crimes Ambientais”
2001	Lei nº 10.257	Estatuto da Cidade	
Lei Estadual de São Paulo	1975	Lei nº 898	Proteção aos Mananciais
	1976	Lei nº 1.172	Proteção aos Mananciais
	1991	Lei nº 7.663	Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH)
			Política Estadual de Recursos Hídricos
			Comitês de Bacia Hidrográfica
			Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO)
	1994	Lei nº 9.034	Estabelece o Primeiro Plano Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos
1997	Lei nº 9.866	Estabelece nova lei de Proteção aos Mananciais do Estado de São Paulo	

Fonte: Adaptado de Pallerosi (2004) e Capobianco e Wathely (2002).

O tratamento jurídico dado à água, até a década de 1980, considerava-a inesgotável e passível de utilização abundante e farta. Por isso, Fink e Santos (2003) consideram a Constituição de 1988, o SNRH e a PNRH marcos significativos à mudança dos princípios que definem esse recurso natural. As macro

regulamentações criam novos padrões, trazendo a necessidade de adaptação do sistema produtivo, em benefício das tecnologias ambientais. De acordo com o arcabouço jurídico exposto no Quadro 1, a tecnologia de reuso de água é uma opção estratégica para a manutenção de algumas atividades produtivas com grande consumo de recursos hídricos.

2.4. Os novos arranjos sociais e a tecnologia de reuso de água

Algumas das leis e instituições criadas pelas normas jurídicas do final do século XX trazem influências diretas às técnicas de abastecimento de águas e favorecem o reuso de água no sistema produtivo. A Lei federal nº 6.938/81, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (PNRH), pode ser considerada a primeira norteadora da construção de tecnologias ambientais, com princípios e incentivos a estudos e pesquisas de tecnologias orientadas ao uso nacional e a proteção dos recursos ambientais. Para tanto, o artigo 9, inciso V, estabelece o “incentivo à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental”.

A PNRH atende à necessidade de uso racional das águas no artigo 2, inciso II, e estabelece como objetivo a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, “[...] com vista ao desenvolvimento sustentável”; e no artigo 7, inciso IV, como “metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis”; e no artigo 19, inciso II, “incentivar a racionalização do uso das águas” (Fink, Santos, 2003).

Outra mudança na Constituição de 1988 é o fato de não existirem mais águas particulares, passando os cursos e corpos d’água ao domínio público, exigindo licença (outorga) do Poder Executivo Federal para o uso dos recursos hídricos. Neste caso, a União poderá delegá-lo aos Estados ou ao Distrito Federal, de forma que a exploração das águas possa ser feita somente sob as condições previstas em lei. Fink *et al.* (2003) destacam que a outorga abrange os casos como: derivação ou captação de água para consumo final, inclusive abastecimento público; insumo ou processo produtivo; extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; lançamento em corpos d’água de esgotos ou demais resíduos, tratados ou não; aproveitamento de potenciais hidrelétricos, e outros usos que alterem o regime, a qualidade ou a quantidade da água.

A classificação das águas também possui ligação direta com o conceito de reuso, ao compatibilizar os usos com a qualidade dos recursos hídricos, resguardando as águas de melhor qualidade aos usos mais exigentes. Segundo a Resolução Conama nº 20, de 1986, as águas são divididas em três categorias abrangentes: doces, salinas e salobras, que se subdividem em nove classes: cinco doces (classe especial, 1, 2, 3 e 4); duas salinas (classe 5 e 6); e duas salobras (classe 7 e 8). Na categoria de águas doces, a classe especial, encontrada originalmente nos cursos d'água, é reservada ao equilíbrio das comunidades aquáticas e ao abastecimento doméstico, com prévio tratamento. As demais classes indicadas são águas de reuso indireto (efluente tratado), ou direto, conforme o nível de exigência do usuário de recursos hídricos.

A cobrança pode ser considerada um dos principais fomentadores de técnicas de reuso de água, para confirmar o fundamento de a água ser um bem econômico, incentivando a racionalização, os reusos da água, do esgoto ou efluentes, assim como a obtenção de recursos financeiros para os planos de recursos hídricos. A cobrança ocorre por dois princípios: *usuário-pagador* e *poluidor-pagador*. Para Fink e Santos (2003), o princípio do usuário-pagador incentiva principalmente o reuso da água, restringindo a captação, enquanto o poluidor-pagador deve favorecer as tecnologias que reduzam efluentes no descarte final. O primeiro caso trata de critérios quantitativos, e o segundo refere-se a uma equação entre critérios quantitativos e qualitativos, observadas as características físico-químicas, biológicas ou de toxicidade dos efluentes.

Em estudos de caso empíricos realizados no Canadá, durante a década de 1990, Renzetti e Dupont (1999) reforçam a ideia de que instrumentos econômicos de cobrança pelo uso da água causam grande impacto nos usuários, encorajando a utilização eficiente. Em estudos de Féres *et al.* (2005, 2007), a cobrança pelo uso e descarte de água também aponta um aumento do uso racional em estabelecimentos industriais, da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, na divisa entre São Paulo e Rio de Janeiro, pois

as simulações apresentadas sugerem que um aumento do custo da água pode induzir a reduções relativamente importantes na demanda industrial e, ao mesmo tempo, não implicar impactos substanciais sobre o custo total dos estabelecimentos. Dessa forma, a cobrança pelo uso da água pode agir como um instrumento eficaz de incentivo ao uso racional de recursos hídricos sem causar impactos econômicos significativos sobre os usuários industriais. Concilia-se assim o objetivo ambiental (conservação de recursos hídricos) com o econômico (minimização do impacto da cobrança sobre o custo dos usuários). (Féres, Reynaud e Thomas, Motta, 2005, p. 37)

Dessa forma, os instrumentos surgidos entre as décadas de 1980 e 1990 restringem as formas uso da água, e tecnologias alternativas, que reduzam o consumo, a poluição e o desperdício, são cada vez mais requisitadas pelo sistema produtivo (Anderson, 2000). O reuso da água é uma dessas técnicas, podendo ser definida como

o aproveitamento de águas previamente utilizadas uma ou mais vezes em alguma atividade humana, para suprir necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não planejadas (Lavrador Filho, 1987).

Segundo a literatura consultada, o reuso de água é uma opção adequada aos novos padrões ambientais estabelecidos no final do século XX (Renzetti e Dupont 1999; Anderson, 2000; Fink, Santos, 2003; Ferés *et al.*, 2005, 2007). Com base nos autores da Economia Evolucionista, as normas rígidas impostas na macro regulação ambiental são um fator de incentivo às inovações tecnológicas ambientais de forma geral, como o caso dos instrumentos de gestão das águas instituídos no Brasil após a década de 1980. Em outra pesquisa sobre as tecnologias ambientais e a indústria petroquímica brasileira, Almeida (2001, p.137) endossa que as normas ambientais rígidas e a preocupação das empresas com a imagem têm contribuído para a adoção das tecnologias ambientais, pois,

o diagnóstico da situação ambiental da indústria petroquímica brasileira não corrobora a hipótese da competição pelo padrão mínimo (*race to the bottom*), que levaria ao condenável cenário de "paraíso de poluição". Esta indústria encontra-se num estágio de transição de controle ambiental - de corretivo a preventivo - e as

suas empresas orientam o seu gerenciamento ambiental segundo a forte expectativa de que o desafio ambiental que enfrentam tende a crescer e não a arrefecer, desenhando uma trajetória de aproximação aos padrões ambientais dos países desenvolvidos.

Para a autora, o incremento de tecnologias ambientais no sistema produtivo necessita mais do que regulação específica, mas também de políticas públicas e tecnológicas que criem cooperação e sinergias entre ações do poder público e esforços do sistema produtivo. Outros estudos realizados por Belis-Bergouignan, Oltra e Jean (2003) em países da União Européia, também demonstram resultados semelhantes. No entanto, afirmam que as legislações restritivas não são suficientes para o fomento de tecnologias ambientais inovadoras, havendo a necessidade de ações de incentivo governamental, além da fiscalização e punição.

Para esses autores, a instituição de novos padrões expressos principalmente pela legislação ambiental traz uma tendência à criação de técnicas paliativas que contribuem para ajustamento pontual do sistema produtivo às novas normas. Conclui-se que, além da padronização, existe a necessidade de incentivos governamentais e a cooperação entre órgãos competentes e sistema produtivo para o fomento às tecnologias ambientais, como o reuso de água.

Segundo a visão dos economistas evolucionistas, a tecnologia ambiental pode ser vista como uma adaptação às demandas externas, expressas nas instituições do final do século XX. A implantação de uma tecnologia de reuso de águas nos processos produtivos do Polo Petroquímico pode ser um forte indício que endossa a hipótese levantada no início do trabalho, em que as normas ambientais instituídas implicam em tecnologias ambientalmente adequadas. Entretanto, os economistas evolucionistas também alertam para a formação de sistemas de inovação tecnológicas, com incentivos e esforços para o desenvolvimento de tecnologias, além das citadas ações de padronização e coerção às técnicas mais poluidoras. Neste caso, a abordagem construtivista contribui ao nosso entendimento de *como* tem se dado esta articulação para implantação de uma larga tecnologia ambiental de reuso de água.

O estudo de caso do abastecimento de água do Polo Petroquímico do ABC problematiza esta hipótese, demonstrando que a racionalidade ambientalista, presente na técnica de reuso de água, não se presta apenas ao ajustamento normativo. A tecnologia é uma alternativa à superação de sérios gargalos provenientes do desenvolvimento predatório da região metropolitana de São Paulo. A tecnologia ambiental de reuso de água está entre outras técnicas disponíveis, e a opção por uma ou outra é o resultado de um contexto específico. O Capítulo 3 se presta a esta análise e à contextualização o objeto de estudo.

CAPÍTULO 3 - A REGIÃO DO GRANDE ABC E A PRESSÃO SOBRE AS TECNOLOGIAS

O estudo de caso do abastecimento de água do Polo Petroquímico do ABC paulista contribui para análise das trajetórias tecnológicas ambientais, pois reúne características relevantes como: setor estratégico para indústria nacional, detentor de tecnologias complexas, localizado em região intensamente urbanizada, ambientalmente degradada e, finalmente, com uma articulação social complexa. A contextualização do Polo Petroquímico e da região do Grande ABC contribui à compreensão da trajetória tecnológica do abastecimento de água, sob o ponto de vista amplificado da construção social das tecnologias.

A primeira parte do capítulo apresenta e enquadra o reuso de água do Polo Petroquímico do ABC. Em seguida, contextualiza-se a articulação política e social da região do Grande ABC com a história da indústria brasileira. A terceira parte estabelece um panorama do setor petroquímico e o desafio da indústria brasileira. Diante de uma situação de crise do modelo econômico e crescimento desordenado da metrópole, a quarta parte procura estabelecer os principais gargalos econômicos, sociais e ambientais enfrentados pela indústria da região do ABC. Ao final, apresenta-se a articulação regional e a configuração do Polo Petroquímico do ABC diante do gargalo de abastecimento de águas na região metropolitana de São Paulo e, especificamente no Grande ABC.

3.1. Enquadramento do Reuso de Água do Polo Petroquímico do ABC

As tecnologias ambientais surgiram como uma adaptação técnica às mudanças de valores e conceitos da sociedade nas últimas décadas do século XX, para trazer soluções adequadas a uma nova racionalidade ecológica. As transformações observadas nas instituições contemporâneas levam sistematicamente a práticas de novas técnicas, de acordo com demandas ambientais ou interesses sociais, adequando o sistema produtivo da indústria.

Semelhante ao caso brasileiro, Belis-Bergouignan, Oltra e Jean (2003) demonstram que no território europeu, a legislação restritiva e os instrumentos econômicos adotados para o controle da degradação ambiental e o uso racional dos recursos naturais obtiveram transformações nem sempre significativas, mas apenas ajustes pontuais, tecnologias que enquadram o sistema produtivo às metas estipuladas. Dessa forma, se faz necessário compreender a abrangência da tecnologia ambiental de reuso de água.

As mudanças tecnológicas são um dos principais instrumentos que as indústrias utilizam como forma de adaptação aos padrões restritivos e as limitações ambientais. Os critérios estabelecidos para investir em tecnologias são do tipo *end of pipe* ou tecnologias limpas, conhecidas também como tecnologias ambientais. As tecnologias *end of pipe* são do tipo paliativo, isto é, que utilizam equipamentos que adequam determinados processos do sistema produtivo a metas de redução da poluição. As tecnologias ambientais, diferentemente das paliativas, impõem mudanças amplas no sistema produtivo (Belis-Bergouignan, Oltra, Jean, 2003).

O projeto de reuso de água é denominado pelo Polo Petroquímico como Aquapolo Ambiental. Esta pode ser considerada uma típica tecnologia ambiental, pois prevê o abastecimento água das indústrias com esgoto doméstico tratado na Estação de Tratamento de Esgotos da Sabesp (ETE ABC), localizada na divisa entre a capital paulista e a cidade de São Caetano do Sul, no Grande ABC. Em 15 de janeiro de 2008 foi anunciada parceria entre a Sabesp e as empresas do Polo

Petroquímico do ABC para o maior projeto de fornecimento de água de reuso do Brasil. O Polo Petroquímico é um grande consumidor de água, utilizando atualmente por volta de 600 mil l/s ($0,6\text{m}^3/\text{s}$) para suprir a necessidade dos processos industriais. Esse consumo de água equivale ao de um município com aproximadamente 300 mil habitantes (Imprensa Oficial, 2008; Sabesp, 2009b).

O reuso de água do Aquapolo Ambiental consiste primeiramente na captação do esgoto doméstico pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), que transporta o material por coletores-tronco, interceptores e emissários até a estação de tratamento. A ETE ABC foi projetada na década de 1970 para tratar o esgoto dos municípios de Santo André, São Bernardo, Diadema, São Caetano, Mauá e uma parte da cidade de São Paulo. A construção da planta, iniciada em 1978, foi interrompida por décadas, e a primeira etapa somente foi inaugurada em 1998, com capacidade para tratar uma vazão média de até $3\text{ m}^3/\text{s}$.

A ETE ABC está programada para ser ampliada em duas outras etapas. A segunda etapa da obra está prevista para um aumento do atendimento para o módulo de $6\text{ m}^3/\text{s}$. Com a ampliação do sistema de coleta de esgoto, a terceira etapa de construção da ETE ABC terá uma capacidade de tratamento para até $8\text{ m}^3/\text{s}$ dos esgotos domésticos e industriais, com um grau de eficiência de 90% para a remoção de poluentes. A ETE ABC tem capacidade de tratamento do esgoto produzido por uma população de aproximadamente 1,4 milhões de habitantes.

A região metropolitana de São Paulo possui ainda outras quatro ETES: São Miguel Paulista, Suzano, Barueri e Parque Novo Mundo, somando um total de 8,4 milhões de habitantes, ou aproximadamente 18m^3 de efluentes tratados (Sabesp, 2009b). A Sabesp possui um grande volume de água tratada que pode ser potencialmente comercializada no mercado de água de reuso, mas a maior parte desses recursos hídricos ainda é ociosa no que se refere ao abastecimento de locais menos exigentes, servindo atualmente para complementar a vazão de água do rio Tietê e seus afluentes.

No projeto Aquapolo Ambiental, após o tratamento feito na ETE ABC, a água de reuso vai para uma estação elevatória em direção ao Polo Petroquímico. A adutora que levará a água percorre um trecho de aproximadamente 15 km por tubulação, com um diâmetro de 800 mm, em aço. No Polo Petroquímico, a água de reuso passa por tratamentos complementares para redução do teor de amônia, nas Estações de Tratamento de Águas (ETAs I e II). A maior parte da água destina-se às caldeiras e ao resfriamento do maquinário que funciona dia e noite. Segundo Lorenzi (2008), Superintendente de Tratamento de Esgotos da Sabesp, trata-se do maior projeto de reuso de água da América Latina, com investimentos aproximados de R\$ 130 milhões.

No entanto, para compreender a concepção desta tecnologia, é necessário conhecer melhor o sistema produtivo petroquímico e a situação das águas urbanas da região metropolitana de São Paulo. O ideal de usar o esgoto tratado em processos industriais menos exigentes, para poupar os rios e a água potável para fins mais nobres, surgiu há trinta anos depois do início das obras da ETE ABC, e dez anos após a inauguração das atividades. Essa trajetória tecnológica possui uma relação intrínseca com o Polo Petroquímico do ABC e envolve uma diversidade de fatores relacionados com a indústria, a ocupação do território metropolitano de São Paulo e as articulações sociais e institucionais ocorridas nas últimas décadas.

3.2. O Setor Petroquímico e as Tecnologias Ambientais

O Polo Petroquímico do ABC tem um papel relevante na história da grande modernização ocorrida durante o século XX no Brasil. A indústria petroquímica significa um salto tecnológico para o sistema produtivo, com a ampliação de produtos e mercados. A implantação deste setor no Brasil vem junto com o processo de urbanização das cidades e grandes mudanças na economia do país.

A indústria petroquímica surgiu no Brasil em meados do século XX, porém suas origens datam de meados do século XIX, inserindo uma grande quantidade de produtos no mercado durante o século XX. Em um tempo relativamente curto, o plástico substituiu metais, madeira, vidro e uma diversidade de materiais por bases de polímeros. Os avanços nesse campo do conhecimento permitiram extensas aplicações dos materiais antes desconhecidos, e é impossível pensar o progresso técnico moderno sem esse setor industrial. Os elevados investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D) destacam a petroquímica, com alto grau de complexidade das tecnologias e integração produtiva, além e da necessidade de mão de obra qualificada (Cartoni, 2002).

A indústria petroquímica faz parte da *química orgânica sintética*, definida de acordo com as matérias-primas utilizadas, derivadas principalmente do petróleo ou gás natural. Os processos industriais requerem muitas reações químicas que dispensam intervenção humana direta sobre o material, com os instrumentos automatizados das indústrias de processos contínuos. É uma indústria complexa do ponto de vista técnico, associada a uma multiplicidade de reações simultâneas com um pequeno número de matérias-primas que, passando por sucessivas etapas, ganham um número progressivamente maior de produtos intermediários e finais (Suarez, 1986).

Para Hiratuca *et al.* (2003), em países da América Latina, Ásia e Europa, costuma-se utilizar a *nafta* como principal insumo dos processos petroquímicos, extraída do petróleo. Enquanto na América do Norte e no Oriente Médio é

comum a extração do *etano*, do gás natural⁶. Com a implantação da indústria petroquímica, o Brasil estabelece o elo entre a extração dos insumos petroquímicos (*nafta e etano*) e o fornecimento de matérias-primas para as indústrias transformadoras de plástico (Fig. 4).

Os primeiros investimentos para a implantação desse setor no Brasil, em meados do século XX, contribuíram para formação da etapa I, de extração e refino do petróleo, conforme se observa na Fig. 4. A indústria petroquímica surgida posteriormente pode ser representada pelas etapas II, III e IV, compondo as três gerações petroquímicas. A nafta e o etano, mesmo com características distintas, iniciam o processo produtivo na primeira geração, com sucessivas transformações das matérias, gerando os petroquímicos básicos. Dos petroquímicos básicos se faz a segunda geração (representada pela etapa III), com a produção de resinas e materiais considerados intermediários, prontos para a modelagem final. A terceira geração é a indústria de transformação (etapa IV), que utiliza as variadas resinas e produtos químicos para fabricar produtos finais como tintas, fertilizantes, produtos de limpeza, borracha sintética, inúmeros produtos plásticos das mais variadas indústrias, etc. (Hermais, *et al.*, 2001).

⁶ Essa divisão generalizada, de América Latina e países asiáticos produtores de *commodities* à base de nafta, e os países norte-americanos e europeus produtores de resinas técnicas e de maior desempenho deve ser relativizada. No Brasil, polos como o Rio Polímeros pode ser considerado um exemplo exceção à regra pela produção de resinas a base de etano, do gás natural existente em território brasileiro.

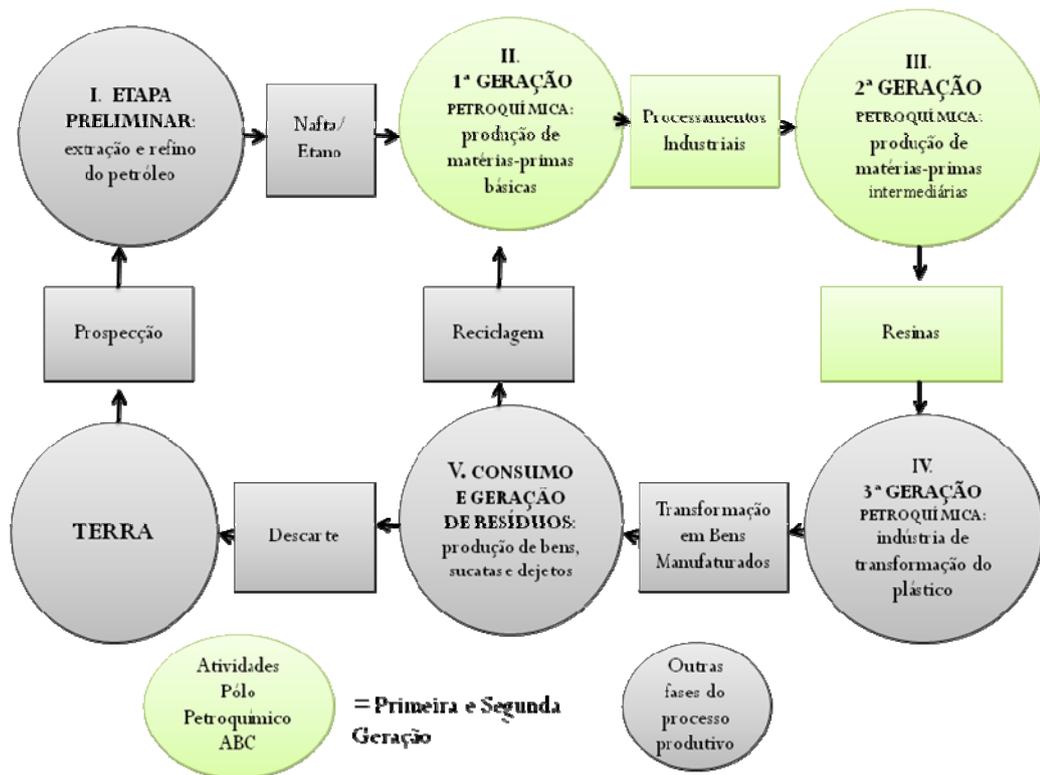


Fig. 4 Ciclo de Vida dos Petroquímicos

Fonte: Baseado em Carvalho (2000, p. 25).

A Fig. 4 mostra o setor petroquímico como parte de um elo maior da indústria, que vai da extração de insumos ao consumo final e descarte. Entre os estágios destacados nesse esquema, as etapas I, II e III costumam manter grande sinergia, dependendo da estratégia das empresas envolvidas. As etapas II e III costumam ter ações coordenadas pela própria natureza tecnológica das atividades dessas indústrias, dispostas em polos petroquímicos, ou regiões geograficamente próximas, interconectadas por grandes dutos. O Polo Petroquímico do ABC possui atividades relacionadas à primeira e segunda geração petroquímica, e com contato e articulações próximas às empresas de extração e refino de petróleo e gás natural, assim como com as empresas da terceira geração, transformadoras dos insumos básicos e produtos intermediários e finais.

A inter-relação entre empresas acontece porque as tecnologias do processo petroquímico não são um bloco único e indivisível, constituindo de áreas de conhecimento, com acervos técnicos para a implantação e operação da planta

petroquímica. Conforme explicita o Quadro 2, os acervos envolvem diversas tecnologias, classificadas principalmente como *tecnologias centrais*, *periféricas* e *operacionais*, cada qual com ênfase em diversas engenharias.

Quadro 2 Distribuição das áreas de conhecimento da indústria petroquímica por funções e fornecedores de tecnologia.

Classificação do Acervo Técnico da Indústria Petroquímica		Funções das Tecnologias	Fornecedores das Tecnologias
Tecnologias	Áreas de Conhecimento		
Tecnologias Centrais	Engenharia de Processo	Pesquisa e desenvolvimento de novos processos e produtos.	Indústrias Petroquímicas
	Engenharia Básica	Projeto básico da planta adequado às escalas de operações <i>scale-up</i> .	
Tecnologias Periféricas	Engenharia de Detalhamento	Implantação da atividade industrial.	Firmas de Engenharia
	Engenharia de Montagem		
Tecnologias Operacionais	Engenharia de Planta	Desenvolvimento operacional da planta, do produto e suas aplicações.	
	Engenharia de Produção		
	Engenharia de Aplicação		

Fonte: Baseado em; Pallerosi (2008), Cartoni (2002), Suarez (1986).

A *tecnologia central* engloba a engenharia de processos (P&D para novos produtos e processos) e a engenharia básica (*scale-up*, adaptações das inovações para

a escala industrial). As tecnologias centrais são um instrumento de pesquisa do setor e costumam advir de grandes empresas multinacionais. As *tecnologias periféricas* destinam-se ao detalhamento e montagem da planta industrial e como não exigem grande sofisticação, podem contar com empresas prestadoras de serviços. As *tecnologias operacionais* são destinadas ao funcionamento operacional da planta, isto é, à tecnologia que viabiliza o funcionamento geral da indústria no dia a dia, e também faz parte de acervos técnicos de empresas contratadas que, normalmente, não fogem muito de processos produtivos e engenharias encontradas nas demais indústrias (Suarez, 1986).

Desta forma, enquanto o investimento em tecnologias petroquímicas centrais buscam produtos e processos inovadores, que beneficiam a diferenciação dos produtos e a otimização dos processos produtivos, as tecnologias operacionais lidam com os gargalos produtivos. As restrições ambientais são comumente adaptadas pelas tecnologias operacionais, sejam do tipo paliativo ou efetivamente ambiental. As técnicas de abastecimento de água fazem parte dos conhecimentos técnicos operacionais e qualquer limitação que se apresente a esse recurso natural caberá principalmente às tecnologias operacionais lidar com o gargalo produtivo.

O grande complexo petroquímico surgiu com o desenvolvimento moderno do Brasil, em uma relação intrínseca com a industrialização e a urbanização do território metropolitano de São Paulo, criando-se um elo entre os processos de extração e refinaria de petróleo e a demanda por insumos petroquímicos de outras indústrias. O pioneirismo da indústria petroquímica paulista está relacionado com a formação da indústria brasileira. Com o surgimento de novas restrições ambientais após as últimas décadas do século XX, as tecnologias operacionais passam exercer também o papel de adequação do sistema produtivo aos novos padrões, como o caso das técnicas de abastecimento de água.

3.3. Industrialização brasileira e o primeiro polo petroquímico do Brasil

A ocupação dos municípios da região do Grande ABC data do período da colonização do Brasil e está intimamente ligada à história da urbanização e industrialização do país. Em 1553, registra-se a fundação do povoado de Santo André da Borda do Campo, localizado em território onde é hoje a cidade de São Bernardo do Campo, porém, englobava toda a região conhecida como Grande ABC. A região desenvolveu-se entre o século XVIII e início do século XX, período de formação da cidade de São Paulo, como parte do cinturão caipira, nome dado às localidades que hoje compõem a região metropolitana de São Paulo, com culturas de subsistência, agricultura extrativa, produtos cerâmicos e artesanais (Langenbuch, 1971).

No final do século XIX e início do XX, houve uma mudança na região, com o ciclo do café e a vinda de mão de obra imigrante para São Paulo. A ferrovia que ligava o porto da cidade de Santos à capital paulista (Estrada de Ferro Santos-Jundiaí) percorria o território sudeste da região metropolitana de São Paulo, e foi responsável pela vocação industrial do Grande ABC. Em 1938, a sede de São Bernardo, que até então englobava toda a região do ABC, foi transferida para o bairro da Estação Santo André. Nas décadas seguintes, aconteceram desmembramentos no território, até que, em 1967 a região passou a ser composta pelos sete municípios: Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra.

Nas décadas de 1920 a 1940, São Paulo urbanizou-se, assim como seus arredores, principalmente os originados por povoados-estação. Nas duas primeiras décadas do século XX são inauguradas as primeiras indústrias de maior porte na região, como a Refinaria de Óleo Brasil, as Indústrias Reunidas Matarazzo, e a General Motors, alocadas no município de São Caetano do Sul. No ano de 1923, instalou-se em Santo André a Fichet do Brasil e a Pirelli. A crescente industrialização imprimiu novas características à região, como a espacialização do

trabalho, o zoneamento retalhado em pequenos lotes residenciais e a construção de vias de acesso rodoviário (Langenbuch, 1971).

Para Maricato (1977), o esforço de modernização foi da burguesia industrial, que assumiu o poder do país após 1930, moldando a cidade a uma nova ordem econômico-política. Ianni (1961) refere-se a essa fase de transformações históricas, econômicas e sociais como um período de constituição da civilização urbano-industrial no Brasil. Após a década de 1940, a grande urbanização da metrópole acelera-se, com incentivos governamentais, como o Plano de Metas de 1956, cujo objetivo era assegurar as bases materiais para o crescimento econômico e a criação de cadeias produtivas no Brasil.

A partir da década de 1950, a indústria automobilística e os seus setores agregados, como a metalurgia, a metal-mecânica, de máquinas e equipamentos ganham impulso decisivo, favorecidos pelas medidas protecionistas governamentais. O automóvel tornou-se um bem de consumo de massa, junto com uma série de investimentos na construção de autoestradas. O Brasil é considerado um país de industrialização tardia, por iniciar suas atividades no começo do século XX, e somente em meados do século criou estruturas suficientes para construção de cadeias produtivas consistentes.

Em 1950, o Brasil passou a explorar as atividades químicas e petroquímicas em Cubatão, no Estado de São Paulo, considerado núcleo precursor desse setor no Brasil (Cartoni, 2002). A continuidade dos investimentos no setor foi em 1972, com a inauguração do Polo Petroquímico Capuava, na região do Grande ABC entre os municípios de Santo André e Mauá, divisa com a cidade de São Paulo. O Polo Petroquímico do ABC, localizado no distrito de Capuava, foi a primeira grande iniciativa da indústria petroquímica no Brasil, geograficamente estratégica, próxima dos complexos industriais de Cubatão, de outras cadeias industriais da região metropolitana de São Paulo, além do maior mercado consumidor do país.

Klink (2001) destaca que a instalação do Polo Petroquímico e de outras cadeias industriais no ABC também se deve a outros fatores, como a região, com

terrenos grandes e planos, com disposição geográfica entre o Porto de Santos e a capital, nas imediações da Via Anchieta e com vinculação funcional entre estabelecimentos. A localização em áreas periféricas também era propícia às atividades que emanam mau cheiro, assim como grande quantidade de resíduos sólidos, gases, etc., como no caso das indústrias químicas e petroquímicas. Finalmente, a proximidade com fornecedores especializados em insumos da cadeia automobilística fez da região do Grande ABC um local ideal para a experiência pioneira da cadeia produtiva petroquímica.

Nas décadas seguintes, surgiram mais dois grandes polos petroquímicos em diferentes regiões do Brasil: Camaçari, em 1978 (Copene), no Estado da Bahia; e Triunfo, em 1981, no Rio Grande do Sul (Copesul). A sucessiva implantação de polos petroquímicos mostra os esforços em descentralizar e ampliar o setor petroquímico para outras regiões com grande potencial industrial e centros consumidores. As décadas seguintes ainda contariam com o surgimento de novos e importantes polos petroquímicos, como o de Paulínea, na região metropolitana de Campinas/SP, e de Duque de Caxias/RJ (Rio Polímeros), especializado em extração do etano, do gás natural. Segundo informações da Associação das Indústrias do Polo Petroquímico do Grande ABC (APOLO), no ano de 2005 o Polo Petroquímico do ABC era responsável por 15% da produção brasileira de resinas, enquanto a Rio Polímeros, 18% (RJ), Copesul, 32% (RS) e Copene, 35% (BA).

A instalação dos primeiros polos petroquímicos obteve grande apoio governamental, durante o período de Governo Militar. O modelo era tripartite, através do qual as *joint-ventures* formadas por: 1/3 de capital proveniente da União, por meio de uma subsidiária da companhia estatal brasileira de petróleo (Petrobrás), a Petroquisa; 1/3 de sócio privado nacional; e 1/3 sócio estrangeiro, que normalmente era o fornecedor da tecnologia. A formação das *joint-ventures* visava criar condições para a absorção e transferência tecnológicas. A opção governamental pelo modelo tripartite seguia um planejamento estratégico para formação de uma indústria de base consistente. Além do interesse pela tecnologia

estrangeira, havia o intuito de implantar em um pequeno espaço de tempo, uma infraestrutura que possibilitasse o país ser auto-suficiente em derivados petroquímicos (Hermais, Barros, Pastorini, 2001).

Passado o período conhecido por *Milagre Econômico* brasileiro, quando o país recebeu forte incentivo estatal, o Polo Petroquímico do ABC teve de buscar formas de melhorar seu desempenho. Quadros de Carvalho (1987) destaca que durante a década de 1980, a indústria petroquímica passa por um processo de inovação, com a microeletrônica. Apesar dos investimentos, Hermais *et al.* (2001) afirmam que o polo paulista assimila pouco os avanços tecnológicos, com dependência dos sócios estrangeiros e dos subsídios estatais.

Após a crise mundial do petróleo e o lançamento do II Plano Nacional de Desenvolvimento, durante a década de 1970, o perfil da economia brasileira mudou com o aumento do endividamento do país até o final da década seguinte. Acontece nesse período um processo de incentivo à migração de mão de obra vinda do Norte, Nordeste, áreas rurais de Minas Gerais e interior do Estado de São Paulo, aumentando a densidade demográfica das regiões urbanas periféricas da metrópole paulista (Klink, 2001; Moraes, 2003). O crescimento industrial na região do ABC, com alto grau de concentração empresarial, possibilitou que a população de metalúrgicos que habitavam e trabalhavam na região tivessem certa ascensão a extratos econômicos e sociais médios. Apesar disso, não foi possível evitar o favelamento e a ocupação de áreas de proteção de mananciais dos municípios dessa região.

O pioneirismo industrial da região contribuiu para a formação de uma classe operária articulada, assim como para uma ocupação urbana desordenada, com sérios problemas sociais e ambientais. A década de 1980 foi marcada pela saturação do modelo de desenvolvimento do país, tendo como consequência uma crise econômica e o aumento dos problemas do território metropolitano de São Paulo.

Para o Polo Petroquímico do ABC, o início do século XXI é marcado por gargalos urbanos, novas demandas de mercado e pressão institucional por uma adequação às diretrizes ambientais. O rompimento com a estrutura criada e a necessidade de soluções para a retomada do crescimento estão relacionados com a tecnologia de reuso de água.

3.4. Crise do Modelo Econômico e Gargalos do Sistema Produtivo

O Grande ABC e o Polo Petroquímico viveram o auge do crescimento econômico durante as décadas de 1970, até meados de 1980. Durante a década de 1980, entram em crise os modelos convencionais de desenvolvimento, a partir dos governos liberal-conservadores e o Estado mínimo. Ao contrário dos grandes incentivos governamentais para o desenvolvimento da economia, a nova tendência caracteriza-se pelo processo de desregulação, privatização e abertura das fronteiras comerciais.

No Brasil, a Constituição de 1988 traz uma novidade que acirra a crise econômica para algumas regiões industrializadas. A autonomia tributária dos estados e municípios e o aumento da disputa entre incentivos fiscais para atrair indústrias dão origem a um fenômeno conhecido como *guerra fiscal*. Regiões industrializadas como o Grande ABC passam perder indústrias, além da redução da capacidade de investimentos públicos. Guerra (1985) ainda destaca o déficit de competitividade das empresas brasileiras com a abertura das importações nesse período.

Os números do ICMS, o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, não deixaram margem a dúvidas: o Grande ABC foi a região do país que mais prejuízos sofreu nos últimos 12 anos com a abertura comercial indiscriminada e a ausência de políticas industriais e tecnológicas compensatórias, que afetaram especialmente as regiões com cadeias industriais mais complexas, como o ABC paulista, levando ao fechamento de empresas e perda de postos de trabalho. [...] O complexo químico-petroquímico caiu de 18,84% para 9,79%. O metal-mecânico, de 33,94% para 15,95%, e o eletrônico passou de 12,78% para 6,66%. Nos demais complexos industriais, repetiu-se o mesmo quadro, com a participação passando de 6,32% em 1991 para 2,08% em 2003 (Observatório Econômico, 2003, P. 8).

Aguena (2001) afirma que a economia brasileira tem uma desaceleração após meados da década de 1980, com o aumento da inflação, dos conflitos sindicais e dos déficits governamentais. Para Harvey (1989), as mudanças econômicas não se

restringiram às formas de governo, mas também trouxeram uma revolução ao sistema produtivo industrial, passando a exigir mão de obra melhores qualificada, com processos de trabalho e mercados flexíveis. A crise do mercado e os novos arranjos produtivos causam em regiões como o ABC uma redução do mercado formal de trabalho, com o surgimento de novas formas de empregos, regimes de tempo parcial, trabalhos temporários, terceirização da produção e trabalho informal (Reis, 2005).

A estagnação econômica e a saturação do modelo de desenvolvimento industrial moderno trazem consequências a toda a região metropolitana de São Paulo. O território urbano intensifica seu processo de expansão, avançando para as áreas periféricas próximas aos mananciais da bacia hidrográfica do Tietê. Essa ocupação desordenada abriga uma população de baixa renda, carente de boas condições de vida. Dessa forma, além das dificuldades de superação da crise e da necessidade de adequação ao novo modelo econômico, as empresas alocadas na região do ABC convivem com uma séria degradação ambiental e problemas sociais.

Além da crise econômica que atingiu todo o país, o processo de ocupação desordenada e degradação ambiental, tornou o maior desafio para retomada econômica do ABC, após a segunda metade da década de 1990. Um exemplo dos efeitos do desenvolvimento e da ocupação desordenada de São Paulo é a descaracterização dos regimes hidráulicos e hidrológicos, um sério problema social, ambiental e econômico. A região metropolitana de São Paulo fica próxima à Serra do Mar, em áreas de mananciais com pouca vazão de água, e uma séria dificuldade no abastecimento da população urbana e das intensas atividades produtivas. Isso levou a uma alteração dos ciclos hidrológicos na bacia do Alto Tietê, passando a exercer pressões sobre as bacias vizinhas.

A partir da década de 1950, a região metropolitana de São Paulo capta água em bacias hidrográficas vizinhas, de forma complementar. A transferência de recursos hídricos entre bacias evoluiu muitas vezes para conflitos regionais pelo impacto nas vazões de bacias vizinhas, em benefício do suprimento de demandas da metrópole. É o caso da bacia do Piracicaba-Capivari e Jundiáí, prejudicadas pela

limitação no abastecimento. No caso da bacia hidrográfica do Médio Tietê (a jusante, na região de Sorocaba), os conflitos são motivados pela poluição transportada para a região pelo rio Tietê. Dessa forma, além da limitação do suprimento de água, a região metropolitana é uma grande consumidora e poluidora de recursos hídricos (Cunha, 2004; Capobianco, Whately, 2002).

Após a promulgação da Lei Estadual nº 7.663 de 1991, a bacia hidrográfica do Tietê, que corta o Estado de São Paulo, foi dividida em Alto Tietê, Tietê/Sorocaba, Tietê Jacaré, Tietê/ Batalha e Baixo Tietê. A Fig. 5 mostra que a região metropolitana de São Paulo ocupa a maior parte da bacia do Alto Tietê. Para dar conta desse complexo gerenciamento, foi criado o Comitê da Bacia do Alto Tietê, dividido nos subcomitês: Tietê/ Cabeceiras, Billings/ Tamanduateí, Juqueri/ Cantareira, Cotia/ Guarapiranga e Pinheiros/ Pirapora. A sub-bacia Billings/ Tamanduateí engloba os sete municípios do Grande ABC e parte da cidade de São Paulo.

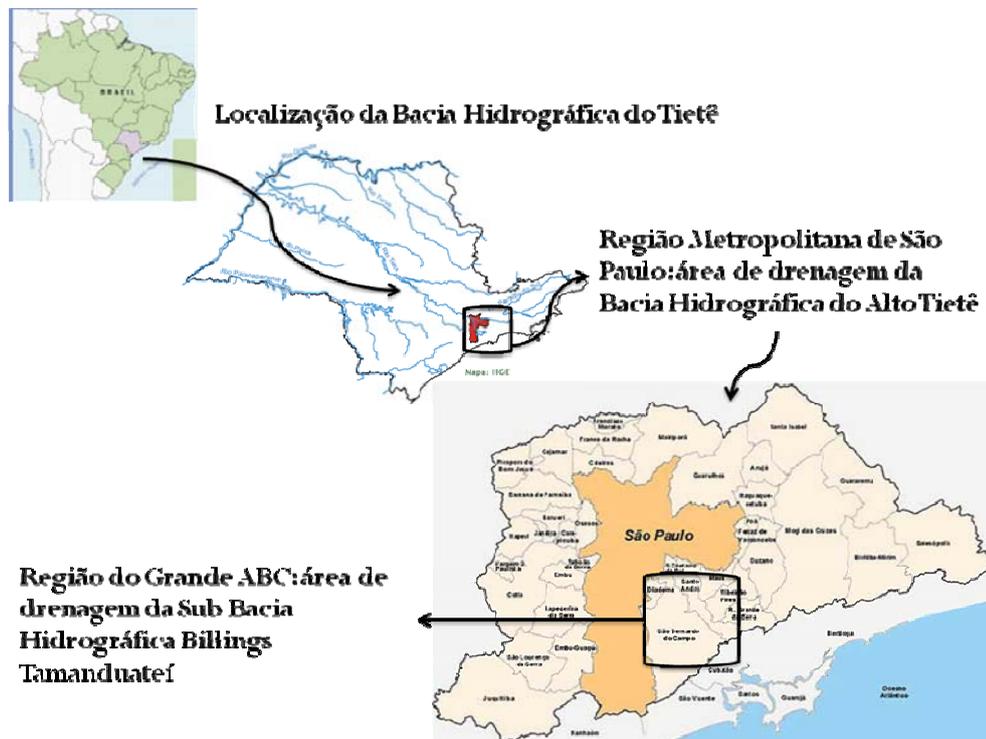


Fig. 5 Localização do Estado de São Paulo e da bacia hidrográfica do Alto Tietê; a região metropolitana de São Paulo e a bacia hidrográfica do Alto Tietê; região do Grande ABC e a sub-bacia hidrográfica Billings/ Tamanduateí. Fonte: IBGE.

A área de manancial da represa Billings, a montante da sub-bacia, na porção sudeste da região metropolitana de São Paulo, ilustra a situação de degradação ambiental e ocupação irregular (Fig.6). Segundo Capobianco *et al.* (2002), esse manancial conta com uma área de drenagem de cerca de 560 km², abrangendo parcelas territoriais dos municípios de São Paulo, Santo André, São Bernardo do Campo, Diadema e Mauá. A região encontra-se entre o grande aglomerado urbano e industrializado da cidade de São Paulo, o Grande ABC e as áreas de preservação ambiental da represa Billing e da Serra do Mar.

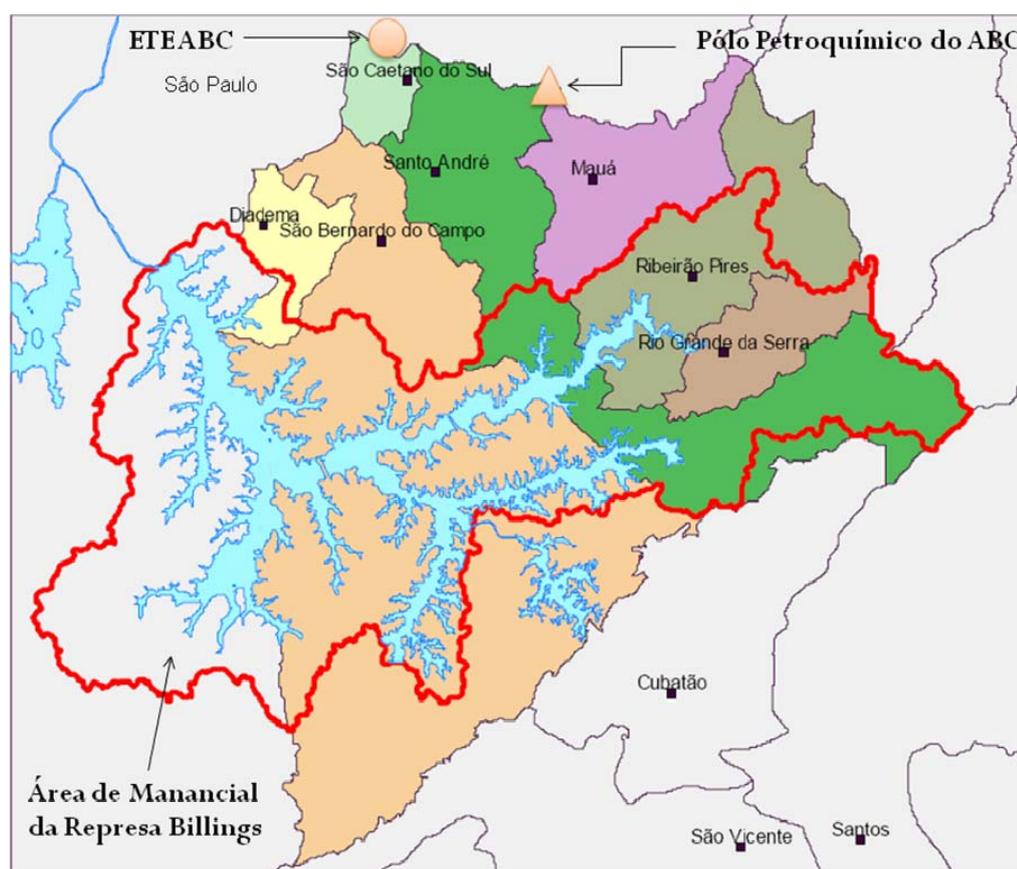


Fig. 6 Área de drenagem da sub-bacia hidrográfica Billings/ Tamanduateí, com destaque para os municípios da região do Grande ABC

Fonte: Baseado em Cunha (2004); Capobianco e Whately (2002).

Nas Figs. 7 e 8, observa-se a ocupação desses espaços pelo processo de urbanização, que transforma o entorno da Billings em um bolsão de pobreza após a década de 1970, e abriga uma população de baixa renda, que vive em condições de vulnerabilidade e baixos indicadores de segurança pública. A situação é agravada

pelos intensos conflitos pelo uso e ocupação do solo, em uma tendência de aumento dos processos de ocupação por atividades irregulares, como invasões, favelas e loteamentos clandestinos.

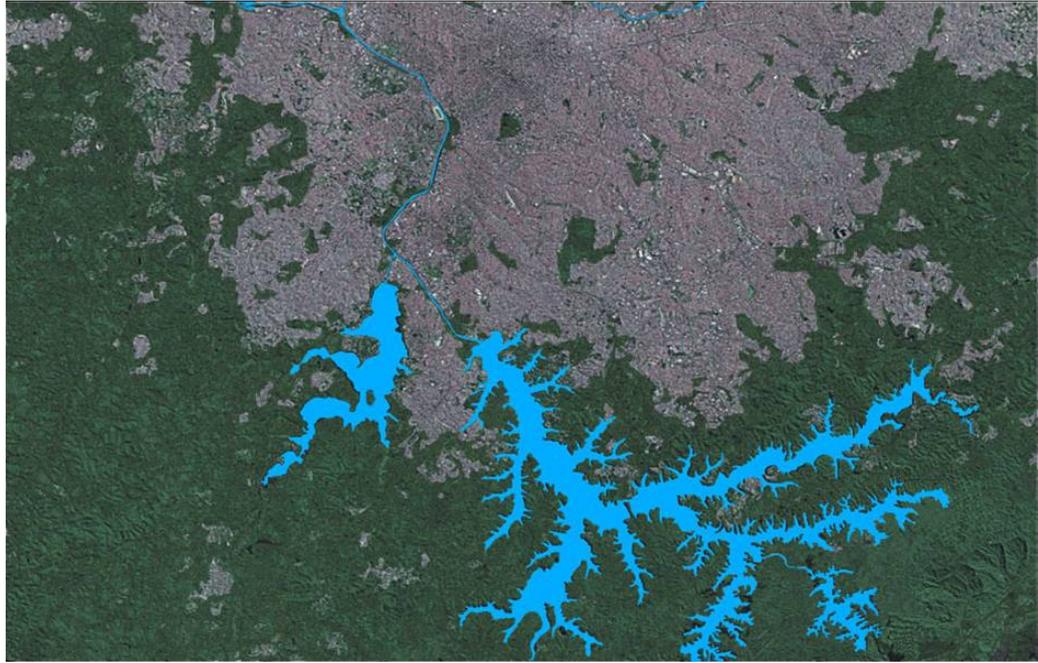


Fig. 7 Ocupação urbana da área de manancial da sub-bacia hidrográfica Billings/Tamanduateí, em 1974

Fonte: Consórcio Intermunicipal do Grande ABC.

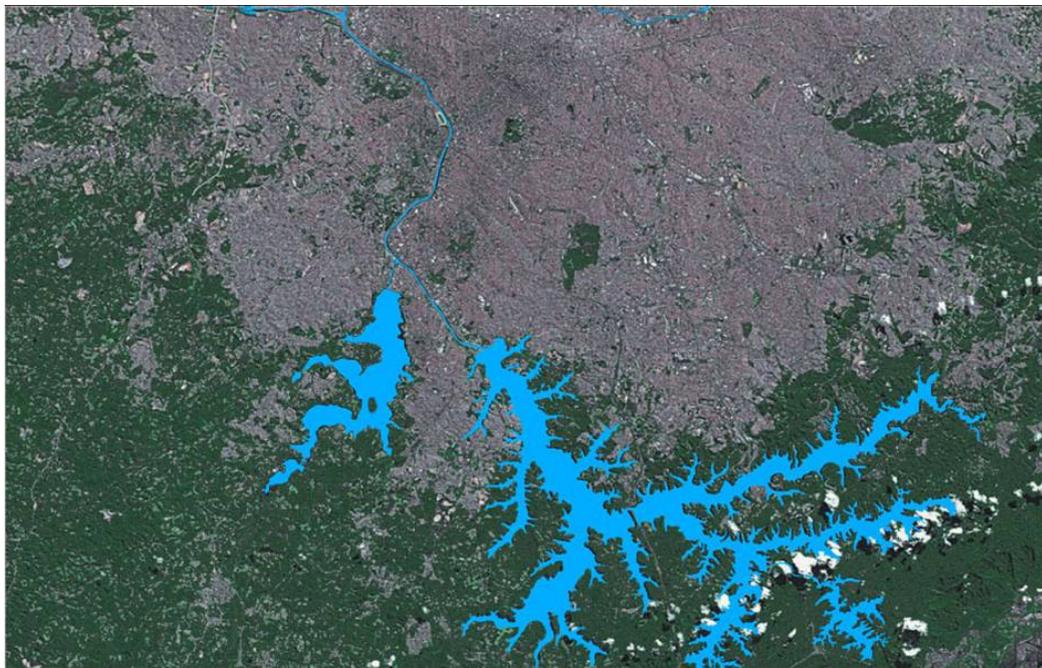


Fig. 8 Ocupação urbana da área de manancial da sub-bacia hidrográfica Billings/Tamanduateí, em 2003

Fonte: Consórcio Intermunicipal do Grande ABC.

A população da região do ABC cresceu de 1.649.332 habitantes em 1980, para 2.630.554 habitantes em 2009, segundo os dados do SEADE (2009). Muitas das áreas da região são cobertas por mata atlântica, especialmente os territórios próximos à Serra do Mar. Segundo Capobianco e Whaterly (2002), o desmatamento nesse território foi cinco vezes maior do que a média do Estado de São Paulo, durante a década de 1990. Os problemas sociais e a ocupação irregular são agravados pela degradação ambiental, além de o reservatório da represa Billings ser responsável pelo abastecimento de água de aproximadamente quatro milhões de pessoas.

Estudos como o de Cunha (2004) e o relatório de FUSP (2002), destacam os seguintes pontos críticos levantado pelo Plano de Bacia do Alto Tietê para essa região:

- i. Escassez de água – o consumo total de água da bacia excede a produção hídrica há necessidade de extensão da rede distribuidora pela importação de água de bacias vizinhas.
- ii. Comprometimento dos mananciais de superfície – todos os mananciais superficiais localizados nos limites da Bacia do Alto Tietê encontram-se ameaçados, alguns em condições bastante críticas.
- iii. Desorganização da exploração do manancial subterrâneo – utilização descontrolada dos aquíferos como fonte alternativa ou primária para suprir demandas, com riscos de contaminação dos poços.
- iv. Qualidade das águas superficiais comprometidas – falta investimento nos sistemas de coleta, transporte e tratamento dos esgotos sanitários da região. A qualidade dos corpos d'água superficiais é considerada crítica, com danos à saúde humana, ao ecossistema aquático, prejuízos estéticos e perda de valor comercial das zonas ribeirinhas. Em 2002, a região contava com apenas 65% de esgotos coletados e, destes, 32% tratados.

v. Disposição do lixo irregular – a situação é irregular quanto à disposição de resíduos sólidos domiciliares na maior parte dos municípios.

vi. Impermeabilização do solo – o padrão de adensamento e a verticalização contribuem para a ocorrência de inundações e sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana.

O Grande ABC, com a região metropolitana de São Paulo, contribuiu para a formação de uma base industrial no Brasil, mas também provocou mudanças no ambiente urbano regional. Os padrões de desenvolvimento empreendido até as últimas décadas do século XX foram responsáveis por transformações no meio ambiente, assim como nas relações sociais da região do ABC. O Polo Petroquímico do ABC funcionou durante a década de 1990 em condições de degradação social, ambiental e econômica, em um período de reestruturação do sistema produtivo de novas articulações sociais.

3.5. A década de 1990 e a articulação regional

Passado o auge do período de crescimento econômico do ABC, a década de 1990 pode ser compreendida como uma fase de mudanças e busca por alternativas ao desenvolvimento. No final desse período, até a última década do século XX, iniciam-se articulações para resolver os problemas regionais. Diante da crise econômica, social, e ambiental nos municípios do Grande ABC, surgem iniciativas e articulações regionais para solucionar os problemas dos municípios da sub-bacia hidrográfica Billings/ Tamanduateí.

Ianni (1963) viu a população operária formar uma classe economicamente ativa, qualificada e com uma considerável influência política e social. A formação dessa identidade regional, nas décadas seguintes, é possível pela crescente participação da sociedade civil e pela articulação regional. Dessa forma, Abrucio e Moraes (2001) verificam uma estrutura institucional bastante original no Grande ABC durante a década de 1990, com novos instrumentos regionais e importantes canais de negociação de interesses.

A primeira iniciativa, em 1990, reuniu os sete poderes públicos municipais do Grande ABC, com a criação do Consórcio Intermunicipal da Bacia Billings/ Tamanduateí, conhecido também como Consórcio Intermunicipal do ABC. Essa iniciativa foi motivada para resolver problemas ambientais na região, como a gestão de recursos hídricos e a destinação dos resíduos sólidos. O consórcio deu continuidade à construção histórica do discurso de cooperação regional, uma vez que essas questões eram impossíveis de serem tratadas isoladamente⁷. Posteriormente, com o diálogo e a estrutura institucional da Câmara Intermunicipal, a instituição passou a servir como alternativa ao planejamento metropolitano, concentrando-se principalmente no desenvolvimento econômico. (Abrucio, Soares, 2001)

⁷ O Consórcio Intermunicipal, em suas primeiras atividades, antecipava algumas funções do Comitê de Bacia Hidrográfica, criado após a promulgação da lei nº 7.663, de 1991, que instituiu o SNRH e a PNRH.

Em 1995 um amplo movimento da sociedade civil deu origem ao Fórum da Cidadania do Grande ABC, com mais de 100 entidades da sociedade civil de ações pela cidadania e pelo desenvolvimento sustentado, com um papel relevante à continuidade do processo de articulação regional, integrando-se à Câmara Regional no período posterior. Em 1997, por iniciativa do governo do Estado, foi criada a Câmara Regional do Grande ABC, que ampliou a agenda da cooperação regional para o desenvolvimento regional, até então restrita à esfera intermunicipal. A Câmara Regional não tem personalidade jurídica, mas funciona como uma grande mesa de negociações entre governo estadual, governos municipais e sociedade civil (Abrucio, Soares, 2001; Bresciani, 2004).

A quarta instituição regional originada desse movimento de articulação foi a Agência de Desenvolvimento Econômico do Grande ABC, com o acordo estabelecido na Câmara Regional para servir de braço executivo desse fórum. A Agência de Desenvolvimento tem a função de revitalizar a economia. Abrucio e Soares (2001, p.192) sintetizam a articulação existente dessas instituições regionais surgidas durante a década de 1990 da seguinte forma:

Consórcio: Instância de discussão e encaminhamento de questões exclusivas do âmbito político municipal. É uma prefeitura regional.

Fórum: Instância de debate e definição das plataformas dos setores mais expressivos da sociedade civil. O guardião de interesses da sociedade regional frente ao poder político constituído.

Câmara: Instância de debate e deliberações da política regional em temáticas que envolvem um escopo mais amplo de atores para além das prefeituras municipais: governo do estado, sociedade civil e legislativos regionais.

Agência: Instância de ações para promoção do desenvolvimento econômico sustentado.

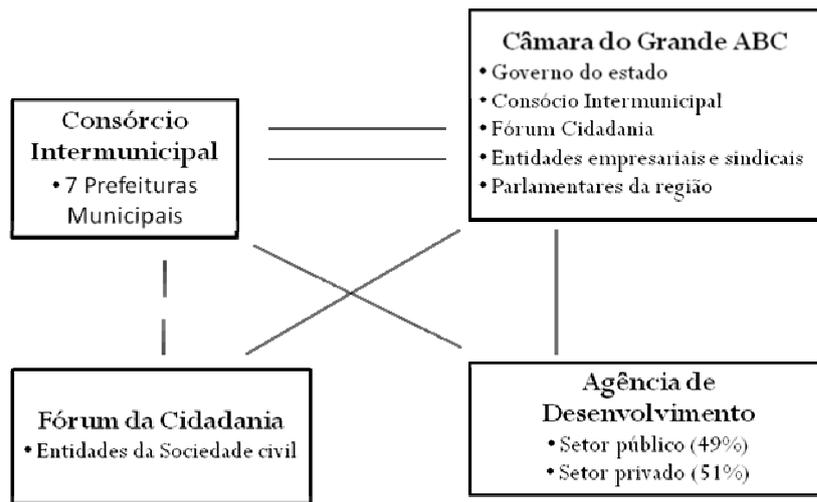


Fig. 9 Articulação institucional do Grande ABC

Fonte: Abrúcio, Moraes, 2001, p. 192.

Em 1997 foi criado o Subcomitê das bacias hidrográficas Billings/Tamandateí, instituído pela Lei Estadual nº 9.034 e de 1994 e pela Lei Federal nº 9.433, reunindo os municípios da região do Grande ABC e parte do município de São Paulo para organizar a gestão hídrica daquela sub-bacia hidrográfica. Esse órgão consultivo, deliberativo e descentralizado faz parte das instituições de articulação regional relevantes à análise das tecnologias do Polo Petroquímico do ABC (Cunha, 2004; Capobianco, Whately, 2002).

Para Abrucio e Soares (2001), muitas das experiências institucionais de articulação regional são iniciativas inovadoras no país, com aspectos positivos, apesar das inconsistências nas formas de atuação. Agüena (2001) verifica que a sociedade civil ainda tem participação insipiente em algumas dessas instituições. Liochi⁸ esclarece que o Fórum da Cidadania exerceu grande influência durante a década de 1990, mas perdeu sua força de atuação e capacidade de articulação. O mesmo vem acontecendo com a Câmara Intermunicipal, pelo esvaziamento periódico das reuniões. Ainda sim, essas instituições são bastante representativas,

⁸ Assistente de direção e coordenador dos GTs Ambientais do Consórcio Intermunicipal do Grande ABC. Entrevista realizada em 20 de julho de 2009.

mas exercem poder de articulação menor do que outras instituições, como o Consórcio Intermunicipal, a Agência de Desenvolvimento e o Subcomitê de Bacia.

Diante da situação de degradação social, ambiental e da estagnação econômica, diversas iniciativas passam a articular ações para fomentar o desenvolvimento regional. As novas instituições regionais contribuem para a obtenção de consensos sobre o desenvolvimento econômico, criação de políticas públicas, planejamento e coordenação de ações para a melhoria dos problemas regionais. Assim, essas instituições passam a agir voltadas ao desenvolvimento e à superação dos gargalos regionais.

Com base na literatura consultada e nos dados obtidos durante o trabalho de campo, pôde ser observado que o Subcomitê de Bacia Hidrográfica funciona como importante instância de negociação para obtenção de consensos entre grupos de interesses. O Consórcio Intermunicipal atua principalmente para criar sinergias entre os poderes públicos locais e a Agência de Desenvolvimento é o espaço em que o poder privado acerta interesses e institui metas com o executivo público, abrindo oportunidade dos municípios para atuarem de forma mais objetiva para o crescimento econômico.

Durante as entrevistas realizadas entre julho e setembro de 2009, verificou-se que as iniciativas resultantes destas instâncias, não tocaram o problema do abastecimento de águas do Polo Petroquímico de forma relevante. Ainda assim, são espaços de debates que podem tanto dificultar determinadas tecnologias, como beneficiar outras. Apesar desse resultado, não foi possível fazer uma investigação suficientemente aprofundada junto a estas instituições para obtenção de qualquer conclusão sobre a influência da nova articulação regional na questão do abastecimento de água industrial do ABC.

Conforme afirmam Bijrk e Law (1992), as tecnologias são modeladas como reflexo da sociedade onde são criadas. A escolha da técnica de abastecimento de água do Polo Petroquímico do ABC deve levar em consideração uma variedade de fatores como: as macro regulamentações que instituíram novos padrões ao sistema

produtivo; limitações ambientais e técnicas da região metropolitana de São Paulo; e uma complexa rede de instituições e entidades que influenciam os debates e as decisões técnicas. O processo de seleção da tecnologia de abastecimento de águas constitui-se de diversas alternativas, entre as quais está a tecnologia ambiental de reuso. O Capítulo 4 analisa quais os principais fatores que influenciaram a escolha desta técnica.

CAPÍTULO 4 - A TECNOLOGIA DE REUSO DE ÁGUA DO POLO PETROQUÍMICO.

A tecnologia do reuso de água é analisada pelo relato de alguns atores com participações distintas no processo histórico, e que conheceram o projeto em diferentes períodos ou situações. Os entrevistados trazem o ponto de vista das instituições a que pertencem e experiências obtidas junto ao objeto de estudo. A trajetória de reuso de água do Polo Petroquímico do ABC contribui para colocar os fatos à luz das análises das correntes construtivistas e da economia evolucionista.

O capítulo traz inicialmente um histórico dos esforços do Polo Petroquímico para encontrar uma solução técnica para o gargalo do abastecimento de água. Deste relato obteve-se uma relação de vantagens e desvantagens de cada técnica disponível. Observa-se ao final que a tecnologia ambiental não se viabiliza apenas por suas vantagens, mas pela oportunidade de comercialização de água de reuso e a abertura de um novo mercado.

4.1. Histórico da Implantação do Aquapolo Ambiental

A trajetória do objeto de estudo começa na década de 1970, com a inauguração do Polo Petroquímico Capuava, no Grande ABC. Nesse período, houve importantes investimentos na indústria e uma intensa expansão desordenada da região metropolitana de São Paulo. Para atender àquele crescimento urbano, iniciaram-se as obras da estação de tratamento de efluentes do ABC, a ETE-ABC, durante a segunda metade da década de 1970. No entanto, em 1978, as obras da ETE-ABC foram paralisadas. O Polo continuou suas atividades, desenvolvendo-se em meio a períodos de crise econômica e, posteriormente, à reestruturação acionária e ampliação produtiva

A ETE ABC foi idealizada na época em que o Maluf foi governador, depois entrou o Montoro, que parou as atividades para investigar irregularidades. De qualquer maneira, demorou muito a construção e em 1994 ainda não estava pronta (Jorge Rosa, 2009)⁹.

O adiamento da construção da ETE ABC por vinte anos pode ser considerado um agravante para dois graves problemas do abastecimento público de águas da Região Metropolitana de São Paulo. O primeiro é a vazão de águas limitada nos períodos de estiagem, e o outro é a má qualidade dos recursos hídricos captados na região.

São Paulo é uma das poucas metrópoles do mundo, ao lado da Cidade do México, que não está próxima ao mar, nem tem um grande rio passando pelo território. A situação do Polo Petroquímico envolve uma região com pouca disponibilidade de recursos hídricos, uma atividade industrial com grande consumo, e uma população residente que consome grandes quantidades de água (Reinaldo Cardoso, 2009)¹⁰.

⁹ Entrevista realizada com Jorge Rosa, em primeiro de julho de 2009. Ele é funcionário aposentado pela empresa Petroquímica União (PQU), atualmente denominada Quattor Petroquímicos Básicos (Anexo 2). O entrevistado ocupou o cargo de gerente de projetos e esteve à frente do Grupo de Trabalho (GT) do polo petroquímico responsável pela busca por solução para o problema de abastecimento de água entre na década de 1990, até 2008.

¹⁰ Entrevista realizada com Reinaldo Cardoso em 29 de julho de 2009, coordenador de processos da Quattor Petroquímica, empresa majoritária do Polo Petroquímico e a principal usuária de recursos hídricos (Anexo 3). O entrevistado é um dos encarregados da empresa na implantação do Aquapolo Ambiental.

O engenheiro de saneamento básico Gesualdo Pallerosi¹¹ confirma esse problema da região metropolitana, e explica que a escassez e má qualidade dos recursos hídricos tornam-se um sério gargalo técnico, que implica o aumento dos custos para os consumidores:

A região metropolitana de São Paulo está em uma posição muito desfavorável, localizada no divisor de águas da bacia do rio Tietê com as bacias da Vertente Oceânica, em uma região onde os cursos d'água não têm vazões satisfatórias para o atendimento de grandes demandas. Por outro lado, a RMSP cresceu muito nas últimas décadas, exigindo cada vez mais, volumes de água para consumo de suas populações e indústrias. Hoje, para conseguir atender à demanda da RMSP, é necessário buscar água em outras bacias hidrográficas, como a bacia do rio Piracicaba, que atende a praticamente metade da demanda. Então, em termos de disponibilidade, estamos em uma posição muito pouco favorável, com recursos hídricos muito disputados, acarretando maior custo para o fornecimento de água (Gesualdo Pallerosi, 2009).

O abastecimento de água do Polo Petroquímico foi feito, desde sua inauguração, com a captação no rio Tamanduateí, em um trecho onde deságua o afluente chamado Ribeirão dos Meninos. A situação crítica da região metropolitana de São Paulo é um reflexo do abastecimento de água do Grande ABC, onde o rio Tamanduateí apresentou um problema para a captação de água do Polo, logo no início das atividades.

O Tamanduateí chegou ao ponto de ser um rio diluído em esgoto, ao invés do contrário. Em 1965, quando iniciaram as instalações do Polo, em poucos anos a situação piorou muito e, em 1997, decretou-se a morte do Tamanduateí. Isto se deu porque, naquela época, ainda não tínhamos a consciência, o controle e as

¹¹ Entrevista realizada com Gesualdo Pallerosi em 16 de setembro de 2009 (Anexo 4). O entrevistado é atualmente sócio-diretor da empresa de consultoria e projetos especializada em saneamento básico e recursos hídricos Alphaplan Projetos e Consultorias, contratada pelo Polo Petroquímico para realizar estudos referentes ao aproveitamento dos efluentes tratados da Estação de Tratamento de Esgoto do ABC (ETE ABC) para o abastecimento de água. Também participou como diretor e coordenador do estudo contratado pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (Sabesp) para a elaboração de um Plano Diretor de Água de Reuso para a Região Metropolitana de São Paulo.

tecnologias para evitar isto. Esse é um processo que se arrasta há 40 anos (Marcelo Liochi, 2009)¹².

Assim, além da escassez de recursos hídricos, a qualidade das águas superficiais é muito prejudicada, principalmente com o esgoto doméstico. Essa água poluída também é um gargalo técnico, que implica em custos altos e problemas com o maquinário das indústrias petroquímicas.

O rio Tamanduateí, com o passar dos anos foi ficando muito poluído. Conforme a água piora de qualidade, passa a ser necessário incrementar o tratamento. Mesmo investindo bastante, em épocas de estiagem a qualidade da água não era adequada, o que impactava os serviços de manutenção dos maquinários que dependem daquela água. Teve uma época, em 1994, que nós recebemos uma água muito ruim, por conta de uma seca, quando o rio Tamanduateí virou praticamente um esgoto a céu aberto. Por melhor que se fizesse o tratamento, a água continuava ruim, apareciam problemas seriíssimos de corrosão no maquinário, e tivemos de gastar dois milhões de dólares só em um sistema de remediação de corrosão provocada pela água poluída (Jorge Rosa, 2009).

Para a indústria petroquímica, que depende dos recursos hídricos para o pleno funcionamento dos equipamentos, esses gargalos limitam o sistema produtivo e trazem custos de manutenção e redução da vida útil do maquinário. Com a intensificação desses problemas, Jorge Rosa relata que, em 1994, formou-se um grupo de trabalho (GT) com o intuito de encontrar uma solução para o problema do abastecimento de água do Polo Petroquímico. O entrevistado representava a PQU, empresa líder e maior consumidora de água do Polo, quando foram apresentadas diversas possibilidades de captação de água na região metropolitana e em outras bacias vizinhas.

Em 1994 dissemos precisavamos encontrar uma solução para o problema de abastecimento. O Polo Petroquímico não pode perdurar em uma condição tão instável, tanto na oscilação do fornecimento de recursos hídricos, quanto nos custos

¹² Entrevista realizada com Marcelo Liochi, em 20 de julho de 2009. Ele é funcionário do Consórcio Intermunicipal do Grande ABC, e ocupa o cargo de assistente de direção e coordenador dos grupos de trabalho (GT) que articulam políticas regionais voltadas às questões ambientais (Anexo 5).

em manutenção. Nesse ano, foi criado o grupo de trabalho para encontrar uma solução. Era um grupo técnico para resolver o problema de abastecimento do polo. A Petroquímica União (PQU) foi colocada como líder desse trabalho, porque era a maior consumidora, com minha responsabilidade, mas estavam trabalhando junto também, além da PQU, a Refinaria de Capuava da Petrobras (RECAP), a Suzano, que agora está conosco pela junção feita pela empresa Quattor, a Polietilenos União, um grupo da Oxiteno e a Unipac. Formou-se esse grupo de trabalho, e resolvemos fazer um estudo para identificar que opção nós tínhamos ali na região (Jorge Rosa, 2009).

A decisão de compor um grupo para encontrar soluções ao abastecimento de águas do Polo demonstra a gravidade desse gargalo, pois a limitação de recursos hídricos em processos industriais, como o petroquímico, traz decorrências para outras gerações da cadeia produtiva local. Jorge Rosa relata que houve um estudo amplo para a seleção de alternativas viáveis para a captação de água:

A primeira coisa que fizemos foi contratar uma empresa para nos oferecer alternativas de suprimentos de água em Capuava. Apresentaram-se vinte e cinco alternativas. Vinte e cinco! Só que, ao fazer uma análise das possibilidades, percebemos que as únicas alternativas viáveis, eram aquelas que permitiam trazer água através da faixa de servidão dos oleodutos da Petrobras, porque as alternativas que não tivessem as faixas de servidão, não teriam, como passar por inúmeros municípios, seria necessário desapropriar muitos terrenos, enfim, era uma implicação institucional que não era factível, por isso teria de haver uma faixa de servidão da Petrobras.

A adução das águas também se mostra como um gargalo técnico, pois além das limitações relacionadas à vazão das águas, a malha urbana dificulta o transporte dos recursos hídricos. Após uma análise das possibilidades oferecidas ao GT de abastecimento de água do Polo, selecionaram-se três opções tecnicamente viáveis: captação próxima às nascentes do rio Tietê; na Represa Billings; ou no rio Paraíba do Sul, localizado em outra bacia hidrográfica, todas próximas à faixa de servidão da Petrobras, permitindo a adução.

Nossas opções eram pegar água no rio Tietê, a montante do polo, na região de Suzano, que tem uma faixa de servidão da Petrobras vinda do Rio de Janeiro, chegando até nós em Mauá, a 28 km de distância. Depois, mais pra frente,

aproximadamente 60 km de distância, nós tínhamos o rio Paraíba, por onde a mesma faixa de servidão também passava (Jorge Rosa, 2009).

Os entrevistados dizem que todas essas alternativas para o abastecimento de água apresentavam sérios problemas para a captação de água do Polo. A captação a montante do rio Tietê limitava o consumo a 500 l/s. O consumo na época era de aproximadamente 400 l/s e, segundo Jorge Rosa, havia planos de expansão por parte de algumas empresas, que deixavam a opção do Tietê em posição desfavorável.

O rio Paraíba do Sul apresentava problemas para a adequação às normas ambientais: além do conflito com outros usuários, havia dificuldades para obter licenças junto aos órgãos responsáveis. O primeiro desses gargalos é o ajustamento burocrático, pois pertence à outra bacia hidrográfica e a captação de água traz impactos ambientais, com diminuição da vazão e mistura de biomas. O Paraíba do Sul diferencia-se por ser um rio que corta dois Estados e, por isso, é um rio Federal. Os impactos geram conflitos com diferentes usuários, e criam dificuldades para a articulação com as instituições reguladoras. Dessa forma, a obtenção de licenças passa a ser tratada em instâncias mais complexas para os acordos, como comitês de bacias com diferentes representações, novas instâncias reguladoras, etc.

A Represa Billings também traz diferentes obstáculos para a captação de água, com um histórico de conflitos entre usuários e quadros de intensa degradação ambiental. A represa foi construída para gerar energia às indústrias de Cubatão e abastecer com água a população da região metropolitana de São Paulo, mas, para cumprir as duas tarefas, necessitou aduzir as águas poluídas do rio Pinheiros para a lagoa. Os conflitos começaram na década de 1960, com períodos de grande expansão e degradação ambiental. Com é um dos principais reservatórios de abastecimento de água da região metropolitana e uma importante área de manancial, o conflito com grupos de interesses e a obtenção de licenças, além de problemas técnicos relacionados com a adução de recursos hídricos por territórios densamente urbanizados, também se mostram gargalos intransponíveis para essa fonte de abastecimento.

Diante dos gargalos burocráticos, para atender a todos os requisitos solicitados pela legislação, a dificuldade de articulação com instituições e grupos de interesse, e as limitações técnicas da região do Grande ABC, Jorge Rosa relata que o GT do abastecimento de águas do Polo Petroquímico do ABC, durante os primeiros anos do século XX, voltou-se para a primeira opção: a captação no rio Tietê, mesmo com a vazão limitada, dificuldade de adução, impactos e conflito com usuários.

A última opção era captar água ao limite de uso do rio Tietê, com quinhentos litros por segundo. Era uma opção limitada para nossos planos, mas o Polo teria de se adaptar, fazer melhorias e reduzir o consumo. O projeto Billings era inviável e o Aquapolo Paraíba foi abandonado por causa da licença ambiental, desistimos logo que tomamos conhecimento. Aí voltamos para o Tietê, fizemos novamente a engenharia básica, obtivemos todas as licenças, de instalação, licença prévia, etc. Ainda assim, tínhamos também uma manifestação do Ministério Público de que não gostavam da idéia de pegar água do rio Tietê. Essa não era uma opção vista com bons olhos, mas, até então, não tínhamos alternativa (Jorge Rosa, 2009).

Durante a segunda metade da década de 1990, a única opção encontrada pelo Polo Petroquímico do ABC para o problema do abastecimento, as nascentes do rio Tietê, possibilitava a captação em uma região distante, com baixa vazão de água e impactos ambientais. Em 1998, foi inaugurada a ETE-ABC, com uma capacidade inicial de gerar até 1 m³ de água de reuso, com uma projeção de ampliar para 3m³, após o termino das obras. A conclusão parcial dessa estrutura de saneamento básico urbana disponibiliza uma nova fonte de recursos hídricos. A origem do projeto da ETE-ABC, em 1978, destinava-se apenas ao atendimento sanitaria de uma região em franca expansão urbana. Quarenta anos depois, em um momento de escassez de água, altos custos do abastecimento, normas rigorosas e difícil articulação com instituições e usuários, os efluentes tratados ganham o *statu* de “recurso hídrico”.

Demorou, mas a ETE ABC finalmente ficou pronta e operando. Aí, nós nos reunimos e dissemos: o projeto de captação no rio Tietê está pronto, já temos a licença ambiental, tudo encaminhado. Mas e a ETE-ABC? A possibilidade de usá-la foi uma orientação da nossa diretoria, mas o pessoal da área técnica foi resistente no

início: - Pegar esgoto? Esse negócio de pegar esgoto é loucura, nós precisamos de água com uma qualidade boa. Temos caldeiras operando a 120 Atmosferas, uma temperatura altíssima, não podemos usar esgoto. Mas essa turma foi fácil de convencer, porque o rio Tamandateí já é um esgoto, fazemos reuso, mas sem tratamento! Por isso foi fácil convencer esse pessoal. Foi aí que surgiu a ideia de pegar água da ETE ABC como recurso hídrico (Jorge Rosa, 2009).

Os relatos dos entrevistados dão evidências de que as abordagens teóricas da economia evolucionista, construtivista social e do ator-rede, contribuem para entender o complexo processo de escolha da tecnologia de abastecimento de água do Polo Petroquímico, pois são vários os gargalos, desde os institucionais aos ambientais, técnicos e pressões de grupos de interesses. As instituições são um importante fator seletivo às técnicas disponíveis ao Polo Petroquímico, tal como legislações de recursos hídricos e ambientais restritivas, órgãos e entidades de controle ambiental, etc. A dificuldade em obter acordos com outros grupos de interesses, como usuários de água, ambientalistas, autoridades públicas, também são fatores determinantes, que possibilitam o avanço de determinadas técnicas e de outras não. Finalmente, uma infinidade de outros elementos entram como atores restritivos ou benéficos, como as limitações técnicas para adução de águas em território urbano, a degradação ambiental e a escassez de águas na região metropolitana, os custos dos empreendimentos, a imagem da empresa, etc.

A água tratada, disponível para reuso em processos produtivos industriais, aparece como uma solução viável para o Polo Petroquímico, pois possui a qualidade satisfatória, quantidade necessária, custos acessíveis e possibilita lidar de forma prática e eficiente com os demais fatores seletivos. Para a Sabesp, a comercialização dos efluentes tratados abre um novo mercado, estendendo o ciclo útil de vida dos recursos hídricos captados, aumentando a disponibilidade de água para o abastecimento urbano, e criando uma nova forma de geração de renda. O engenheiro Gesualdo Pallerosi relata que, entre 2002 e 2003, foi contratado um estudo para a elaboração do Plano Diretor de Reuso de Água que apontava o Polo Petroquímico do ABC como o grande consumidor industrial em potencial.

Esse trabalho começou quando realizávamos um estudo solicitado pela Sabesp relativo ao Plano Diretor de Água de Reuso para a Região Metropolitana de São Paulo. O estudo foi elaborado na época pela empresa americana CH2M Hill, na qual eu era diretor e coordenador de projetos. A Sabesp nos contratou em 2002 para, entre outras coisas, identificar o tamanho do mercado de água de reuso e os estabelecimentos potencialmente interessados no entorno de cada uma das estações de tratamento da região metropolitana. O Polo Petroquímico foi identificado o maior consumidor entre as indústrias da Região Metropolitana de São Paulo (Gesualdo Pallerosi, 2009).

Essa tecnologia promove um uso mais racional das águas em relação às alternativas disponíveis para captação no Grande ABC. As vantagens se apresentam tanto para o Polo Petroquímico, como para a companhia de saneamento básico da região metropolitana de São Paulo.

A melhor contrapartida oferecida foi pela estação de tratamento de esgoto próxima de Heliópolis, que possuía água disponível vinda do esgoto tratado, com qualidade razoável, melhor do que o rio Tamanduateí. Ela é adequada para as nossas necessidades, depois de alguns tratamentos adicionais, sem causar impactos nem competir com o uso da população (Reinaldo Cardoso, 2009).

Além de contar com a garantia de uma vazão constante, a vantagem dessa opção em relação às outras é, inicialmente, o preço. Esse esgoto tratado tem uma redução da carga poluidora muito grande, atingindo cerca de 90%. Para o Polo Petroquímico de Capuava, essa técnica de reuso tem ainda a grande vantagem ambiental. Lá, eles sempre enfrentaram pressões nesse sentido, e por isso têm a preocupação de mudar essa imagem, demonstrando preocupação com os aspectos ambientais. (Gesualdo Pallerosi, 2006).

4.2. As Vantagens e o Empreendedorismo da Tecnologia Ambiental

Observa-se no Quadro 2 que as técnicas de reuso de água se alinham com os valores ambientais, enquadram-se à legislação, facilitam a articulação institucional e evitam conflitos com outros grupos de interesse. Além de oferecer vantagens quanto à adaptação do sistema produtivo da indústria aos novos padrões, a tecnologia ambiental disponibiliza soluções técnicas e economicamente vantajosas.

Quadro 3 Alternativas para a captação de recursos hídricos apresentadas ao GT de abastecimento do Polo Petroquímico do ABC, com as vantagens e os problemas

Alternativas técnicas para o Abastecimento	Localização	Vantagens	Problemas para a Captação de Recursos Hídricos
Captação no rio Tamanduateí	Bacia hidrográfica Alto Tietê, sub-bacia hidrográfica Billings/ Tamanduateí. Captação no Ribeirão dos Meninos, afluente do rio Tamanduateí (distância aprox. 15 km).	Sistema de adução pronto e em funcionamento. Fácil articulação institucional para obtenção de outorga.	Vazão cíclica de água, com longos períodos de estiagem. Águas poluídas. Impacto na vazão de água do rio Tamanduateí.
Captação na represa Billings	Bacia hidrográfica Alto Tietê, sub-bacia hidrográfica Billings/ Tamanduateí (distância aprox. de 20 km).	Vazão constante e suficiente. Qualidade regular.	Impacto em potencial no abastecimento de água domiciliar. Dificuldades para enquadramento legal. Pressão institucional e de grupos de interesse. Dificuldades técnicas para adução.
Captação no rio Tietê	Bacia hidrográfica Alto Tietê, sub-bacia hidrográfica Cabeceiras do Tietê (distância de aprox. 30 km)	Qualidade boa. Custos acessíveis.	Vazão limitada em 0,5m ³ /s: Impactos ambientais. Pressão institucional. Dificuldades técnicas para a adução.
Captação no rio Paraíba do Sul	Bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. Considerado Federal (distância de aprox. 60 km)	Vazão disponível de forma constante e suficiente. Qualidade boa.	Impacto ambiental. Impossibilidade de enquadramento legal. Conflito com usuários. Pressão institucional. Custos altos. Dificuldades técnicas para a adução.
Captação na Estação de Tratamento de Efluentes do ABC (ETE ABC)	Divisa entre os municípios de São Paulo e São Caetano do Sul. Margem esquerda do Ribeirão dos Meninos, afluente do rio Tamanduateí (distância aprox. 15 km).	Vazão de até 3m ³ /s (suficiente e segura). Qualidade satisfatória e controlada. Não causa impactos ambientais. Bem enquadrado legalmente. Fácil articulação institucional e ausência de pressões sociais. Melhoria da imagem. Geração de receita para o Estado.	

Nas últimas décadas do século XX, diversos fatores passam a exercer pressão sobre o abastecimento de água, e constituem gargalos para o sistema produtivo. Ao se analisar as opções tecnológicas do Polo Petroquímico do ABC, percebe-se que determinados fatores agem de forma seletiva em relação às opções para o abastecimento de água, como a legislação ambiental e de recursos hídricos, os gargalos técnicos e a viabilidade econômica. Quanto à questão ambiental e às novas leis, comentou-se durante o trabalho de campo que

O Polo iniciou as obras nos anos 1960, mas ficou pronto apenas nos anos 1970. Nessa época não havia a pressão ambiental que se tem hoje. O ABC era uma região totalmente desabitada, depois a cidade acabou crescendo naquela região. Foi aí que a pressão ambiental em cima do polo ficou muito grande [...] na década de 1990, quando a área ambiental começou realmente a impactar. Houve uma ruptura com aquela despreocupação quanto ao meio ambiente e não é nenhum desleixo, mas na época a prática era essa, ninguém falava de efeito estufa, em camada de ozônio, não era uma preocupação. Na medida em que isso passou a ser uma preocupação, passamos a ter altos investimentos. Hoje, o Aquapolo está entre os exemplos de adequação, e são grandes os gastos. [...] A parte ambiental é muito pesada em cima do polo. Todos os projetos hoje, se não tiverem uma atenção ambiental, não se conseguem iniciar as obras. Para conseguirmos autorização ambiental para a ampliação, tivemos de fazer um trabalho seriíssimo (Jorge Rosa, 2009).

Eu diria que a legislação ambiental e de recursos hídricos é um fator muito relevante, pois foi um dos maiores empecilhos para que fizéssemos uso de águas de outras bacias. Uma das nossas maiores dificuldades após a década de 1990, quando passamos a procurar outras fontes de abastecimento, foram as restrições impostas por essas leis. A dificuldade de se obter uma outorga, nos volumes que a gente necessitava, faz das legislações um fator de importância na opção pelo Aquapolo Ambiental (Reinaldo Cardoso, 2009).

A técnica disponível é outro fator seletivo fundamental, pois opções com menor impacto ambiental podem, ainda sim, não apresentar resultados esperados. As soluções técnicas devem ser viáveis além de atender da melhor maneira aos requisitos ambientais, econômicos e outros fatores de pressão ao projeto tecnológico. Os gargalos técnicos podem ser os mais diversos, e para o Polo

Petroquímico do ABC destacaram-se a dificuldade de adução das águas em meio urbano, a vazão disponível e a qualidade satisfatória.

O reuso também possui vantagens técnicas, principalmente em relação a adução dos corpos de água. A água de reuso possui maior volume e constância, o que nos permite um tratamento melhor, não resta dúvida quanto a estas vantagens. Quanto à adução de corpos d'água, em rios de grande porte, como o Paraíba do Sul, ou mesmo o rio Tietê, no trecho anterior a cidade de São Paulo, a qualidade da água costuma ser melhor que a água de reuso, porém o fator distância nos complica. Seriam necessários sistemas de elevação, re-bombear a água em certos trechos, técnicas que possivelmente inviabilizariam a captação nestes lugares. O reuso bate a adução existente pela disponibilidade e pela proximidade. Estas são as duas vantagens técnicas que colocam o reuso em vantagem (Reinaldo Cardoso, 2009).

Outro aspecto indispensável é a viabilidade econômica. A equação feita ao optar por determinada tecnologia considera custos e vantagens do projeto. Os recursos hídricos tratados (captados em outras bacias ou de nascentes da região) têm custos muito altos, enquanto a água captada de rios sem tratamento prévio apresenta preços menores, mesmo com a cobrança pelo uso, porém, a qualidade é insatisfatória, havendo a necessidade de criar grandes sistemas de tratamento de água internos. O reuso da ETE ABC possui custos intermediários, entre os recursos hídricos tratados, disponibilizados pela companhia de saneamento (Sabesp), e a água captada diretamente do rio Tamanduateí, mostrando-se viável financeiramente, considerando-se os prejuízos causados pelas águas poluídas deste último.

O preço da água industrial tratada, fornecida pelas empresas de abastecimento, é bastante elevado. Por causa desse preço, indústrias que consumiam muita água tiveram de mudar seus processos industriais para economizar recursos hídricos, enquanto outras se mudaram para regiões onde a água não fosse tão cara, como na região metropolitana de São Paulo. Um dos maiores gargalos para as empresas que consomem muita água tratada tem sido o elevado preço, decorrente de outro grande problema que é a qualidade dessa água (Gesualdo Pallerosi, 2009).

O custo da água de reuso não costuma ser menor do que a água aduzida dos rios, mesmo considerando futuramente a cobrança da água. Nós consideramos que

mesmo uma água com custo um pouco maior paga a tranquilidade de se obter um fornecimento constante. Existem dois fatores que podemos destacar para a água industrial: quantidade e homogeneidade. Se nós recebermos sempre uma água ruim, poderemos instalar um sistema de tratamento que sane nosso problema, mas quando a qualidade é flutuante, não há como ter um sistema de tratamento eficiente. Nós entendemos que o benefício de se obter uma água em quantidade e homogeneidade de qualidade, que uma estação de tratamento de esgoto, compensa o custo um pouco mais elevado (Reinaldo Cardoso, 2009).

O Aquapolo garante o suplemento de água em quantidades necessárias, porque existe suficiente esgoto tratado; o preço não é mais barato do que o que temos agora, mas é um preço confiável e, em termos ecológicos, é o caminho natural. Usar o esgoto tratado, que a gente chama de água de reuso, como suplemento de água. Quando o projeto ficar pronto, você deixa de usar água do rio Tamanduateí e zera o consumo de água potável para uso industrial (Jorge Rosa, 2009).

Enquanto as leis ambientais, os gargalos técnicos e viabilidade econômica atuam de forma seletiva, outros fatores influenciam com maior ou menor intensidade nas opções tecnológicas. No estudo de caso, puderam ser observadas pressões exercidas por grupos de interesses afetados pelos impactos das indústrias petroquímicas do Polo, pressões institucionais, como pelo Ministério Público ou o Comitê de Bacia Hidrográfica, por exemplo. Outro fator de pressão é a imagem da empresa e a possibilidade de usar a tecnologia de reuso como artifício de propaganda.

Eu sentei à mesa duas ou três vezes com representantes do Ministério Público para debater o abastecimento de águas. No início, eles estavam em cima da gente e queriam que assinássemos um TAC (*Termo de Ajustamento de Conduta*), depois a gente apresentou o projeto do Aquapolo Ambiental e a coisa se reverteu de tal maneira, que o próprio Ministério Público passou a defender o projeto. Eles estavam de acordo que o reuso de água, em termos ambientais, era o que mais atendia às exigências. Sob o ponto de vista ambiental, em termos de imagem é excelente, foi a melhor solução. (Jorge Rosa, 2009).

Os governos estadual e municipal foram bastante ativos e, assim que anunciamos este novo sistema de abastecimento, fizeram uma propaganda grande para sairmos da adução de água de qualquer rio o optarmos pela tecnologia de reuso. Quanto ao

Ministério Público, não houve problemas durante o projeto, porque operamos dentro da lei. Já tínhamos a outorga para o uso da água do Tamanduateí e do Tietê, e o reuso nos deixa ainda em dia com os órgãos, afinal, nós não concorreremos mais com o abastecimento de água da população. (Reinaldo Cardoso, 2009.).

Todos esses são fatores muito importantes, e a disponibilidade é essencial; o preço é outra variável muito importante; a preocupação ambiental também; a imagem da empresa que cumpre metas de preservação ambiental, com uma política de uso racional dos recursos naturais, utilizando-se daquela água para outros fins menos exigentes. Gerar renda com um recurso natural reciclado é uma grande vantagem. [...] Esse projeto coloca o Polo Petroquímico, do ponto de vista das metas para a defesa ambiental, em um patamar diferenciado, pois deixa de concorrer com os recursos hídricos para o abastecimento público e abre um novo mercado de reuso de água na região (Gesualdo Pallerosi, 2009).

Um aspecto que se destacou durante o estudo de caso desta tecnologia ambiental é a formação de um mercado de água de reuso. Enquanto o Polo Petroquímico demanda grandes quantidades de recursos hídricos, e a ETE ABC disponibiliza efluentes tratados em quantidade e qualidade suficientes. A trajetória tecnológica do reuso de água adverte que, além dos gargalos e pressões sobre as alternativas técnicas de abastecimento de água do Polo Petroquímico, também contou a visão empreendedora da Sabesp e dos técnicos que identificaram um mercado que aproveita o substrato dos serviços de saneamento básico da metrópole urbana.

O projeto ganhou outro aspecto, de lá pra cá, o que aconteceu, era que o projeto do Polo restringia-se a pegar água de reuso em Heliópolis, esgoto tratado, trazia por uma tubulação até o Polo, usava a água que precisava e o efluente restante voltava para o rio, buscando uma qualidade que atendesse à legislação de descarte. Hoje, a Sabesp se interessou comercialmente pelo projeto e é uma participante. Não quer apenas trazer água para o polo, quer expandir, fornecer água para Santo André, está em negociação para disponibilizar água de reuso para São Caetano e provavelmente para Mauá (Jorge Rosa, 2009).

A Sabesp recentemente passou a ter essa visão de mercado, e procura se transformar em uma empresa de serviços ambientais: distribui água; trata o esgoto e, se possível, até entra no segmento que trata o lixo e aproveita os resíduos

sólidos. No caso da água de reuso, pretende-se também explorar a comercialização para outras empresas que ficam ao longo dessa linha que vai da ETE ABC, divisa entre São Paulo e São Caetano, até o Polo Petroquímico. Eles sempre se preocuparam com os aspectos estruturais de ampliação e reforço do abastecimento público e do sistema de esgoto, agora existe um sinal claro de interesse também na exploração desse recurso. Para se ter uma ideia dessa tendência, recentemente foi montada uma SPE, isso é, uma Sociedade de Propósito Específico, entre a Sabesp e uma das maiores empreiteiras do Brasil, que é a Construtora Norberto Odebrecht. Essa associação cria uma nova empresa que vai construir todo o sistema de distribuição de água de reuso e vender para o Polo Petroquímico e outras empresas interessadas (Gesualdo Pallerosi, 2009).

Os governos estadual e municipais foram grande aliados, porque vêem o reuso de água como recurso para suas empresas e concessionárias de água, que sofrem um problema considerável de inadimplência. Um grande usuário como o Polo Petroquímico do ABC é garantia de uma receita alta, pois consumimos grandes quantidades e pagamos em dia (Reinaldo Cardoso, 2009).

O estudo de caso da tecnologia de reuso de água confirma o conceito das abordagens teóricas surgidas no final do século XX, que afirmam as tecnologias seguirem trajetórias tortuosas. Isto é, são diversas as influências durante a escolha de uma alternativa técnica, e os artefatos tecnológicos refletem tanto os conhecimentos existentes em cada época, como uma infinidade de outras características.

As alternativas de abastecimento de água do Polo Petroquímico do ABC, no início do século XXI, estão sujeitas às legislações de proteção ambiental e das águas, pressões de instituições públicas, entidades e grupos de interesses. Nestes aspectos, observa-se que existe uma tradução dos interesses ambientalistas, valores de preservação e uso racional dos recursos naturais, surgidos principalmente ao final do século XX. Sendo assim, as técnicas de captação de águas diretamente dos rios representam o poder semiótico (paradigmático, em se tratando da visão convencional dos engenheiros e técnicos da área), em oposição a novas técnicas que carregam a influência de

micropolíticas (novos conceitos, com destaque para a racionalidade ambientalista), tal como o reuso de água e as tecnologias ambientais em geral.

As tecnologias sofrem pressões que vão além do meio social, como gargalos técnicos, a pouca vazão de água, a poluição, as dificuldades de adução, os altos custos, etc. A necessidade de lidar com estes problemas criam uma flexibilidade interpretativa, onde o reuso de água passa a ser visto como opção técnica que viabiliza um elevado consumo de água industrial para uma região com inúmeros problemas de captação. As abordagens construtivistas da tecnologia contribuem para o entendimento de que a tecnologia ambiental não se restringe a eficiência técnica ou econômica, mas a uma adaptação a novas condições e formas de pensamento da sociedade do século XXI.

Porém, durante o trabalho de campo, o reuso de água apresenta-se também como um negócio promissor, reduzindo custos, garantindo suprimento, e abrindo um mercado propício para a RMSP. Este motivo pode ser um dos principais fomentadores da mudança tecnológica ambiental. As teorias neo-schumpeterianas alertam que as novas tecnologias movimentam a economia capitalista, e a sinergia entre os atores envolvidos favorece a dinâmica da inovação. Considerando-se a afirmação feita na introdução dessa dissertação, de que as tecnologias são impulsionadas por conceitos e visões de mundo, as tecnologias ambientais não são autônomas às vantagens competitivas que exigidas pela economia de mercado.

CONCLUSÃO

A evolução das tecnologias ao longo do século XX impressiona pelo grande espaço que toma em nossas vidas, ao influenciar as formas de pensar (tecnocêntricas), governar as pessoas (tecnocráticas) e lidar com o meio em que se vive, transformando a sociedade de forma sistemática e metódica. O avanço das tecnologias está atrelado ao ideal de progresso da civilização moderna, assim como ao desenvolvimento econômico, fazendo parte dos alicerces da civilização moderna. Logo, para se pensar a sociedade atual considera-se também os rumos que tomam as tecnologias, e a relação mútua entre esses dois protagonistas.

Até meados do século XX, o desenvolvimento técnico era considerado a principal via do progresso humano, dando uma ideia linear de avanço tecnológico à sociedade moderna. No início do século, observam-se importantes trabalhos de pensadores que alertavam para outros aspectos das tecnologias e do desenvolvimento técnico, pouco considerados pela sociedade em plena expansão. As principais críticas ao tecnocentrismo surgem, na maior parte, após a década de 1960.

Os textos de pensadores das ciências humanas e economia, que escreviam durante a primeira metade do século XX, demonstram haver uma influência recíproca entre a tecnologia e a sociedade, maior e mais complexa do que se imaginava naquela época. Para eles, sociedade moderna é também capitalista, racional, desencantada, industrial e tecnológica. A reivindicação ética feita por autores da Escola de Frankfurt, em relação ao desenvolvimento técnico, após meados do século, é o indício de uma volta do pensamento social para aquilo que se pensou ser simples instrumentos do progresso humano.

Algumas teorias sociais contemporâneas fazem uma abordagem semelhante, porém, referindo-se ao conceito de sociedade de risco ou reflexiva. A percepção generalizada dos perigos da vida moderna gerou novos questionamentos, e estes motivaram algumas mudanças de valores e ideias, após os anos de 1960. O movimento ambientalista faz uma reflexão dos modos de vida e

produção moderna, tornando-se influente nas instituições sociais e no desenvolvimento tecnológico. Para os autores construtivistas que estudam as tecnologias, as novas idéias apresentadas por grupos representativos na forma de micropolíticas, suplantam antigos conceitos e paradigmas, abrindo espaço para as inovações. Dessa forma, a crescente demanda por tecnologias ambientais pode ser explicada pela difusão do pensamento ambientalista durante as décadas de 1970 e 1980.

A hipótese levantada no início da dissertação é baseada nos conceitos de economistas evolucionista, que afirmam que as tecnologias ambientais são uma consequência da institucionalização dos conceitos e valores ambientais da sociedade, que passam a selecionar as tecnologias mais poluentes. Analisando a legislação brasileira, assim como instrumentos de gestão ambiental e de recursos hídricos, instituídos no Brasil entre 1980 e o início do século XXI, confirmou-se que as restrições institucionais para a captação de água industrial dificultam a opção por técnicas de abastecimento mais poluentes e favorecem o reuso de água. O Polo Petroquímico é um grande consumidor de recursos hídricos e sentiu o impacto das novas leis.

A abordagem teórica construtivista contribui para problematização da hipótese, considerando que as tecnologias se desenvolvem por processos com múltiplas influências. Desta forma, o estudo do Polo Petroquímico do ABC possibilitou a observação de outros elementos presentes durante a opção por uma técnica de abastecimento eficaz. Além das restrições impostas pela legislação, pressões sociais, gargalos ambientais e técnicos, e controle institucional dificultam, ou mesmo inviabilizam determinadas técnicas de captação de água. A tecnologia ambiental de reuso de água demonstrou-se a melhor adaptada às normas jurídicas, às pressões dos grupos de interesses e aos gargalos da região do Grande ABC. No contexto do objeto de estudo, a tecnologia ambiental responde de forma positiva às variadas pressões existentes.

Dessa forma, a proposta desta pesquisa de fazer uma aproximação entre os conceitos e teorias sobre a questão ambiental, as abordagens teóricas de Ciência,

Tecnologia e Sociedade e da Economia Evolucionista convergem para a conclusão de que a institucionalização da questão ambientalista causa impacto no sistema produtivo, beneficiando alternativas tecnologias ambientais. No entanto, as tecnologias ambientais vão além do ajustamento do sistema produtivo aos novos padrões exigidos, demonstrando-se uma alternativa para o contorno de diversos outros gargalos presentes na região metropolitana de São Paulo.

Alguns autores que estudam as tecnologias ambientais também alertam que, assim como determinadas pressões podem tornar-se seletivas para as tecnologias poluentes, a cooperação dos agentes e a sinergia entre os múltiplos atores envolvidos, colaboram para a formação de sistemas de inovações. No caso do abastecimento de água industrial do Grande ABC, a comercialização dos efluentes tratados cria um mercado próspero para a empresa de saneamento básico que, por sua vez, disponibiliza um recurso a preços acessíveis, em quantidade e qualidade necessárias para o Polo Petroquímico.

As mudanças institucionais que pressionam as tecnologias poluidoras, não são suficientes a uma mudança efetiva para o paradigma das tecnologias ambientais, exigindo amplos esforços e sistemas de inovação. As tecnologias ambientais, como o caso do reuso de água, estão sujeitas a uma convergência de ações proativas com destaque para: incentivos do poder público; sinergias entre prestadoras de serviços, órgão de controle ambiental e a indústria; troca de experiência entre empresas da mesma região, ou do mesmo setor; além de ações empreendedoras, possibilitando que as tecnologias tragam o máximo de benefícios ambientais, adequadas a um mercado movido por vantagens competitivas.

BIBLIOGRAFIA

- ABRUCIO, Fernando Luiz; SOARES, Márcia Miranda. *Redes Federativas: cooperação intermunicipal no Grande ABC*. São Paulo, Fundação Konrad Adenauer, 2001.
- ADORNO, Theodor W.; HORKHEIMER; Max. *Dialética do esclarecimento: fragmentos filosóficos*. Trad. Guido Antonio de Almeida, Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1985.
- AGUENA, Cristina Salgado. *A nova arquitetura institucional de planejamento urbano-regional no Grande ABC: percepções sobre participação da sociedade civil*. São Carlos, Dissertação de Mestrado, UFSCar, 2001.
- ALMEIDA, C. *Development and transfer of environmentally sound technologies in manufacturing: a survey*. UNCTAD, Discussion Papers, n.58, 1993.
- ALMEIDA, Luciana Togeiro. *Harmonização Internacional de Regulações Ambientais: um estudo da petroquímica brasileira*. Campinas, Tese de Doutorado, Unicampi, 2001.
- ALTVATER, Elmar. *O preço da riqueza*. Trad. Wolfgang Leo Maar, São Paulo, Universidade Estadual Paulista, 1995.
- ANDERSON, J. The environmental benefits of water recycling and reuse. *In: Dept. of Public Works and Services, Sydney, AUS, 2-24, 2000*.
- ANDRADE Thales de. Inovação tecnológica e meio ambiente: a construção de novos enfoques. *In: Ambiente & Sociedade*. Campinas, v. VII, n°. 1, jan./jun. 2004.
- ANDRADE Thales de. O futuro da Técnica: Intimização e Imprevisibilidade. *TEORIA & PESQUISA*, UFSCar, São Carlos, n° 48, jan/jun, 2006.
- BARTH, Flávio Terra. Aspectos Institucionais do Gerenciamento de Recursos Hídricos. *In: REBOLSAS, A. C.; BRAGA, B., TUNDISI, J.G. (Coord.). Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo, Escrituras, 2002.
- BAUMAN, Zygmunt. *Modernidade e Ambivalência*. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1999.
- BECK, Ulrich: *La Sociedad Del Riesgo*. Barcelona, Paidós, 1998.
- BECK, Ulrich; GIDDENS, Antony; LACH, Scott. *Modernização Reflexiva: política, tradição e estética na ordem social*. Trad. de Magda Lopes, São Paulo, Universidade Estadual Paulista, 1997.
- BELIS-BERGOUIGNAN, Marie-Claude; OLTRA, Vanessa; JEAN, Maïder. Trajectories towards clean technology: example of volatile organic compound emission reductions. *Ecological Economics*, University Montesqueieu-Bordeaux IV, France, n° 48, p. 201 - 220, 2003.
- BERGER, Peter e LUCKMANN, Thomas. *A Construção Social da Realidade: tratado de sociologia do conhecimento*. Petrópolis, Vozes, 1999.

BIJKER, Wiebe E.; LAW, John. *Shaping technology/ building society: studies in sociotechnical change*. USA, Massachusetts Institute of Technology, 1992.

BOURDIEU, Pierre. *Os usos sociais da ciência: por uma sociologia clínica do campo científico*. Trad. Denice Barbara Catani, São Paulo, UNESP, 2004.

BOUTOT, Alain. *Introdução à Filosofia de Heidegger*. São Paulo, Biblioteca Universitária, 1991.

BRESCIANI, Luis Paulo. Instituições, agenda regional do desenvolvimento econômico e a política sindical no Grande ABC: os desafios do equilíbrio entre (macro) esfera cotidiana regional e a (micro) esfera cotidiana produtiva. In: *AMPOCS*, Caxambu, ST26 – Trabalho Sindicato e os desafios do desenvolvimento, 2004.

BRÜSEKE, Franz Josef. *Ética e técnica? Dialogando com Marx, Spengler, Jünger, Heidegger e Jonas*. In: *Ambiente & Sociedade*. Campinas, v. VIII, n° 2, jul./dez. 2005.

BURSZTYN, Marcel. *Ciência, ética e sustentabilidade*. São Paulo/ Brasília; UNESCO, Cortez, 2001.

CALLON, M. The Dynamics of Techno-Economic Networks. In: COOMBS, R.; SAVIOTTI, P.; WALSH, V. *Technical Change and Company Strategies: economic and sociological perspectives*. London, Harcourt Jovanovich, 1992.

_____. Society in the Making: the study of technology as a tool for sociological analysis. In: BIJKER, W.; HUGHES, T.; PINCH, T. *The Social Construction of Technological Systems – New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, MIT, 1987.

_____; LATOUR, B.: Unscrewing the Big Leviathan: How Actors Macro-structure Reality and How Sociologists Help Them To Do So. In: CICOUREL, A.; KNORRCETINA, K. (Eds.) *Advances in social theory and methodology*. Routledge & Kegan Paul, 1981.

CAPOBIANCO, João Paulo Ribeiro; WHATELY, Marussia. Billings 2000: ameaças e perspectivas para o maior reservatório de água da região metropolitana de São Paulo. *Relatório do diagnóstico socioambiental da bacia hidrográfica da Billings no período 1989-99*. São Paulo, Instituto Socioambiental (ISA), 2002.

CARSON, R. *Primavera silenciosa*. Trad. Raul de Polillo. São Paulo, Melhoramentos, 1962.

CARTONI, Daniela Maria. *Organização do trabalho e gestão da inovação: estudo de caso de uma indústria petroquímica brasileira*. Campinas, UNICAMP, Instituto de Geociências, Dissertação de Mestrado, 2002.

CARVALHO, José Luis Moreira de. *A contribuição dos programas de qualidade na competitividade de empresas petroquímicas: o caso do polipropileno*. São Carlos, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSCar, 2000.

CETESB: *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - ano 2007*. São Paulo, 2008.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL GRANDE ABC. *Grupos Temáticos*. Disponível em: <http://www.consortioabc.org.br>. Acessado em julho de 2009.

CORAZZA, Rosana Icassatti. *Inovações Tecnológicas e Demandas Ambientais: notas sobre o caso da indústria brasileira de papel e celulose*. Campinas, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UNICAMPI, 1996.

CRAMER, J., ZEGVELD, W. C. L. (1991). The future role of technology in environmental management. *Futures*, v.23, n.5, p.451-68.

CUNHA, Fernando Monteiro da. *Desempenho institucional na gestão de recursos hídricos: O caso dos subcomitês de bacia hidrográfica Cotia-Guarapiranga e Billings-Tamanduateí na região metropolitana de São Paulo*. São Paulo, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental (PROCAM), USP, 2004.

DAGNINO, R.; BRANDÃO, F. C.; NOVAES, T. H. Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. In: Fundação Banco do Brasil. *Tecnologia social - uma estratégia para o desenvolvimento*. Rio de Janeiro, 2004.

DOSI, G.: The nature of the innovative process. In: DOSI: *Technological change and the economy theory*. Pinter Publishers, London, 1988.

FEENBERG, Andrew. *Teoria Crítica da Tecnologia: um panorama*. Disponível no world wide web: <http://www.sfu.ca/~andrewf/>. Texto originalmente publicado em *Tailor-Made BioTechnologies*, v.1, n.1, abril-maio, 2005.

_____: *Do essencialismo ao construtivismo: a filosofia da tecnologia numa encruzilhada*. Disponível no world wide web: <http://www.sfu.ca/~andrewf/portu1.htm#ftnref1>. Trad. Newton Ramos de Oliveira, Publicação interna UFSCar: São Carlos, 2003.

_____: *Critical Theory of Technology*. New York, Oxford University Press, 1991.

FERREIRA, Leila C. *Ideias para uma Sociologia da Questão Ambiental no Brasil*. São Paulo, ANNABLUME, 2006.

FÉRES, José; THOMAS, Alban; REYNAUD, Arnaud; MOTTA, Ronaldo Seroa da. *Demanda por água e custo de controle da poluição hídrica nas indústrias da bacia do Rio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Texto para discussão n° 1084, 2005.

FÉRES, José; REYNAUD, Arnaud; THOMAS, Alban. *Reuso de água nas indústrias da bacia do rio Paraíba do Sul*. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Texto para discussão n° 1257, 2007.

FIESP/CIESP; ANA: *Manual de Conservação e Reúso de Água para a Indústria*. São Paulo, Centro Internacional de Referência em Reúso de Água (CIRRA)/

Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH)/ DTC Engenharia. HESPANHOL Ivanildo; GONÇALVES, Orestes Marracini (Coordenação), 2004.

FIRJAN; SENAC. *Manual de Conservação e Reuso de Água na Indústria*. Rio de Janeiro, Ivanildo Hespanhol (Coord.), 1ª Edição, Centro Internacional de Referência em Reúso de Água – CIRRA, 2006.

FINK, Daniel Roberto; SANTOS, Hilton Felício dos. A legislação de Reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). *Reuso de Água*. SP, Barueri, Manole, 2003.

FREEMAN, C. Japan: a New System of Innovation. In: DOSI, G. (Eds.). *Technical Change and Economic Theory*. London, Pinter Publishers, 1988.

FREIRE, Paulo: *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2005.

FREITAS C. M. de; GOMEZ C. M.: Technological risk analysis from the perspective of the social sciences. *Revista Manguinhos*, v. III. n.º.3, 1996.

FUSP: *Plano da Bacia do Alto Tietê*. São Paulo, Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo – FUSP, 2002.

GERALDES, Elen; SOUSA, Janara. As contribuições de Karl Marx e Max Weber sobre a autonomia/não autonomia da ciência e tecnologia. *Ciências & Cognição*. v. 13, n.º 1, Brasil, 2008.

GIDDENS, Anthony. *As consequências da modernidade*. Trad. Raul Ficker, São Paulo, UNESP, 1991.

GOLDBLATT, David. *Teoria Social e Ambiente*. Trad. Ana Maria André, Lisboa, Instituto Piaget, 1996.

GRAF, Roberta. *Política Ambiental Transversal: Experiências na Amazônia Brasileira*. Campinas, Tese Doutorado, UNICAMPI, 2005.

GUERRA, O. F. A indústria química-petroquímica brasileira. *Diagnóstico setorial*. São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia; UNICAMP/ Instituto de Economia/ Conselho Estadual de Política Industrial, Comercial e Agroindustrial (Coinco), 1985.

GUIMARÃES, Sérgio Henrique. O projeto da hidrovía Paraguai-Paraná: os atores sociais e seus pontos de vista. In: IIEB. *Políticas ambientais no Brasil: análises, instrumentos e experiências*. Brasília, Editora Peirópolis, 2003.

HABERMAS, Jürgen. *Técnica e Ciência como Ideologia*. Rio Janeiro, Editora Civilização Brasileira, 1975.

HARVEY, David. *A condição pós-moderna*. Lisboa, Gradativa, 1989.

_____. *A produção do espaço capitalista*. São Paulo, Annablume, 2005.

HEIDEGGER, M. *A Questão da Técnica*. Petrópolis, Coleção Conferências e Ensaios, Ed. Vozes, 2002.

_____. *Carta Sobre o Humanismo*. Trad. Rubens Eduardo Frias, São Paulo, Editora Moraes, 1991.

HERCULANO, Selene Carvalho. Do desenvolvimento (in)suportável à sociedade feliz. In: GODENBERG, Mirian (org.). *Ecologia, ciência e política*. Rio de Janeiro, Editora Revan, 1992.

HERMAIS, Carlos A.; BARROS, Henrique M.; PASTORINI, Mirela T. Processo de Aquisição de Tecnologia pela Indústria Petroquímica Brasileira. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol.11, n°4, p.190-200, 2001.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.). *Reuso de Água*. Barueri, SP, Manole, 2003.

HIRATUKA, Célio; GARCIA, Renato; SABBATINI, Rodrigo. Indústria petroquímica brasileira: limites e possibilidades nas configurações produtivas globalizadas. In: FURTADO, João (org.). *Globalização das cadeias produtivas do Brasil*. São Carlos, UFSCar, 2003.

HUBER, Joseph. Conceptions of the Dual Economy. In: FERMAN / BERNDT / HENRY (Eds). *Work beyond employment in advanced capitalist countries*. New York, The Edwin Mellen Press, v. II, p. 238-254, 1993.

HUBER, Joseph. Towards Industrial Ecology: Sustainable Development as a Concept of Ecological Modernization. In: REDCLIFT, Michael R. / WOODGATE, Graham (Ed). *New Developments in Environmental Sociology*. Cheltenham: Edward Elger, 672 pp, 2005.

HUGHE, Thomas P. The evolution of Large Technological Systems. In: Orgs. BIJKER, WIEBE E.; HUGHES, THOMAS PARKE; PINCH, TREVOR J. *The Social Constructions of Technological Systems: new directions in the sociology and history technology*. MIT Press, London, 1987.

HUXLEY, Aldous. *O Admirável Mundo Novo*. São Paulo, Coleção Clássicos Modernos, Abril Cultural, 1974.

IANNI, Octavio. *Industrialização e Desenvolvimento Social no Brasil*. Civilização Brasileira, RJ, 1963.

IMPrensa OFICIAL. *Maior projeto de reuso de água do País une Sabesp e Polo de Capuava: Petroquímicas utilizarão o produto ambientalmente correto em processos industriais de resfriamento e nas caldeiras*. Agência Imprensa Oficial, Reportagem de Otávio Nunes, 7 de fevereiro de 2008.

JACOBI, Pedro. Meio ambiente e redes sociais: dimensões intersetoriais e complexidade na articulação de práticas coletivas. *RAP - Revista de Administração Pública*, Rio de Janeiro, n° 6, 2000.

KLINK, Jeroen Johannes. *A cidade-região: regionalismo e reestruturação no Grande ABC Paulista*. Rio de Janeiro, DP&A editora, 2001.

KROPF, S. P. e LIMA, N. T.: Os valores e a prática institucional da ciência: as concepções de Robert Merton e Thomas Kuhn. *Manguinhos: história, ciências, saúde*, v.3, p.565-81, nov. 1998/ fev. 1999.

KUHN, T. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo, Ed. Perspectiva, 2007.

LA ROVERE, Emilio Lèbre. A sociedade tecnológica, a democracia e o planejamento: participação social, interesses em jogo e luta de ideias no movimento ecológico. In: GOLDENBERG, Mirian (org.): *Ecologia, ciência e política*. Rio de Janeiro, Editora Revan, 1992.

LANGENBUCH, Juergen Richard. *A Estruturação da Grande São Paulo: estudos de geografia urbana*. Rio Claro, Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Rio Claro, UNICAMPI, 1971.

LATOUR, B. The Powers of Association. In: LAW, J. (Ed.) *Power, Action and Belief: a New Sociology of Knowledge?* London, 1986.

LAVRADOR FILHO, J. *Contribuições para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre sua possibilidades no Brasil*. São Paulo, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica de São Paulo, USP, 1987.

LAW, J. Technology, Closure and Heterogeneous Engineering: the Case of the Portuguese Expansion. In: BIJKER, W.; HUGHES, T.; PINCH, T.: *The Social Construction of Technological Systems - New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, MIT, 1987.

LEFEBVRE, Jean-Pierre; MACHEREY, Pierre: *Hegel e a sociedade*. São Paulo, Discurso Editorial, 1999.

LENZI, Cristiano Luis: Para uma Imaginação Sociológica da Ecologia: uma análise do pensamento de Anthony Giddens. *Revista Ambiente e Sociedade*. Campinas, v.IX, nº 1, 2006.

LEYDESDORFF, L.; ETZKOWITZ, H.: The Triple Helix as a Model for Innovations Studies. *Science and Public Policy*, vol. 25, nº3, 1998.

LORENZI, José Luiz: *Unidade de negócio de tratamento de esgotos da metropolitana. Aquapolo Ambiental: Uma Parceria de Sucesso*. Superintendente de Tratamento de Esgotos da Sabesp. Palestra realizada na 6ª Audiência sobre Sustentabilidade – SABESP, abril de 2008.

ALMEIDA, Luciana Togeiro de: *Harmonização Internacional De Regulações Ambientais: um Estudo da Petroquímica Brasileira*. UNICAMPI, Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Economia, 2001.

MANCUSO, Pedro C. Sanches; BREGA FILHO, Darcy: Conceito de reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. dos (Ed.): *Reuso de Água*. Barueri, SP, Manole, 2003.

MANNHEIM, Karl. *Ideologia e Utopia*. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1982.

MARCUSE, Hebert. Algumas Implicações Sociais da Tecnologia. In: Fundação UNESP. *Tecnologia, Guerra e Facismo*. São Paulo, 1999.

MARCUSE, Hebert. *Ideologia da Sociedade Industrial*. Zahar, Rio de Janeiro, 1967.

MARICATO, Remínia Terezinha Menon. *A proletarização do espaço sob a grande indústria: o caso de São Bernardo do Campo na Região da Grande São Paulo*. São Paulo, Dissertação de Mestrado, FAU-USP, 1977.

MARX, Karl. *O capital: crítica da economia política*. São Paulo, v. 1 e 2, tomo 1. DIEFEL, 1982

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. *Manifesto do Partido Comunista*. 2ª Edição, São Paulo, Editora Escriba, 1968.

MEDINA, Manuel. Ciencia, Tecnología, Cultura Del Siglo XX al XXI. Anthropos. *Ciencia, Tecnología, Naturaleza, Cultura em el siglo XXI*. Barcelona, 2000.

MELO, Matilde Maria Almeida. *Da cidade real à cidade intencional: Cidade ABC. Utopia Colaboradora*. São Paulo, Tese de Doutorado, Programa de Estudos Pós-Graduados em Ciências Sociais, Puc-SP, 2001.

MERTON, Robert K. *La sociología de la ciencia*. Madrid, Aliansa Universidad, v.1 e 2, 1985.

MERTON, Robert K. Sociologia do conhecimento. In: BERTELLI, Antonio Roberto; PALMEIRA, Moacir G. Soares; VELHO, Otavio Guilherme (orgs): *Sociologia do Conhecimento*. Rio de Janeiro, Editora Zahar, 1974.

MOL, Arthur P.J. *The refinement of production: Ecological modernization theory and the chemical industry*. Utrecht, International Books, 1995.

MORAES, João Carlos de. *Gestão regional compartilhada no Grande ABC Paulista: o papel da Agência de Desenvolvimento Econômico*. São Paulo, Tese de Doutorado, Curso de Pós Graduação em Ciências Sociais, PUC-SP, 2003.

NELSON, R.; WINTER, S. *A evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Harvard Univ. Press, 1982.

OBSERVATÓRIO ECONÔMICO. *Economia regional cai 45% em 12 anos*. Santo André, Boletim Nº 4, Ano 2, Abril/Maio/Junho,2004.

OBSERVATÓRIO ECONÔMICO. *Economia regional cai 45% em 12 anos*. Santo André, Boletim Nº 17, Ano 5, Abril,2008.

O'RIORDANT, T. Environmental Ideologies. *Environmental and Planing*, v. 9, p.3-14, 1977.

ONU (Organização das Nações Unidas). *Declaração da Conferência da ONU no Ambiente Humano*. Estocolmo, 5-16 de junho de 1972. Disponível em: www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/arquivos/estocolmo.doc. MMA – Agenda 21. Acesso em 14 de março de 2009.

PALLEROSI, Guilherme Guimarães. *Águas Brasileiras: rumos e concepções*. São Paulo, Pesquisa de Iniciação Científica em Ciências Sociais, PUC-SP, 2004.

PALLEROSI, Guilherme Guimarães. *Construção social das tecnologias de baixo impacto ambiental: a estratégia do Polo Petroquímico do ABC*. In: MACHADO, Wanda Aparecida; MIOTELO, Valdemir (org.): *Percepções Multidisciplinares em Ciência, Tecnologia e Sociedade*. São Carlos, Pedro&João Editores, 2008.

PAULA, João Antonio de; CERQUEIRA, Hugo E. A. da Gama; ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta e. *Ciência e tecnologia na dinâmica capitalista: a elaboração neoschumpeteriana e a teoria do capital*. Belo Horizonte, Texto para Discussão 152, Cedeplar, UFMG, 2001.

PINCH, T.; BIJKER, W. The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. In: BIJKER, W.; HUGHES, T.; PINCH, T. *The Social Construction of Technological Systems – New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge, MIT, 1987.

POMPEU, Cid Tomanik: *Águas Doces no Direito Brasileiro*. In: Coordenação de REBOLSAS, A. C.; BRAGA, B., TUNDISI, J.G. *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2ª Ed., São Paulo, Escrituras Editora, 2002.

POPER, K. *La lógica de la investigación científica*. Madrid, Tecnos, 1965.

PORTER, M. E., van der LINDE, C. (1995b). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal Economic Perspectives*, v.9, n.4, p.97-118.

PQU (Petroquímica União); SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo): *Sabesp e Polo Petroquímico lançam o maior Projeto de Água de Reuso do País*. Disponível em: <http://www.agenciagabc.com.br/noticias.asp?id=1045>. Acesso em 15 de março de 2009.

PQU (Petroquímica União S. A.): *Projeto de Ampliação e Parada sob a mesma gestão*. Amparada em fatos: informativo da Petroquímica União, abril de 2008.

PROAM. Billings 81 anos – 2006: impactos ambientais. In: Instituto Brasileiro de Proteção Ambiental. *Dossiê - Campanha Billings, Eu Te Quero Viva*. São Paulo, 2006.

QUADROS CARVALHO, Ruy. *Microeletrônica, capacitação tecnológica, competitividade e trabalho na indústria petroquímica brasileira*. Campinas, IE/UNICAMP, 1986.

QUATTOR. *História da empresa*. Disponível em: <http://www.quattor.com.br>. Acessado em julho de 2009.

REIS, Regina Célia dos. *Articulação política regional: a experiência do Grande ABC (1990-2005)*. São Paulo, Tese de Doutorado, Pós-graduação em Ciências Sociais, PUC-SP, 2005.

RENZETTI, Steven; DUPONT, Diane. An Assessment of the Impact of Charging for Provincial Water Use Permits. *Canadian Public Policy – Analyse de Politiques*. Ontario, Department of Economics, Brock University St. Catharines, v. XXV, n° 3, 1999.

RODRIGUES Jr., Léo. Karl Mannheim e os Problemas Epistemológicos da Sociologia do Conhecimento: é possível uma solução construtivista? *Episteme*. Porto Alegre, n. 14, p. 115-138, jan./jul. 2002.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro; SALLES FILHO, Sérgio: Dinâmica de Inovação sob restrição ambiental. In: Instituto de Economia da UNICAMP. *Economia do meio ambiente: teoria, política e a gestão de espaços regionais*. Campinas, 1996.

SÁBATO, J.; BOTANA, N. La ciência y la tecnología em el desarrollo futuro de La America Latina. *Revista de La Integración*, Nov. 1968.

SABESP. *Tratamento de Esgoto: ETE ABC*. Disponível em: www.sabesp.com.br/. Consultado em setembro de 2009a.

SABESP. *Audiência de Sustentabilidade: 6ª edição teve Água de Reúso como tema*. Sabesp Notícias. Acesso em setembro de 2009. Disponível em: <http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=5&proj=sabesp&pub=T&comp=Noticias&db=&DOCID=A7DE33AD2670B4DA832574BB003D730B>. Consultado em abril de 2009b.

SACHS, Ignacy. *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. Trad. Eneidea Araujo, São Paulo, Vértice, 1986.

SANTOS; Marilene de Oliveira Ramos Múrias dos. *O impacto da cobrança pelo uso da água no comportamento do usuário*. Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, Programas de Pós-Graduação de Engenharia, UFRJ, 2002.

SCHIMIDT, Alfred. História e Natureza em Marx. In: COHN, Gabriel (org). *Sociologia: para ler os clássicos*. 2ª Edição, Rio de Janeiro, Azougue Editorial, 2007.

SCHLUTER, W.; HENRICH, D.; OFFE, C. Weber e o Projeto de Modernidade. In: COHN, Gabriel (Org): *Sociologia: para ler os clássicos*. Rio de Janeiro, Azougue, 2007.

SCHUMPETER, Joseph, Alois. *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juros e o ciclo econômico*. Trad. Maria Silva Possas, Coleção Os Economistas, Editora Nova Cultural, São Paulo, 1985.

SEADE _ Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Informação dos Municípios Paulistas. Disponível em: <http://www.seade.gov.br>. Acessado em dezembro de 2009.

SEBRAE; FIRJAN. *Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria*. HESPANHOL Ivanildo (Coordenação), Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, Cristiane Rodrigues Vianna. *A Dinâmica da Produção Tecnológica: integrando as análises da sociologia e da economia*. Campinas, Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UNICAMPI, 2007.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES; Estera Muszkat. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. Florianópolis, Atual, UFSC, 2005.

SOUZA JR., Wilson Cabral de. *Participação social e aspectos econômicos da gestão de recursos hídricos no Brasil*. Campinas, Tese de Doutorado, UNICAMP, 2003.

STAL, Eva; CAMPANÁRIO, Milton Abreu; ANDREASSI, Tales. *Inovação: como vencer este desafio empresarial*. SBRAGIA, R. (coord.). São Paulo, Clio Editora, 2006.

SUAREZ, Marcus Alban. *Petroquímica e Tecnoburocracia: capítulos do desenvolvimento capitalista do Brasil. Economia & Planejamento*. São Paulo, Editora Hucitec, 1986.

UTTERBACK, J. *Dominando a Dinâmica da Inovação*. Rio de Janeiro, Qualitymark, 1996.

YOUNG, C. E. F.; LUSTOSA, M. C. J. *Meio Ambiente e Competitividade na Indústria Brasileira*. *Revista de Economia Contemporânea*. Rio de Janeiro, 2001.

VEIGA, José Eli da. *Meio ambiente e Desenvolvimento*. São Paulo, Editora Senac, 2006.

VESSURI, Hebe. *Perspectivas Recientes em El Estudio Social de La Ciencia*. Fin Del Siglo. Universidad Del Vale, nº 3, Mayo – Junio, 1992.

_____: *A construção Disciplinar. Tendências na Sociologia da Ciência*. Mosaico Revista de Ciências Sociais. Espírito Santo, Ano 2, n. 2, v. 1. UFES, 1999.

VEIRA, Listzt; BREDARIOL, Celso. *Cidadania e política ambiental*. Rio de Janeiro, Record, 2006.

VIOLA, Eduardo J. *Movimento Ecológico no Brasil (1974 – 1986): do ambientalismo à ecopolítica*. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, ANPOCS, nº 3, v.1, 1987.

VIOLA, Eduardo J.: *Movimento Ambientalista no Brasil (1971 – 1991): da denúncia e conscientização pública para a institucionalização e o desenvolvimento sustentável*. In: GODENBERG, Mirian (org.). *Ecologia, ciência e política*. Rio de Janeiro, Editora Revan, 1992.

WEBER, Max. *A Ética Protestante e o Espírito do Capitalismo*. São Paulo, Livraria Pioneira, 1983.

WEBER, Max. *Ciência e política: duas vocações*. São Paulo, Martin Claret, 2006.

ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA CIENTÍFICA

Informações Gerais da Pesquisa

Pesquisador responsável: Guilherme Guimarães Pallerosi.

Contato: guipalle@yahoo.com.br. Tel. (11) 9642 8665.

Orientação da pesquisa: Profa. Dra. Maria Teresa Miceli Kerbauy

Co-Orientação da pesquisa: Prof. Dr. Carlos Roberto Massao Hayashi

Instituição: Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

Título: As Trajetórias Tecnológicas Ambientais: o caso da tecnologia de reuso de água do Polo Petroquímico do ABC.

Contextualização: esta entrevista se presta a esclarecer algumas dúvidas relacionadas à estratégia de implantação de tecnologias ambientais em empreendimentos industriais. Um estudo teórico realizado anteriormente levanta alguns questionamentos sobre os motivos que levaram determinadas empresas a optar por tecnologias ambientais em seus processos produtivos. Com a análise da tecnologia de reuso de água no Polo Petroquímico do Grande ABC, a pesquisa busca verificar hipóteses por meio de entrevistas formais com atores relevantes.

Objetivo: estudar fatores que levaram o Polo Petroquímico a adotar tecnologias ambientais em um contexto amplo de negociações políticas, históricas, econômicas e sociais, que eventualmente influenciaram na referida opção tecnológica. A dissertação tem o objetivo específico de investigar a influencia dos diversos atores no contexto das novas tecnologias ambientais.

Termo de Livre Consentimento e Esclarecimento

- Este trabalho não possui o intuito de prejudicar os participantes ou quaisquer outros atores envolvidos na pesquisa. O estudo se restringe a esclarecer dúvidas e obter informações que contribuam para um melhor entendimento do objeto de estudo.
- O pesquisador responsável pelo questionário compromete-se a não revelar dados obtidos na entrevista que se apresentem como sigilosos ou passíveis de causar prejuízo aos participantes ou terceiros.
- A participação do entrevistado consistirá em responder abertamente as perguntas emitidas do pesquisador, podendo abster-se da resposta ou terminar a entrevista quando achar necessário.
- O entrevistado deverá informar se deseja manter o anonimato e se permite gravar a entrevista.

- O material gravado deverá ser transcrito e, posteriormente, a fita apagada, de forma a garantir a privacidade e não causar transtornos ao entrevistado.
- Caso contenham os relatos contendo dados sigilosos, as informações transcritas serão de acesso restrito ao pesquisador, os orientadores do trabalho e, eventualmente, membros da banca examinadora que desejem verificar a veracidade dos procedimentos de pesquisa e o conteúdo das entrevistas;
- O participante desta pesquisa receberá uma cópia desta via e poderá entrar em contato com o pesquisador responsável para esclarecimento de qualquer dúvida.

Concorda com a gravação desta entrevista? SIM [] NÃO []

Concorda que o nome desta empresa ou instituição seja citado na redação final da dissertação? SIM [] NÃO []

Concorda em ter o seu nome eventualmente citado na publicação desta dissertação? SIM [] NÃO []

Visto do Pesquisador: _____

Visto do Entrevistado: _____

ANEXO 2

ENTREVISTA REALIZADA EM 1/7/09

Dados do Entrevistado

Nome: *Jorge Rosa*

Instituição a que pertence: *Petroquímica União/ Polo Petroquímico*

Cargo(s) atual e outros relevantes: *Gerente de Projeto/ Coordenador do GT de abastecimento de água do Polo Petroquímico do ABC, entre 1994 e 2008.*

Entrevistador: *Guilherme Guimarães Pallerosi*

- 1) Qual é a origem da ideia de abastecer o Polo Petroquímico do ABC com água de reuso?
- 2) Em que consiste o projeto denominado *Aquapolo Ambiental*?
- 3) Qual é a política do Polo Petroquímico em relação à questão ambiental? Existem outros investimentos em tecnologias, programas ou iniciativas de caráter ambiental?
- 4) Desde quando o Polo Petroquímico possui iniciativas alinhadas a valores ambientais? Houve ruptura com as formas de tratar a questão ambiental anteriormente?
- 5) Qual é o significado estratégico do *Aquapolo Ambiental*? Fale da importância geral dessa iniciativa para o futuro da empresa.
- 6) Qual é a ordem dos elementos que influenciaram essa opção tecnológica: questões técnicas, políticas, econômicas, legais, ideológica, imagem da empresa ou outros?
- 7) Quais setores, diretorias ou departamentos decidem por essa opção tecnológica? Eles se articulam com outros atores, dentro e fora da empresa? Quais?
- 8) Durante a década de 1990, surgiram importantes mudanças na legislação de recursos hídricos. Existe uma influência visível das novas leis na forma de lidar com os recursos hídricos?
- 9) Nesse mesmo período, foram criadas instituições inovadoras no Grande ABC, que possibilitam uma maior articulação regional (*Consórcio Intermunicipal, 1990; Fórum Cidadania, 1994; Câmara Regional, 1997; Sub-Comitê de Bacia Hidrográfica, 1997; Agência de Desenvolvimento, 1999*). Qual papel das instituições regionais na articulação do Polo Petroquímico com seu entorno?
- 10) Quais são os principais parceiros do Polo Petroquímico nesse projeto? Quais outros atores articularam e exerceram alguma influência para a escolha e implantação do *Aquapolo Ambiental*?
- 11) O que pode ser considerado como o maior gargalo (dificuldades) para a implantação de tecnologias ambientais como o *Aquapolo*?

Entrevistado: _____ Pesquisador: _____

ANEXO 3

ENTREVISTA REALIZADA EM 20/07/2009

Dados do Entrevistado

Nome: Marcelo Liochi.

Instituição a que pertence: Câmara Intermunicipal do Grande ABC.

Cargo(s) atual e outros relevantes: Assistente de direção e coordenador dos GTs Ambientais.

Entrevistador: Guilherme Guimarães Pallerosi

- 1) Como essa instituição se relaciona com as demais da região?
- 2) O que são os grupos de trabalho da Câmara? Quem participa do GT Ambiental? A que se destina?
- 3) Quais são os principais problemas ambientais debatidos regionalmente? Quais se apresentam como maiores gargalos ao desenvolvimento?
- 4) Qual é o contato da Câmara e da Agência com o Polo Petroquímico do ABC? Qual é a natureza dos assuntos debatidos nessa instituição que se refere ao Polo?
- 5) Possui conhecimento da tecnologia de reuso de água do Polo Petroquímico do ABC, denominada Aquapolo Ambiental? Como esta instituição compreende este projeto?
- 6) Houve debates dentro da Câmara sobre o reuso de água?
- 7) Como se dá a estrutura de debate em busca de consensos para as mais diversas questões regionais, incluindo os problemas ambientais?

Concordo em participar desta pesquisa

Entrevistado: _____

Pesquisador: _____

ANEXO 4

ENTREVISTA REALIZADA EM 29/07/2009

Dados do Entrevistado

Nome: Reinaldo Antonio Cardoso.

Instituição a que pertence: Quattor Petroquímica

Cargo(s) atual e outros relevantes: Diretor de Processos

Entrevistador: Guilherme Guimarães Pallerosi

- 1) Qual é o histórico de atuação da Quattor? Como se enquadra no cenário da indústria petroquímica nacional? Que papel exerce no Polo Petroquímico do ABC?
- 2) Recentemente, houve uma ampliação das atividades do Polo Petroquímico do ABC. Qual o motivo desses investimentos? Existem gargalos?
- 3) O Sr conhece o projeto denominado *Aquapolo Ambiental*? Em que consiste esse projeto?
- 4) Em relação ao meio externo do Polo Petroquímico, existem pressões ou demandas de atores regionais para mudanças tecnológicas (governo estadual ou local, Ministério Público, ONGs, Instituições regionais, mercado consumidor, etc)?
- 5) A seguir, encontra-se uma listagem de elementos que podem influenciar o Polo Petroquímico a optar por uma tecnologia de reuso. Pede-se também, que acrescente outros fatores à lista e/ou identifique aqueles que sejam irrelevantes:
 - a. Legislação ambiental e de recursos hídricos.
 - b. Custos do abastecimento.
 - c. Disponibilidade de água.
 - d. Pressão de grupos sociais e políticos.
 - e. Vantagens técnicas.
 - f. Políticas da empresa.
 - g. Imagem empresarial.
 - h. Melhor inserção em mercados externos.
- 6) Da listagem colocada acima, selecione os três considerados mais importantes e classifique-os pro ordem de importância.
- 7) O Polo Petroquímico e a empresa Quattor possuem articulação com alguma instituição regional do Grande ABC (Consórcio Intermunicipal, Agência de Desenvolvimento Econômico do ABC, Comitê de Bacia Hidrográfica)? Como se dá a relação dessa empresa com os atores externos?
- 8) Que outros atores articularam e exerceram alguma influência para a escolha e implantação do Aquapolo Ambiental?

9) O que pode ser considerado o maior gargalo (dificuldades) para a implantação de tecnologias ambientais como o Aquapolo?

10) O que pode ser considerado o maior fomentador (facilitador) da implantação da tecnologia de reuso de água e outras tecnologias ambientais no Polo Petroquímico?

Concordo em participar desta pesquisa

Entrevistado: _____

Pesquisador: _____

ANEXO 5

ENTREVISTA REALIZADA EM 16/09/2009

Dados do Entrevistado

Nome: Gesualdo Saraiva Pallerosi.

Instituição a que pertence: Alphaplan. Empresa de engenharia contratada para o projeto Aquapolo Ambiental

Cargo(s) atual e outros relevantes: Diretor Alphaplan/ Coordenador de Projetos da CH2M Hill até 2003.

Entrevistador: Guilherme Guimarães Pallerosi

1. Nome completo, cargo ocupado, nome da empresa e tipo de prestação de serviços que realiza.
2. Qual serviço já prestou ao Polo Petroquímico do ABC?
3. Atualmente, qual é o consumo médio de água do Polo Petroquímico e a projeção futura?
4. Quais são os maiores gargalos e desafios para o abastecimento de água na região metropolitana e, especificamente, no grande ABC?
5. Nos estudos de alternativas para abastecimento do Polo Petroquímico, quais outras opções concorriam com o atual projeto Aquapolo?
6. Qual é a importância de um projeto como o Aquapolo Ambiental para a região do ABC e a RMSP?
7. A seguir encontra-se uma listagem de elementos que podem influenciar a tecnologia de reuso. Pede-se que coloque por ordem de importância, acrescente outros fatores à lista e/ou destaque aqueles irrelevantes:
 - i. Legislação ambiental e de recursos hídricos.
 - j. Custos do abastecimento.
 - k. Disponibilidade de água.
 - l. Pressão de grupos sociais e políticos.
 - m. Vantagens técnicas.
 - n. Políticas da empresa.
 - o. Imagem empresarial.
 - p. Melhor inserção em mercados externos.
- 8) Esse projeto representa uma nova atitude de empresas como a Sabesp que, além de prestar serviços ambientais, passa agora a comercializar os recursos decorrentes dessas práticas?
- 9) Você destacaria algum empecilho ao longo da concepção do projeto Aquapolo?

Concordo em participar desta pesquisa

Entrevistado: _____

Pesquisador: _____