**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**O sistema sócio-ecológico do Rio Pinheiros: um modelo conceitual
baseado na Teoria de Sistemas e *Stakeholders Analysis***

Ricardo Raele

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Ecologia
Aplicada

**Piracicaba
2013**

Ricardo Raele
Cientista Social

**O sistema sócio-ecológico do Rio Pinheiros: um modelo conceitual baseado
na Teoria de Sistemas e *Stakeholders Analysis***

Orientadora:
Profa. Dra. **SILVIA MARIA GUERRA MOLINA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Ecologia
Aplicada

**Piracicaba
2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Raele, Ricardo

O sistema sócio-ecológico do Rio Pinheiros: um modelo conceitual baseado na Teoria de Sistemas e *Stakeholders Analysis* / Ricardo Raele. - - Piracicaba, 2013. 236 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2013.

1. Sustentabilidade 2. Economia ecológica 3. Entropia 4. Gestão socioambiental
5. Modelagem I. Título

CDD 574.526323
R134s

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Este trabalho é dedicado aos cientistas que antes de mim
criaram um caminho pelo qual eu também pude trilhar.

AGRADECIMENTOS

Seria impossível nomear a todos aos quais devo gratidão e que tornaram possível esse trabalho.

Agradeço à minha família por ter me dado a educação que tive e que tornou possível o sonho de ser um cientista. À minha mãe, pai e irmão, obrigado. Obrigado também a meus avós.

Agradeço aos amigos e amigas, de risada aberta, de conselho sábio, de dias de ócio, de tardes chuvosas. De mesa farta e copo cheio, ou de dias amargos e frio chuvoso. Tanto faz, a amizade vale além do tempo. Agradeço aos meus amigos e amigas porque é forte a força da amizade e ela nos lança para o futuro com coragem.

É preciso dizer da minha gratidão maior para aqueles com quem tenho dívida que não se pode pagar senão estendendo a mão para os que virão. Minha gratidão à minha orientadora Silvia que acreditou em mim e me deu o privilégio de estudar biologia, sonho profissional da minha vida. Minha gratidão aos professores Maria Victória, Carlos de Almeida e João Maurício que foram sábios e tenazes nas palavras e tornaram meu trabalho melhor. Agradeço também ao meu orientador de mestrado, Adalberto, que me aceitou como aluno e contribuiu de forma indelével para com a minha formação intelectual. Sem a crença deles na minha capacidade e no meu trabalho eu não seria a pessoa que sou hoje. Devo ainda agradecer com profunda admiração ao Dr. Mauro e ao mestre Chan.

Obrigado à Mara Casarin, Silvia Maria Zinsly e a toda turma da ESALQ. Um obrigado especial para Maria Fernanda, Pedro Mancuso, Eduardo Rocha, Carlos Nascimento, Nelson Menegon Jr., Francisco Alves, Admilson Barbosa, Marcelo Morgado, José Antônio Oliveira de Jesus, Stela Goldstein, José Carlos Mierswa, José Luiz Albuquerque, Paulo Norberto e Claudia Maciel, Roque Pivelli, Jorge Roco, Greici Sarturi, Guga Stocco, Cláudio Roca, Mirko Mayeroff e Vinicius Fernandes por terem me dado o privilégio do trabalho em conjunto ao longo desse projeto. À Dona Dalila, ao Gilmar e à Carol por terem me recebido em suas casas nas muitas mudanças entre Piracicaba e São Paulo. Aos amigos e amigas de Piracicaba e de São Paulo quero finalizar agradeço o inestimável convívio. Fernanda, Helena, Gabriel, Mari, Laila, Flávia e Rafa. Thaís Ferreira, Guilherme Atem, André Bragança, Adriano Stringhini, Carlos Hashish, Carol Wendel, Sarah Lee, Emiliano Castro, Caio de Andrea e Sunami Chun. A todas elas meu maior apreço.

Esse trabalho é nosso, para os futuros filhos, que merecem um mundo repleto de fontes de água límpida, onde os pássaros possam viver a liberdade com toda sua majestade.

Na opinião de alguns, é simplesmente a natureza do fogo que causa a nutrição e o crescimento, pois só o fogo, dentre os elementos, revela-se nutrido e crescente. E por isso, alguém poderia supor que é também o fogo que opera nas plantas e nos animais. De certa maneira ele é um causador coadjuvante, mas não o causador simplesmente, o qual é antes a alma. Pois o crescimento do fogo é em direção ao ilimitado e até o ponto em que existir combustível, mas em tudo que é constituído por natureza há um limite e uma proporção para o tamanho e o crescimento, e essas são coisas da alma e não do fogo, e da determinação mais do que da matéria.

Aristóteles

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	15
LISTA DE FIGURAS.....	17
LISTA DE TABELAS.....	19
LISTA DE QUADROS.....	21
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	23
1 INTRODUÇÃO.....	25
1.1 O problema de pesquisa.....	25
1.2 Justificativa.....	27
1.3 Hipóteses.....	28
1.4 Objetivos.....	28
2 ANTECEDENTES TEÓRICOS.....	31
2.1 Os Fisiocratas e a economia da natureza.....	31
2.2 A Escola Clássica.....	33
2.3 Estado estacionário como estado sustentável da economia.....	37
2.4 Crítica à auto regulação da natureza.....	40
2.5 Marginalismo e o modelo econômico irreal.....	41
2.6 Economia Ecológica.....	42
2.7 Trabalho e função simbólica.....	44
2.8 Função exossomática.....	46
2.9 Desenvolvimento econômico e dissipação energética.....	47
2.10 Externalidades e reciclagem.....	49
2.11 Processos naturais de reciclagem na biosfera.....	52
2.12 Evolução como geradora de sentido às externalidades de alta entropia.....	56
2.13 Cultura como geradora de diferentes ritmos e tipos de externalidades.....	58
2.14 Economia Evolutiva.....	60
2.15 Sustentabilidade.....	67
3 DESENVOLVIMENTO.....	69
3.1 Revisão Bibliográfica.....	69
3.1.1 Complexidade em ciência.....	69
3.1.2 Definição operacional de sustentabilidade.....	70
3.1.3 Sustentabilidade e complexidade.....	71

3.1.4 Teoria Geral dos Sistemas.....	71
3.1.5 Definição de sistema e de classes hierárquicas.....	72
3.1.6 Ecossistemas.....	76
3.1.7 Ecossistemas humanos.....	77
3.1.8 Stakeholder Analysis.....	79
3.1.9 Necessidades ontológicas dos estudos de sistemas sócio-ecológicos.....	79
3.1.10 Modelos: Origem e definição.....	80
3.1.11 Função, características e tipologia dos modelos.....	82
3.1.12 Modelos conceituais em sistemas sócio-ecológicos.....	83
3.2 Proposição Metodológica.....	87
3.2.1 Caracterização da pesquisa.....	87
3.2.2 Identificação dos <i>stakeholders</i> (a).....	88
3.2.3 Eleição dos especialistas (b).....	89
3.2.4 Identificação das variáveis (c).....	89
3.2.5 Identificação da importância das variáveis (d).....	91
3.2.6 Teste da primeira hipótese (e).....	94
3.2.7 Elaboração da matriz de adjacência (f).....	95
3.2.8 Teste da segunda hipótese (g).....	96
3.2.9 Elaboração do modelo conceitual (h).....	96
3.3 Caracterização do estudo de caso.....	98
3.3.1 Aspectos geográficos do Rio Pinheiros.....	98
3.3.2 Aspectos históricos do Rio Pinheiros.....	104
3.3.4 O processo de poluição do Rio Pinheiros.....	104
3.3.5 Organização política da gestão dos recursos hídricos.....	106
3.3.6 Projeto Tietê.....	107
3.4 Resultados.....	110
3.4.1 Identificação dos <i>stakeholders</i>	110
3.4.2 Eleição de especialistas.....	111
3.4.3 Identificação das variáveis.....	112
3.4.4 Identificação da importância das variáveis.....	122
3.4.5 Teste da primeira hipótese.....	125
3.4.6 Elaboração da matriz de adjacência.....	131
3.4.7 Teste da segunda hipótese.....	133

3.4.8 Elaboração do modelo conceitual.....	136
3.5 Discussão.....	144
3.5.1 Causas e efeitos.....	144
3.5.1.1 Causas e efeitos no processo de identificação dos <i>stakeholders</i>	144
3.5.1.2 Causas e efeitos no processo de eleição dos especialistas.....	145
3.5.1.3 Causas e efeitos no processo de identificação das variáveis.....	146
3.5.1.4 Causas e efeitos no processo de identificação da importância das variáveis	147
3.5.1.5 O teste da primeira hipótese.....	148
3.5.1.6 Causas e efeitos no processo de elaboração da matriz de adjacência.....	149
3.5.1.7 O teste da segunda hipótese.....	151
3.5.1.8 Análise das variáveis mais importantes e mais conectadas.....	153
3.5.1.9 O modelo conceitual.....	159
3.5.2 Aplicações e limitações teóricas do estudo.....	163
3.5.3 Novas perspectivas para a pesquisa.....	166
4 CONCLUSÕES.....	171
4.1 Conclusões acerca do método empregado.....	171
4.2 Conclusões sobre os resultados obtidos.....	173
4.3 Conclusões finais.....	175
REFERÊNCIAS.....	177
ANEXOS	191

RESUMO

O sistema sócio-ecológico do Rio Pinheiros: um modelo conceitual baseado na Teoria de Sistemas e *Stakeholders Analysis*

Esta pesquisa apresenta a construção de um modelo conceitual para a sustentabilidade do Rio Pinheiros na capital de São Paulo através da aplicação de um método de mapeamento e análise de variáveis em sistemas sócio-ecológicos. O método se baseia na Teoria Geral dos Sistemas e na *Stakeholder Analysis* e visa identificar variáveis relevantes por meio de uma abordagem hierárquica e transdisciplinar. Nesse sentido, especialistas de diversas áreas do conhecimento foram consultados para que as variáveis fossem identificadas e, ainda, a elas se atribuíssem níveis de importância. Além disso, uma matriz de adjacência foi elaborada a fim de identificar as conexões entre as variáveis. Duas hipóteses foram testadas. A primeira – referente à distribuição não aleatória dos pontos de importância atribuídos pelos diversos especialistas – foi corroborada. A segunda – que postulava a sobreposição das variáveis mais importantes e mais conectadas em um conjunto formado pelos quartis dos valores mais altos de importância e conectância – foi refutada. A verificação da primeira hipótese foi feita com o teste não paramétrico do sinal e distribuições binomiais. A verificação da segunda hipótese se deu com o cálculo da porcentagem de maioria simples. A partir dos resultados obtidos, construiu-se o modelo conceitual da sustentabilidade do Rio Pinheiros com a ajuda de um *software* de modelagem de redes complexas e hierárquicas.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Economia ecológica; Entropia; Gestão socioambiental; Modelagem

ABSTRACT

The Pinheiros River socio-ecological system: a concept model based on the Theory of Systems and Stakeholder Analysis

This research presents the construction of a conceptual model for the sustainability of the Pinheiros River in São Paulo City through the application of a method of mapping and analysis of variables in socio-ecological systems. The method is based both on the General Theory of Systems and on the Stakeholder Analysis and aims at the identification of relevant variables through a hierarchical and transdisciplinary approach. In this sense, specialists from different fields of expertise were consulted in order to identify the variables and to assign them importance levels. An adjacency matrix was developed so that connections amongst the variables could be identified. Two hypotheses were tested. The first – concerning the non-fortuitous distribution of the importance points assigned by the several specialists – was corroborated. The second – which postulated the superposition of the more important and more connected variables in a group formed by the quartile of the more important variables – was refuted. The first hypothesis was verified with the support of the non-parametric sign and binomial distribution test. The second hypothesis was verified through the simple majority calculation. Based on the results and with the help of a software able to model hierarchical and complex networks, a conceptual model of sustainability for the Pinheiros River was built.

Keywords: Sustainability; Ecological economics; Entropy; Environment management; Modeling

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de circulação de bens e capital na economia clássica.....	42
Figura 2 – O movimento unidirecional da energia e a ciclagem de nutrientes em um ecossistema.....	53
Figura 3 – O Ciclo do Carbono.....	54
Figura 4 – Ciclo anual dos índios quéchua no altiplano boliviano.....	60
Figura 5 – Séries de pontos diferentemente organizados.....	72
Figura 6 – Modelo de Ecossistema.....	76
Figura 7 – Substituição de fonte energética para cozimento em vilas rurais na Índia.....	85
Figura 8 – Mudança no sistema de pesca comercial para diminuição da morte acidental de mamíferos e pássaros.....	86
Figura 9 – Diagrama conceitual do método empregado.....	87
Figura 10 – Matriz para auxiliar a geração de perguntas de identificação das variáveis.....	93
Figura 11 – Modelo conceitual criado com o <i>Gephy</i>	97
Figura 12 – Etapa vetorial de modelo conceitual criado com o <i>Gephy</i>	97
Figura 13 – Foto de satélite do Rio Pinheiros e demarcação geográfica em vermelho.....	100
Figura 14 – Imagem panorâmica do Rio Pinheiros no seu ponto de encontro com a Usina Elevatória de Traição.....	101
Figura 15 – Imagem da Represa Billings no ponto em que recebe a água do Rio Pinheiros.....	101
Figura 16 – Torres de energia que movimentam o maquinário de elevação.....	102
Figura 17 – Grade de retenção de poluentes do Rio Pinheiros.....	102
Figura 18 – Bombas de água da Usina Elevatória de Traição.....	102
Figura 19 – Área de alagamento poluída com material plástico.....	103
Figura 20 – Perfil do consumo de água no Brasil.....	103
Figura 21 – Perfil do consumo de água no Brasil.....	104
Figura 22 – Estrutura geral do Sistema de Gerenciamento Hidrico no Brasil.....	107

Figura 23 – Índices de Oxigênio Dissolvido (OD) em microgramas por litro (µg/L) no Rio Pinheiros dos anos 1998, 2004 e 2011.....	108
Figura 24 – Índices de Fósforo em microgramas por litro (µg/L) no Rio Pinheiros dos anos 1998, 2004 e 2011.....	108
Figura 25 – Índices de Nitrogênio Amoniacal em microgramas por litro (µg/L) no Rio Pinheiros dos anos 1998, 2004 e 2011.....	109
Figura 26 – Sistemas Estáticos: distância para o aleatório em percentis.....	126
Figura 27 – Sistemas mecânicos: distância para o aleatório em percentis.....	127
Figura 28 – Sistemas orgânicos - distância para o aleatório em percentis.....	128
Figura 29 – Sistemas sociais - distância para o aleatório em percentis.....	129
Figura 30 – Sistemas simbólicos - distância para o aleatório em percentis.....	130
Figura 31 – Esboço do modelo conceitual.....	137
Figura 32 – Cálculo da modularidade do modelo conceitual.....	138
Figura 33 – Grupo de variáveis do módulo 0 / variáveis ligadas à saúde pública.....	139
Figura 34 – Grupo de variáveis do módulo 1 / variáveis ligadas aos resíduos sólidos.....	140
Figura 35 – Grupo de variáveis do módulo 2 / variáveis ligadas à carga orgânica.....	141
Figura 36 – Grupo de variáveis do módulo 3 / variáveis ligadas à toxinas perigosas.....	142
Figura 37 – Grupo de variáveis do módulo 4 / variáveis ligadas aos aspectos comunitários e sociais.....	143
Figura 38 – Modelo conceitual.....	236

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Escores de importância normalizados.....	123
Tabela 2 – Teste não paramétrico do sinal nos sistemas estáticos.....	126
Tabela 3 – Teste não paramétrico do sinal nos sistemas mecânicos.....	127
Tabela 4 – Teste não paramétrico do sinal nos sistemas orgânicos.....	128
Tabela 5 – Teste não paramétrico do sinal nos sistemas sociais.....	139
Tabela 6 – Teste não paramétrico do sinal nos sistemas simbólicos.....	130
Tabela 7 – Número e conexões das variáveis na matriz de adjacência.....	131
Tabela 8 – Variáveis com índice de importância a partir do 3.o quartil	134
Tabela 9 – Variáveis com índice de conectância a partir do 3.o quartil	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vista geral dos principais níveis na hierarquia dos sistemas.....	74
Quadro 2 – Classificação de sistemas para modelagem conceitual de ecossistemas humanos.....	75
Quadro 3 – Características dos modelos.....	82
Quadro 4 – Exemplo de atribuição de mediana de score.....	92
Quadro 5 – Matriz de adjacência.....	95
Quadro 6 – Perfil dos especialistas consultados.....	112
Quadro 7 – Variáveis identificadas dos sistemas estáticos.....	113
Quadro 8 – Variáveis identificadas dos sistemas mecânicos.....	115
Quadro 9 - Variáveis identificadas dos sistemas orgânicos.....	116
Quadro 10 – Variáveis identificadas dos sistemas sociais.....	118
Quadro 11 – Variáveis identificadas dos sistemas simbólicos.....	120
Quadro 12 – Variáveis por ordem alfabética.....	121
Quadro 13 – Variáveis comuns entre altos graus de importância e conectância.....	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

CBH – Comitê de Bacias Hidrográficas

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CHANS – *Coupled Human and Natural Systems*

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CORH – Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos

CRHs – Colegiado de Recursos Hídricos

CPTM – Companhia Paulista de Trens e Metrô

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica

EMAE – Empresa Metropolitana de Águas e Energia

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

SHNA – Sistemas Humanos e Naturais Acoplados

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FSP – Faculdade de Saúde Pública

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

MMA – Ministério Meio Ambiente

ONG – Organização não Governamental

RMSP é a abreviação de Região Metropolitana de São Paulo.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SRH – Secretaria de Recursos Hídricos

SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

USP – Universidade de São Paulo

1 INTRODUÇÃO

1.1 O problema de pesquisa

Desde a formulação do conceito de sustentabilidade pela comissão Bruntland (WCED, 1987), muito se evoluiu no que concerne ao entendimento da comunidade científica acerca deste conceito. De uma definição que coloca a sustentabilidade como uma dinâmica de preservação de recursos para as gerações futuras, hoje se discute como essas interações devem ocorrer para que os recursos se renovem naturalmente. Assim, têm-se discutido novas maneiras de gerar dinâmicas sustentáveis a partir de diversas definições de sustentabilidade (Constanza, 1991; Mauro, 1994; Sachs, 2006). Há um consenso na literatura que coloca o aspecto central do problema que envolve a sustentabilidade no tipo de relação que os seres humanos estabelecem com a natureza. Para esses autores, qualquer tentativa de se gerar estados de sustentabilidade deve partir de uma visão integrada e não dicotômica entre a sociedade e a natureza. Nesse sentido, Ostrom (2007; 2009) defende que a relação não dicotômica entre os sistemas naturais e os sistemas sociais pode ser vista na forma de um conjunto unificado, e a esse conjunto essa autora atribuiu o conceito de Sistema Sócio-ecológico. Os sistemas sócio-ecológicos configuram-se como um tipo de sistema de alta complexidade, onde interagem variáveis biofísicas e culturais, cujas características têm sido estudadas recentemente, conforme Bian (1997); Walsh *et. al* (1999) e Manson (2008).

Constanza (1980) confirma que o problema central do estudo de sistemas sócio-ecológicos é justamente a questão da sustentabilidade, na medida em que os seres humanos precisam estar inseridos em sistemas ecológicos para sobreviverem. Entender a relação dos seres humanos com os ecossistemas, ou ainda, os sistemas sócio-ecológicos, como coloca Ostrom, é uma tarefa para qual a Teoria de Sistemas tem sido aplicada frequentemente. Leff (2004) também sugere que a teoria de sistemas é um caminho interessante para o entendimento da sustentabilidade em Sistemas Sócio-ecológicos, tendo em vista que a teoria dos sistemas se mostra capaz de identificar os componentes das interações entre sistemas sociais e naturais a fim de acoplá-los estruturalmente.

Em vista da possibilidade do entendimento de sistemas sócio-ecológicos através da teoria de sistemas, Li An (2012) levanta a necessidade de se aplicar métodos a partir desse arsenal teórico que possam identificar os componentes

constituintes desses sistemas e suas relações intrínsecas. Ainda segundo esse autor, a fim de se apreender um sistema sócio ecológico sob a ótica de uma visão holística e integrada, a construção de modelos conceituais mostra-se como uma solução interessante.

Essa pesquisa se propôs a contribuir com a elaboração de um modelo conceitual de um sistema sócio-ecológico. O caso estudado foi o do Rio Pinheiros nos anos de 2012 e 2013 na capital do Estado de São Paulo.

Para tanto, buscou-se identificar as variáveis relevantes e conexões causais desse Sistema Sócio-ecológico, valendo-se para isso da Teoria Geral dos Sistemas e da *Stakeholder Analysis*.

Sendo assim, a questão que norteou esse projeto de pesquisa foi o seguinte:

Qual é o modelo conceitual que representa a sustentabilidade do sistema sócio-ecológico do Rio Pinheiros na capital de São Paulo?

O método aplicado valeu-se de consultas com especialistas e elaboração de matrizes lógicas para identificação das variáveis e tratamento dos dados. As variáveis foram levantadas em entrevistas com especialistas, pontos de importância foram atribuídos a elas e suas conexões intrínsecas foram identificadas em uma matriz de adjacência.

Foram levantadas duas hipóteses.

A primeira hipótese foi a de que no processo de pontuação de importância das variáveis através de consultas aos especialistas, haveria uma não aleatoriedade em relação ao grau de importância atribuído, mesmo sendo estes especialistas de diferentes áreas do conhecimento. A primeira hipótese foi testada através de um teste não paramétrico, mostrando que de fato a distribuição dos pontos de importância das variáveis esteve longe da aleatoriedade.

A segunda hipótese proposta foi a de que as variáveis com maior grau de importância seriam concomitantemente as variáveis com maior conectividade. A segunda hipótese foi testada e foi refutada. Apenas um quarto das variáveis se mostraram comuns aos dois conjuntos.

Finalmente, o modelo conceitual do problema da sustentabilidade do Rio Pinheiros foi construído e diversas representações gráficas desse modelo foram simuladas em computador. Os resultados mostraram que a modelagem conceitual pode ser uma ferramenta interessante para uma apreensão holística de problemas sócio-ambientais, servindo como um mapa para Gestão Ambiental.

1.2 Justificativa

Os argumentos que justificam a proposição dessa pesquisa baseiam-se na necessidade de se entender o problema ambiental do Rio Pinheiros em São Paulo. Os problemas ambientais ocasionados pelo Rio Pinheiros têm graves consequências, e afetam a vida de mais de dez milhões de pessoas. A saúde, o transporte, a moradia, o lazer e a economia são apenas alguns campos negativamente afetados pela sua poluição. Seus impactos transformam ainda a paisagem, os ecossistemas de animais urbanos, a flora urbana, a geração de energia, as enchentes e a qualidade da água de reservatórios.

Do ponto de vista teórico, todas as definições de sustentabilidade, prospectadas na revisão bibliográfica, remetem à necessidade de conectar sistemas sociais humanos aos sistemas ecológicos de modo a não comprometer o funcionamento desses últimos. E é exatamente nesse sentido que se estruturou o método desse trabalho. O método pressupõe uma abordagem transdisciplinar e multidimensional que prospecta variáveis de diferentes níveis de complexidade, sejam elas de natureza simbólica-social ou biofísica.

Este trabalho articula ainda campos próximos do conhecimento que carecem de integração. São eles a Teoria Geral dos Sistemas e a *Stakeholder Analysis*. A teoria geral dos sistemas (BERTALANFFY, 2008) apresenta uma forma interessante de categorizar os sistemas em diferentes hierarquias de complexidade, e é justamente essa capacidade de lidar multidimensionalmente com os sistemas que a faz necessária nos estudos de Sistemas Sócio-ecológicos (LI AN, 2012). Por outro lado, a *Stakeholder Analysis* (FREEMAN, 1984), provê um ferramental interessante para a abordagem transdisciplinar nos estudos de sistemas complexos, na medida em que dispõe de uma técnica de levantamento de dados envolvendo especialistas de diferentes áreas do conhecimento. Tal aspecto contribui para uma abordagem holística do problema, uma abordagem panorâmica, de amplo espectro.

Dessa forma, a pesquisa proposta contribui para (1) o entendimento de um problema ambiental real e (2) com uma proposição metodológica útil a futuros estudos de Sistemas Sócio-ecológicos.

1.3 Hipóteses

Duas hipóteses foram formuladas para serem testadas em diferentes etapas da pesquisa.

Hipótese 1: A distribuição dos pontos de importância atribuídos às variáveis pelos especialistas não apresenta uma distribuição aleatória, mesmo eles tendo formações em diferentes áreas do conhecimento.

A hipótese pode ser falseada através do Teste não paramétrico do Sinal (TRIOLA, p. 541, 2008), que indica se uma distribuição é ou não aleatória. Através do cálculo de distância entre as médias e as medianas, o teste atribui um sinal positivo para uma distribuição não aleatória ou um sinal negativo para uma distribuição aleatória das análises de cada especialista. O teste, portanto, indica se existe uma concentração dos pontos atribuídos, e sugere um valor mínimo de significância dos dados (0,2) na distribuição binomial do consolidado dos sinais.

Hipótese 2: O conjunto das variáveis com maior grau de importância é composto, em sua maioria (mais de 51%), pelas mesmas variáveis às quais se atribuiu maior grau de conectividade considerados o conjunto formados pelos quartis de maior importância e maior conectividade.

A hipótese pode ser falseada caso o conjunto de variáveis encontradas no primeiro quartil dos graus de importância não sejam as mesmas (em maioria) que as variáveis encontradas no conjunto formado pelas variáveis do quartil mais alto referente ao grau de conectividade.

1.4 Objetivos

Objetivo principal

Construir um modelo conceitual para o problema da sustentabilidade no Rio Pinheiros.

Objetivos secundários

1. Usar a hierarquia de sistemas proposta por Bertalanffy para prospectar variáveis de complexidade biofísica e social em conjunto,
2. Identificar as variáveis empiricamente através de um estudo de caso,
3. Identificar a relação entre as variáveis prospectadas, empregando-se uma matriz de adjacência, e;

4. Testar o método de entrevistas da *Stakeholder Analysis* para uma coleta dos dados de cunho transdisciplinar.

2 ANTECEDENTES TEÓRICOS

Este capítulo retoma a questão central da sustentabilidade a partir de uma perspectiva histórica e apresenta conceitos de sustentabilidade que emergiram da discussão do pode ser “desenvolvimento sustentável” e sua sustentabilidade correlata. Ao final da explanação, mostra-se a necessidade de criar modelos para operacionalizar as necessidades teóricas impostas pelos conceitos de sustentabilidade de estão além do senso comum, tarefa assumida nesse trabalho.

2.1 Os Fisiocratas e a economia da natureza

A primeira escola científica da economia foi a escola fisiocrática¹ proposta por François Quesnay (1694-1774)². Ela surgiu na Europa do século XVIII e concebia o sistema econômico como um “organismo” regido por leis próprias, sendo essas leis passíveis de estudo através do método científico. O contexto agrário em que a escola fisiocrática surgiu influenciou sobremaneira seus postulados, sendo o principal, que a agricultura era a única fonte de riqueza existente, visto que só ela é capaz de replicar bens, ou seja, multiplicar os recursos³. A função da indústria e do comércio era tida como secundária, pois ali não havia produção de excedentes, estando sua atividade mais ligada à diversificação e à distribuição. Duas contribuições dessa escola foram fundamentais para o desenvolvimento do pensamento econômico posterior. A ideia de equilíbrio econômico e a representação dos processos econômicos em uma dinâmica circular de funcionamento, ambas baseadas em modelos de funcionamento da natureza (QUESNAY, 1984; SCREPANTI & ZAMAGNI, 1993).

Os fisiocratas postulavam a existência de uma “ordem natural” para a sociedade semelhante à ordem que supostamente regeria a natureza. Esta ordem “irredutível” da natureza, ordem dada à *priori*, existiria à revelia dos seres humanos. Já a ordem das sociedades existiria em razão dos seres humanos. Assim a ordem

¹ Em grego “fisiocrata” significa “Lei da natureza”

² Ver BLAUG M. (Ed.). Quesnay (1694-1774). Imprensa Aldershot, Hants, England: E. Elgar Pub., c1991 Brookfield, Vt., USA, 2 v.

³ É interessante notar que Quesnay percebeu o fato da agricultura multiplicar o trabalho, ou seja, a energia humana despendida na agricultura, embora seja apenas uma pequena parte da energia, é a parte do trabalho que realiza o trabalho de produção dos bens. Havia de forma incipiente a ideia de eficiência energética do trabalho que só foi ser entendido séculos depois com a termodinâmica.

das sociedades não poderia se distanciar da ordem natural se os seres humanos não criassem obstáculos à realização da ordem natural. A necessidade de dar liberdade à economia viria dessa crença⁴.

Quesnay dividiu a economia em três classes: A classe produtiva, constituída pelos arrendatários capitalistas e assalariados (ligados à agricultura). A classe estéril, constituída por aqueles que exercem atividade à margem da agricultura, e a classe dos proprietários de terras (igreja, corte e autoridades públicas). Com essa divisão de classes mostrou no seu *Tableau* (quadro econômico) como a riqueza circulava na economia. Ou seja, o *Tableau* constituiu a primeira análise do equilíbrio do sistema econômico. Sistema econômico visto como um sistema fechado, à luz das teorias fisiológicas de circulação do sangue no ser humano⁵. É importante notar que a conversão de renda em capital no processo econômico fisiocrático não é indefinida. Portanto, o sistema ruma para um equilíbrio (CECHIN 2008; HUGON 2009; NAPOLEONI 2000).

[...] todo território será levado ao grau máximo de cultivo, e, por isso, o benefício obtido pelos proprietários não poderá aumentar mais ⁶. Nesse ponto, o processo de acumulação estanca, e não faria sentido afastar uma parcela da renda de sua destinação para o consumo. A interpretação mais plausível do fato de que no *Tableau* de Quesnay as *avances foncières*⁷ acham-se ausentes pode ser encontrada no fato de que o próprio *Tableau* se referia, precisamente, a esse estágio, no qual todo o território foi submetido aos métodos mais eficientes de cultivo e, por essa razão, o excedente se encontra em seu valor máximo (Napoleoni, *ibden* p.31)

A prerrogativa de encontrar na natureza as bases conceituais para formulação das leis próprias às sociedades humanas, a busca de um estado estacionário, continuou através de pensadores que influenciados pelas ideias fundadoras da escola fisiocrática postularam os fundamentos daquela que seria chamada escola clássica de economia. Se os fisiocratas postulavam um equilíbrio material fundamentado na natureza na realização plena do capitalismo, os seus

⁴⁴ A famosa ideia da mão invisível de Adam Smith parte dessa premissa.

⁵ Quesnay era o médico da corte de Luiz XV

⁶ Analyse de La formule arithmétique Du tableau économique (1766) François Quesnay: François Quesnay et La physiocratie, publicado pelo Instituto Nacional d'Etudes Démographiques, Paris, 1958.

⁷ *Avances Foncières* é a palavra francesa que designa "avanços a terra", no sentido de apropriação de terras agriculturáveis.

predecessores buscaram criar um equilíbrio material e moral para o estado final de suas teorias econômicas. Havia um *zeitgeist*⁸ que atraía a criação intelectual da época no sentido de entender o comportamento econômico humano através das leis naturais, e que depois dos fisiocratas foi incorporando gradativamente o universo humano na apropriação dessas leis naturais. A primeira escola criada depois do fisiocracismo se deu através do iluminismo escocês.

2.2 A Escola Clássica

A escola clássica foi formada a partir da teorização a respeito do comportamento inato da natureza humana⁹ unida às leis de autor regulação da natureza (escola fisiocrática) postulando um modelo político-econômico no qual o liberalismo foi elevado à sua condição plena. Uniu-se a ideia da capacidade humana de se relacionar pacificamente¹⁰ e a segurança de um princípio natural que autorregula a economia para o bem estar comum. Dessa forma, uma economia política com alto grau de liberdade então pôde surgir. Pode-se acrescentar que, a esses dois vetores ideológicos, soma-se a necessidade da burguesia de se apoiar em um lastro ideológico para materializar a liberdade e a valorização do indivíduo, traços que se mostrariam como fundamentos do capitalismo liberal.

A escola clássica contou com três autores fundamentais. Adam Smith (1723-1790), David Ricardo (1772-1823) e Thomas Malthus (1766-1834). Embora compartilhassem ideias comuns, há diferenças marcantes em seus trabalhos, especialmente no que concernem os meios através dos quais o capitalismo chegaria à sua condição final, ou seja, seu estado estacionário¹¹.

Smith foi o filósofo escocês que inaugurou o liberalismo econômico. Ele se apropriou das principais contribuições da escola fisiocrática, mas mudou o foco da geração de riqueza, da agricultura para a manufatura. Suas obras mais importantes

⁸ *Zeitgeist* é a palavra alemã que designa o “espírito de uma época”.

⁹ Hume constrói a ideia do ser humano ser naturalmente altruísta, cuja consequência é a manifestação de uma sociedade onde cada um busca o que é útil em si para os demais. Ver: Hume, D. *Tratado da Natureza Humana*, São Paulo, Editora UNESP, 2001.

¹⁰ Uma clara crítica ao Leviatan (*selfish system*) de Thomas Robbes. Ver: *Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <http://plato.stanford.edu/entries/hobbes-moral/> Acessado em 18/10.2012.

¹¹ Interessante notar como o liberalismo foi a utopia da época, da mesma forma que o comunismo utópico se seguiu enquanto uma reação a essa ideologia.

são: a Teoria dos Sentimentos Morais (1759), os escritos das Conferências de Glasgow¹² e a Riqueza das Nações (1776).

Em Smith a riqueza é proveniente da melhor eficiência do trabalho e não da reprodutibilidade da agricultura. É a divisão do trabalho que gera a prosperidade social. Napoleoni, (*ibden p.44*) coloca:

Smith afirma ainda que, na origem da divisão do trabalho¹³, registra-se uma tendência própria à natureza humana para troca: em virtude dessa inclinação humana, os homens tendem a se distribuir segundo uma estrutura de relações que, por intermédio da especialização da atividade individual, implica a formação de excedentes, cada vez mais amplos, passíveis de troca entre indivíduos. [...] convém ao interesse pessoal de cada indivíduo a especialização da própria atividade, para, com isso, aumentar a própria capacidade produtiva e transformar esse aumento de capacidade em incrementos da riqueza pessoal, pela permuta de excedentes cada vez mais amplos do próprio produto, esse processo se transforma, evidentemente, em uma ampliação difundida da disponibilidade de bens para sociedade, e, portanto, em uma ampliação da prosperidade geral.

Não obstante, essa prosperidade crescente imporia um limite para o crescimento da economia (Smith, 1983):

Em um país saturado de capital em relação a todos os negócios a transacionar, esse montante tão alto de capital seria aplicado em todo e qualquer setor específico que a extensão do comércio comportasse. Em consequência, a concorrência seria, em toda a parte, a máxima e o lucro comum do capital seria igualmente o mais baixo possível. Em um país que tivesse atingido seu grau pleno de riqueza e no qual em todo ramo específico de negócios houvesse o volume máximo de capital que pudesse ser aplicado, tanto a taxa de lucro líquida quanto a taxa de juros seriam extremamente baixas.

Smith acreditava, que deixado à sua *mercê*, o mercado criaria um estado de maturidade, onde o trabalho estaria especializado a tal ponto que as relações de competição seriam equilibradas¹⁴. No entanto, esse estado de equilíbrio se mostraria como um estado de escassez e de penúria, (DEANE, 1980). O final do capitalismo para Smith era um final trágico, de saturação dos mercados, fato omitido pelos defensores posteriores do liberalismo. Para Smith o trabalho era o denominador

¹² *Lectures on Justice, Police, Revenue and Arms*, delivered in the University of Glasgow by Adam Smith, reported by a Student in 1763, a cargo de E Cannan, Oxford, 1896.

¹³ A divisão do trabalho na natureza (biodiversidade) é um dos princípios de resiliência dos ecossistemas. Seria uma medida de abundância? A formação de nichos e a especialização do trabalho são processos que atenuam a competição?

¹⁴ Há um paralelo em relação à ideia de clímax ou equilíbrio fisiológico.

comum do valor de todas as coisas. E se o trabalho é a medida de valor real dos bens, fica clara a exclusão do valor da natureza, pois na visão da economia clássica, a natureza não realiza trabalho. A esfera econômica é vista como fechada em si mesma, na qual os recursos são infinitos. Já se vê aqui um descolamento entre o ser humano e a esfera natural.

O segundo expoente da escola clássica foi Malthus, conhecido pelo trabalho “Principles of Political Economy” (1820). O essencial da teoria de Malthus (1990) reside no fato de haver maior capacidade de geração de descendentes na cria humana que a capacidade de suporte alimentar do ambiente¹⁵, mesmo havendo tecnologia e cultura interferindo nesse ambiente. Ou seja, mesmo em um ambiente em que exista agricultura. Para Malthus o excedente não existe, ele seria sempre absorvido pelas novas gerações à medida que os seres humanos se reproduzem a taxas mais altas que os retornos agrícolas Hugon, (2009 p. 112):

Um homem que nasce em um mundo já ocupado não tem direito a reclamar parcela alguma de alimento. No grande banquete da natureza não há lugar para ele. A natureza intima-o a sair e não tarda em executar essa intimação. [...] Pode-se seguramente declarar que se não for à população contida por freio algum, irá dobrando de 25 em 25 anos, ou crescerá em progressão geométrica [...] Pode-se afirmar, dadas as atuais condições médias da terra, que os meios de subsistência, nas mais favoráveis circunstâncias, só poderiam aumentar, no máximo, em progressão aritmética.

É importante notar que a teoria de Malthus possui lacunas. Pode-se afirmar isto tendo em vista o decréscimo voluntário do crescimento demográfico em civilizações que adotaram formas de controle da natalidade, assim como o progresso tecnológico da agricultura e os avanços da medicina para citar apenas três exemplos que contestam a teoria. Há ainda, outro elemento de questionamento da tese malthusiana sobre o empobrecimento *per capita* da população com o seu crescimento. Teorias econômicas posteriores vão mostrar que em muitas situações o crescimento demográfico favorece e é condição necessária para geração de riqueza.

Ao longo de sua vida Malthus abrandava as projeções sombrias de suas conclusões primordiais, considerando que existem períodos de geração de riqueza

¹⁵ É um pensamento que será apropriado por Darwin (2009), precisamente na formulação do conceito de *struggle* (luta pela sobrevivência), força motriz da seleção natural.

mesmo com explosões demográficas, visto que essas aumentam a demanda. Considera ainda que nas épocas de estagnação os salários baixam, e isso autorregula o mercado que tende a diminuir o desemprego devido aos baixos salários. Malthus, finalmente, postula um estado de equilíbrio para economia diferente daquele proposto por Adam Smith. Para Malthus existem dois estados de equilíbrio econômico possíveis: um pelo qual se sai com o desenvolvimento tecnológico, seria, portanto uma estagnação de cunho tecnocrático, e outro, um estado onde há uma condição econômica escassa. A segunda condição de equilíbrio, segundo Malthus, pode ser adiada através da abertura de mercados – dada a oxigenação econômica promovida pelo livre-câmbio – entretanto, os estágios finais da economia chegariam a uma condição estacionária inerente ao desenvolvimento de qualquer economia. Existe a ideia de um equilíbrio subsistente e sombrio no sistema econômico de Malthus, diferente do equilíbrio proposto por Adam Smith, mas igualmente associado a dificuldades e escassez.

Em Malthus, a ideia da disponibilidade de recursos é vista em função do rendimento decrescente da economia, e representa um dos eixos de análise da doutrina econômica inglesa levada adiante nos trabalhos de David Ricardo (1772-1823) e Stuart Mill (1806-1873).

David Ricardo foi um investidor da bolsa de valores que fez fortuna e dada sua experiência como investidor, e que conhecia o funcionamento da economia “por dentro”. Não é fortuito que a primeira formulação de crescimento abstrato da renda tenha sido formulada por ele. Sua obra principal foi “Principles of Political Economy and Taxation”¹⁶, de 1817.

Ricardo baseou grande parte da sua argumentação no trabalho de Malthus. Para ele o crescimento da população pressionava a aquisição de terras para o cultivo de grãos, e as terras mais férteis teriam primazia nessa escolha. Assim, a população crescendo constantemente aumentava a demanda por grãos, e as terras menos férteis também eram ocupadas. No entanto, dado que o preço dos grãos seria sempre o mesmo, visto que o mercado não comporta dois produtos iguais com preços diferentes, os detentores das melhores terras teriam maior produtividade, e conseqüentemente, menor custo, o que lhes garantia uma renda que não provinha

¹⁶ Disponível On Line. Ver: <http://www.econlib.org/library/Ricardo/ricP.html> (consulta em 19/10/2012)

do trabalho e do capital empregado, mas da consequência da diferença de sua produtividade. Como para Ricardo a população não pararia de crescer, ele entendia que esse mecanismo levaria a um crescimento da renda em termos abstratos. Mas o crescimento da renda geraria uma contradição interna no funcionamento da economia. A renda crescendo formaria uma saturação de capital que, por sua vez, desestimularia o crescimento da economia (Ricardo, 1983):

A tendência natural dos lucros, portanto, é diminuir, pois, com o desenvolvimento da sociedade e da riqueza; a quantidade adicional de alimentos requerida se obtém com sacrifício de mais e mais trabalho. [...] O aumento do preço de tais bens é, entretanto, limitado, pois, quando os salários equivalessem às receitas totais do arrendatário, a acumulação terminaria, uma vez que nenhum capital obteria lucro, não haveria nenhuma demanda adicional de trabalho e, conseqüentemente, a população teria atingido seu ponto mais elevado.

A passagem ilustra uma condição estacionária da economia gerada pela própria dinâmica de crescimento abstrato da renda e diminuição dos lucros, ou seja, o modelo Ricardiano tende ao equilíbrio no longo prazo. A situação estacionária pós-capitalista é uma situação de crise, que pode ser adiada com a expansão de mercados internacionais e revoluções técnicas.

Diferente da visão fisiocrática, na qual a terra é vista com um olhar de generosidade e fecundidade, para Ricardo a terra é apropriada com avareza. Em Ricardo inaugura-se além do conceito de renda abstrata (não proveniente do trabalho) um distanciamento da natureza, um antagonismo de cunho pessimista. O distanciamento Ser Humano – Natureza é um dos eixos do pensamento Ricardiano, que expressa com clareza a transição de uma sociedade agrícola para uma sociedade industrial (Hugon, 2009).

2.3 Estado estacionário como estado sustentável da economia

Há ainda, dentre os economistas clássicos uma concepção diferente de estado estacionário, concepção essa de particularidades relevantes para o debate atual acerca da ideia de sustentabilidade. Stuart Mill (1806-1873) é considerado um autor de transição entre a economia clássica e as teorias socialistas, visto que ele possuía ideias originais e críticas acerca da busca vazia pelo progresso, lucro e crescimento ilimitado da economia.

[...] ao contemplar-se qualquer movimento progressivo, não na sua natureza ilimitada, a mente não é satisfeita com apenas o mero delineamento das leis desse movimento; ela não pode deixar de perguntar a pergunta seguinte: Para que destino? Em direção a que estado final a sociedade está rumando com o progresso? Quando o progresso cessar, em que condições nós esperamos ter sido levada a raça humana?¹⁷ (MILL, 1986).

Mill acreditava em um estado de abundância sem crescimento da economia no fim do capitalismo. O argumento deste economista parte do raciocínio de Ricardo (no tocante aos lucros regressivos) e de Malthus, visto que Mill defende bravamente o controle demográfico como elemento de bem estar social. Nessas condições, Mill entende que existe um limite para a taxa de lucro abaixo da qual não há motivação suficiente para acumular com a finalidade de revalorizar o capital. Essa taxa deve ser minimamente suficiente para compensar os riscos de qualquer novo investimento. Ou seja, como o progresso da sociedade diminui os riscos da economia, esse mesmo progresso tende a diminuir o retorno dos investimentos e assim, instaura-se uma contradição interna do regime capitalista que o levaria a um estado estacionário.

Mas em que consistiria esse estado estacionário descrito por Mill?

Seria um regime social que remete muito mais às ideias de Platão¹⁸ do que às ideias de Smith. O crescimento populacional cessaria, assim como o crescimento do capital, mas não o crescimento da produtividade. O bem estar poderia crescer indefinidamente tanto do ponto de vista material como do ponto de vista imaterial, que, aliás, seria o grande benefício do estado estacionário imaginado por Mill.

Estando a população estável, e não havendo direito de herança¹⁹, com os lucros abaixo do limite vantajoso para novos empreendimentos, os seres humanos já se encontrariam em estágios culturais em que a busca pelo lucro ilimitado seria uma busca sem sentido. Todos teriam garantidos os bens materiais, sobrando tempo

¹⁷ But in contemplating any progressive movement, not in its nature unlimited, the mind is not satisfied with merely tracing the laws of the movement; it cannot but ask the further question, to what goal? To what goal? Towards what ultimate point is society tending by its industrial progress? When the progress ceases, in what condition are we to expect that it will leave mankind? [Trad. do autor]. Trecho retirado da publicação de 1909, editada por W. J. Ashley em 1909 (Longmans, Green and Co), Londres.

¹⁸ Ver A República de Platão

¹⁹ Mill acreditava que o direito a herança feria o princípio da igualdade humana.

para o exercício das faculdades mais abstratas, como a poética, a ciência e a filosofia (CORAZZA, 1991).

Suas posições econômicas derivavam de questionamentos profundos que, de fato, são atemporais, revelando aspectos ignorados pela ideologia neoliberal capitalista.

[...] Eu confesso que não me sinto atraído com um ideal de vida mantido por aqueles que pensam que um estado normal para os seres humanos seja um estado de luta para seguir em frente [...] Um mundo no qual a solidão é extirpada é um mundo de ideal muito pobre [...] e solidão na presença da beleza natural e sua grandeza é o berço de pensamentos e aspirações que não são apenas boas para o indivíduo, mas das quais a sociedade não pode se furtar. Não haveria ainda muita satisfação em contemplar um mundo em que nada foi deixado da espontânea atividade da natureza; Com todo campo transformado em cultivo; [...] cada floreira ou pasto natural sendo arado e todos os quadrúpedes ou pássaros que não domesticados para uso humano, fossem exterminados como sendo rivais por comida [...] Se a Terra precisa perder grande porção dos seus benefícios a custo de coisas relativas a um crescimento ilimitado da economia [...] para o mero propósito de sustentar isso, por uma [economia] maior, mas não para uma vida melhor e mais feliz das pessoas, eu sinceramente espero, para interesse da posteridade, que se contente em ser estacionária [economicamente] antes que a necessidade obrigue a isso.²⁰ (Mill, *ibden*, p.319-321).

Ao questionar no século XIX os rumos do capitalismo industrial, Mill se mostra um visionário. Seu trabalho vai influenciar toda escola socialista e seu ideal de estado estacionário ganha importância no debate atual sobre sustentabilidade e crescimento econômico. A questão da valoração dos recursos naturais, da desmaterialização da economia e tantos outros problemas recentes foram pensados de maneira incipiente por ele. O idealismo de Mill, que na verdade não comportava luta de classes, era na verdade um naturalismo, visto como consequência final do regime capitalista. A sua ideia de um estado estacionário para o crescimento econômico – e consequentemente de resolução da tensão entre o ser humano e

²⁰ I confess I am not charmed with the ideal of life held out by those Who think that the normal state of human beings is that of struggling to get on [...] A world from which solitude is extirpated is a very poor ideal. [...] and solitude in the presence of natural beauty and grandeur, is the cradle of thoughts and aspirations which are not only good for the individual but which society could ill do without. Nor is there much satisfaction in contemplating the world with nothing left to the spontaneous activity of nature; with every rood of land brought into cultivation; [...] every flowery waste or natural pasture ploughed up, all quadrupeds or birds which are not domesticated for man's use exterminated as his rivals for food [...] If the earth must lose that great portion of its pleasantness which it owes to things that the unlimited increase [...] for the mere purpose of enabling it to support a larger, but not a better or happier population, I sincerely hope, for the sake of posterity, that they will be content to be stationary, long before the necessity compels them to it. [tradução do autor]

natureza – veio a constituir um dos eixos do debate contemporâneo acerca da existência da sustentabilidade.

O ponto questionável de sua teoria foi argumentar que a produção era um processo desvinculado da distribuição, o que permitiria distribuir a produção igualmente independente de como esta fosse produzida. Esse tema foi tratado por Marx posteriormente. Não obstante, o que importa primordialmente é que a evolução do capitalismo para Mill, que remete a ideias contidas na República de Platão, é um capitalismo rumo a uma sociedade em harmonia com a natureza, e não uma sociedade de futuro tecnicista²¹.

2.4 Crítica à auto-regulação da natureza

Karl Marx (1818-1883) explora a ideia de que a produção e o consumo são processos estruturalmente ligados:

[...] enfim, as necessidades do consumo determinam a produção. Uma reciprocidade de ação ocorre entre os diferentes momentos. Este é o caso para qualquer todo orgânico. (MARX; 1982, p.14)

O processo de consumo (distribuição) é o mesmo processo de produção. Não há separação entre os dois momentos, assim é impossível mudar a distribuição sem mudar as formas de produção. Marx entendia que o capitalismo iria acabar, mas não se encerrando em um estado tranquilo de resolução. O capitalismo para Marx ruiria porque a lógica interna do capitalismo é a privatização dos meios de produção e a socialização do trabalho, o que levaria o sistema a uma incongruência nas relações de produção. O traço filosófico mais relevante no pensamento de Marx reside no fato de que no capitalismo um ser humano pode se apropriar de outro ser humano através do capital, que compra trabalho, dessa forma fazendo de um ser humano um meio para outro ser humano, e não um fim em si. Se para a escola filosófica clássica o ser humano era naturalmente benevolente, e a economia seguia leis naturais, em Marx o ser humano tende a explorar outros seres humanos. Marx inclui no debate econômico o problema da economia não ser regida por leis naturais, mas por convenções políticas. O ser humano e não as leis natureza devem servir de medida

²¹ Essa característica, uma das mais inovadoras de sua obra, não foi tratada pelos socialistas que o seguiram, mais preocupados com as contradições internas do capitalismo e suas consequências na esfera social. Se os socialistas contestaram a forma de se organizar a produção – “Produzir para quem?”, Mill foi muito mais profundo, perguntando: “Produzir para que?”.

para se reger o mercado. Para Marx o equilíbrio no capitalismo só ocorreria quando não houvesse mais a tensão entre os detentores dos meios de produção e os proletários. Não é um equilíbrio de mercado, um equilíbrio de transações materiais, mas um equilíbrio abstrato nas relações de produção.

2.5 Marginalismo e o modelo econômico irreal

Em 1870 há uma ruptura com o período clássico (alguns autores consideram Marx o último economista clássico), para inauguração do marginalismo, um movimento de forte base matemática que via no cálculo diferencial uma ferramenta capaz de prever os movimentos da economia. A oferta e a demanda eram vistas como forças que se anulavam, na medida em que buscavam se equilibrar mutuamente. Inspirados na física de energia, os marginalistas acreditavam que o autointeresse seria como a força da gravidade levando os indivíduos a maximizarem suas utilidades. A analogia da economia marginalista possui um modelo mecanicista, no qual a energia do sistema é constante e seus estados reversíveis. O ponto de equilíbrio da economia seria a alocação ótima das pessoas dentro de um sistema com recursos escassos. Alfred Marshall (1842-1924) uniu o pensamento clássico ao pensamento marginalista, criando curvas de equilíbrio entre oferta e demanda, propondo que o ponto de encontro dessas curvas daria o preço ótimo daquele produto no mercado. Assim se constituíram as bases da economia Neoclássica e sua definição ampla que diz ser a economia a forma de organizar os seres humanos frente à escassez de recursos (BRUE, 2005; SCREPANTI e ZAMAGNI, *ibden*).

De acordo com Mirowski (1988), a ideia dessa escola econômica é baseada no princípio de conservação de energia, um princípio oriundo da físico-química proposto por Newton e Lavoisier. Tanto assim, que nos modelos vistos se pressupõe o fato de poder-se mudar as condições do sistema econômico reversivamente (i.e. aumentar a taxa de juros para baixar o consumo, diminuir a taxa de juros para aumentar o consumo). Não há uma linha do tempo, os processos teoricamente são reversíveis, em um universo em que a maioria dos fenômenos não são reversíveis.

Nesse modelo, a economia é um circuito fechado, no qual circulam por tempo indeterminado o capital e os bens que a ela servem. A economia funciona como um moto perpétuo, ou seja, um sistema que não se degrada e tem aproveitamento energético infinito. O modelo neoclássico pode ser representado da conforme Figura

1. Os bens circulam restritamente entre as famílias e empresas no sentido contrário à circulação do capital.

Figura 1 - Esquema de circulação de bens e capital na economia clássica

Fonte: Adaptada de Mankiw (2001, p.23)

2.6 Economia Ecológica

O crítico mais proeminente desse modelo fechado da economia foi Georgescu-Roegen (1906-1994). Matemático e economista, Georgescu-Roegen (1971) mostrou que esse esquema é incompatível com leis da física termodinâmica, especificamente em relação à lei da entropia²². Para ele o modelo circular da economia clássica não traduz o que realmente ocorre no mundo concreto, pois o modelo representa um moto perpétuo, no qual não entram nem saem materiais, e a energia não está sendo dissipada. Nesse modelo, os bens de capital e de consumo não se desgastam, os estoques naturais são infinitos e não há resíduos²³.

²² Entropia é uma medida de desordem crescente em um sistema que consome (degrada) energia.

²³ Primeiramente é preciso colocar que todo sistema material dissipa energia. E a energia dissipada pelo sistema na forma térmica é de tal maneira degradada (diluída) que ela não pode ser reaproveitada. Ou seja, todo sistema precisa ser abastecido com uma fonte de energia externa para funcionar, o que não se prevê na figura 1. Segundo, ao dissipar energia que vem do exterior o sistema se desgasta materialmente, ele precisa ser reparado constantemente em seu processo funcional ou metabólico. A importação de matéria para reparação interna não é considerada, tão pouco a matéria importada para produção dos bens no caso de um sistema social. A degradação metabólica na forma de resíduos de alta entropia, ou seja, o lixo, os refugos industriais etc. não aparecem saindo desse circuito. O sistema ainda é visto como uma máquina que tem suas “engrenagens” em uma configuração perpétua. Não há mudança interna no sistema com o passar do tempo. A informação que circula no sistema não está representada, e sendo assim se omite no modelo o papel que a informação tem de modificar as suas regras internas (i.e. regras culturais e tecnológicas). É um modelo em que o tempo não existe. Passado, presente e futuro são iguais já que

Georgescu-Roegen não aceitava a ideia de que a economia fosse uma ciência de alocação dos meios de produção, preferindo pensar a economia como uma ciência que estuda “os negócios ordinários da vida” (CECHIN, *ibden*, p. 64). Dessa forma, Roegen conectava o pensamento econômico ao mundo físico, escapando das armadilhas do pensamento puramente abstrato. Ele conseguiu visualizar que a economia ocidental ocorre em um processo linear, que retira matéria de um ambiente maior, e dissipando energia, a processa para gerar um fluxo de bem estar. Posteriormente devolve essa matéria na forma de externalidades (resíduos, lixo) em graus de maior entropia para o ambiente. Com esse modelo em mente, Georgescu-Roegen começou o trabalho de alinhar teoricamente a dinâmica da economia com dinâmicas mais abrangentes das ciências naturais. A economia pôde ser vista como um sistema suscetível às leis pós-mecanicistas da física e da biologia. Mais do que isso, a economia passou a ser vista não como algo independente da biosfera, mas como um subsistema do grande ecossistema terrestre.

A implicação direta da lei da entropia na economia é a de que os recursos, ao serem usados, transformam-se em resíduos de mais alta entropia até atingirem um ponto de completa impossibilidade de utilização pelo ser humano. E dada essa regra, os recursos escasseiam progressivamente (GEORGESCU-ROEGEN, 1966). Tal asserção física fez com que Georgescu recusasse o que chamou de “mania do crescimento ilimitado” da economia como algo plausível.

Recusou também a possibilidade do estado estacionário, no qual, em seu modelo, toda a matéria precisaria ser reciclada indefinidamente. Seu argumento foi de que a reciclagem total é impossível dado que mesmo que se reciclem os refugos e todo lixo produzido, há uma degradação, uma dissipação de matéria no âmbito atômico e molecular que não é passível de reciclagem. Por exemplo, a poeira de carbono de uma caixa de fósforos consumida, o pó de metais deixados por um motor de carro ao longo dos seus anos de funcionamento etc.

Para minar o argumento dos ecólogos, no qual os ciclos biogeoquímicos supostamente reciclariam com máxima eficiência os compostos da biosfera, ele cita

suas condições de estado são supostamente reversíveis – quando sabemos que nos fenômenos reais não é possível voltar às condições iniciais que lhes deram origem.

o desgaste e dissolução de ossos de peixes que acabam dispersando fósforo de forma não aproveitável no fundo do oceano²⁴. O mesmo vale para os átomos e moléculas dispersas na degradação entrópica do “metabolismo” econômico humano (i.e. poeira de esmeril, dissolução de fosfato na água etc.). Georgescu aponta esse fato colocando que há um erro dos ecólogos em crer na reciclagem absoluta por confundirem escalas de tamanho molar e molecular. Os bens seriam recicláveis, a degradação da matéria não.

Georgescu é considerado um dos fundadores da economia ecológica, e acreditava que a economia deveria diminuir de tamanho para que se adiasse a extinção da espécie humana. Foi praticamente expulso da academia por defender que a ciência da economia deveria ser absorvida pela ecologia. O trabalho de Georgescu é consistente na sua maior parte, mas há pontos de controvérsia (como a sua tentativa de formulação de uma quarta lei da termodinâmica, que se relaciona justamente com a dissipação de matéria para estados não reaproveitáveis). Não obstante, o trabalho de Georgescu foi fundamental para formulação do conceito de sustentabilidade, porque qualquer ideia consistente a respeito de sustentabilidade é a aplicação de uma ideia econômica em que se produza com viabilidade entrópica.

2.7 Trabalho e função simbólica

A tarefa de discussão de um conceito de sustentabilidade que esteja em harmonia com as imposições das leis termodinâmicas e, portanto, entrópicas, começa com o entendimento da origem do processo de aquisição de recursos ambientais pelo ser humano. Isso porque, se é verdade que cada cultura desenvolve um modelo econômico²⁵ próprio e distinto, também é verdade que há uma necessidade de apropriação de matéria e energia no ambiente que é comum a todas

²⁴ Se é verdade que não temos a capacidade de reciclar moléculas dispersas, também é verdade que a natureza tem. O argumento de Georgescu é parcial pelo fato de que os micro-organismos e suas relações tróficas têm a capacidade de reorganizar um ambiente de alta entropia em nível molecular. Um exemplo está no fato de que a vida conseguiu evoluir no sentido de aproveitar o oxigênio disperso entropicamente na água. O oxigênio era um elemento tóxico para a vida anaeróbia do oceano primordial. O processo evolutivo soube lidar com esse tipo de resíduo.

²⁵ Do ponto de vista termodinâmico, a atividade econômica independe do regime político que a configura. O fato de existir a necessidade de aquisição de entropia negativa é absolutamente o mesmo no capitalismo, socialismo, anarquismo, com ou sem moeda, lucro, ou mercado. Vale para uma civilização nômade ou pós-industrial. É a essa economia física a que me refiro.

as culturas. O processo de aquisição e transformação dos recursos naturais caracteriza-se como trabalho. Marx (*ibden*, pg. 37) coloca que: “[...] como atividade que visa, de uma forma ou de outra, a apropriação do que é natural, o trabalho é uma condição natural da existência humana, independente de qualquer forma social”.

Do ponto de vista físico, o trabalho é uma condição natural de existência na medida em que realiza um esforço contra a tendência natural do aumento de desordem (entropia) em qualquer sistema ao longo do tempo. Ou seja, os sistemas se desgastam ao dissipar energia, e, fundamentalmente, o trabalho é um esforço para importação de entropia negativa (SCHRÖDINGER, 1997).

A manutenção antitérmica é a primeira prioridade em todo sistema complexo no mundo real. O trabalho contínuo de eliminar “desordem” é necessário para manter a “ordem” interna na presença de vibrações térmicas que existem em qualquer sistema com temperatura acima do zero absoluto. (ODUM, 1988, p. 57).

Portanto, o trabalho é um esforço para manter um padrão organizativo em sistemas inorgânicos, orgânicos ou sociais. Todas as espécies de vida da biosfera exercem trabalho no sentido de organizar-se e organizar sua relação com recursos ambientais a fim de importar entropia negativa do ambiente para manter seu processo metabólico ou estabelecer regras de organização social para esse mesmo fim.

O ponto que caracteriza a relação que o ser humano tem com os recursos naturais, e define seu trabalho como um trabalho diferente daquele que as demais espécies animais executam na biosfera, reside no fato do ser humano possuir função simbólica e produzir cultura na sua relação com o ambiente.

Segundo Piaget (1970) e Piaget e Inhelder (1966), a função simbólica é o poder de representação de objetos ou acontecimentos independente da distância espacial ou temporal dos fatos, tornando possível a aquisição da linguagem. Dada essa característica, um dos seus desdobramentos é o fato do ser humano ser capaz de produzir objetos e manipular a energia em estado puro fora do próprio corpo o que confere a ele o que os ecólogos denominam como “função exossomática”.

2.8 Função Exossomática

Lotka (1922) definiu como instrumentos endossomáticos os órgãos corporais de animais que lhes permitem capturar energia disponível (entropia negativa). Ou seja, são instrumentos próprios ao organismo cunhados evolutivamente (bicos, ferrões etc.) que garantem a manutenção da vida. No ser humano, denominou por instrumentos exossomáticos as ferramentas criadas através da função simbólica, que, como extensões para além do próprio corpo, auxiliam na manipulação do ambiente²⁶ (flechas, machados, vasos etc.).

A questão exossomática é basilar para avaliar a capacidade de impacto ambiental de uma cultura em um ambiente, porque é a capacidade exossomática - dada pelo tipo de tecnologia - que influenciará mais diretamente a magnitude do impacto ambiental potencial de um conjunto humano. A capacidade exossomática está diretamente ligada ao desenvolvimento tecnológico, conforme se postula na ecologia cultural (HARDESTY, 1977; STEWARD, 1938; STEWARD, 1955; VIERTTEN, 1988) – É importante lembrar-se que existem tecnologias baseadas em sistemas cosmológicos diferentes da cultura ocidental. Ou seja, nem toda tecnologia está baseada na ideia de substância (átomo) conforme mostrou Chang Tung Sun, analisando a obra de Kant²⁷ (TUNG-SUN, 1994).

²⁶ A capacidade de mobilização exossomática pode ser interpretada a partir dos três componentes básicos de um sistema: A matéria (1), a energia (2) e a informação (3). Os objetos materiais (1) criados pelo ser humano e sua função simbólica evidenciam a capacidade de mobilização exossomática do ponto de vista físico. O fato de criar e usar instrumentos faz com que parte do metabolismo humano ocorra fora de seu próprio corpo, e assim, o ser humano transfere para o ambiente, funções que nos outros animais estão limitadas ao organismo. Um segundo aspecto da mobilização exossomática é a capacidade de mobilizar energia fora do próprio corpo. Tal domínio evidencia a capacidade de manipular a energia em si mesma, tendo por princípio o domínio sobre o fogo. Mesmo sendo a função simbólica e cognitiva gradativa ao longo da árvore filogenética, o fogo marca uma linha divisória. E essa linha divisória é o domínio da energia na sua forma imaterial. Com o domínio sobre o fogo, a capacidade de mobilização de energia fora do próprio corpo torna-se potencialmente ilimitada, visto que o fogo multiplica a si mesmo (2). Finalmente, um terceiro aspecto da capacidade exossomática é o domínio sobre a informação para além do próprio corpo. Refere-se à criação de símbolos decodificáveis que não dependem do indivíduo que os criou para serem significantes (linguagem de símbolos, pintura rupestre etc.). A diferença entre a linguagem simbólica e a linguagem instintiva é que a linguagem simbólica pode ser exossomática. É possível imaginar um símio sinalizando água com as mãos (linguagem endossomática), mas não é possível imaginar um símio desenhando água numa rocha para indicar proximidade da mesma em um evento futuro (linguagem exossomática), seja para si ou para outros símios (3).

²⁷ Há tecnologias que fogem ao determinismo conhecido, elas mostram a possibilidade de casualidades em representações simbólicas do mundo, não compreensíveis fora da cultura que as elaborou (e.g.: fazer um camelo chorar num ritual tradicional, tal qual retratado no documentário “Os camelos também choram” (Davaa e Falorni, 2003) – uma família de pastores no deserto de Gobi (Mongólia) usa seu conhecimento de etnobiologia para salvar a vida de um filhote. A partir de um ritual onde se executa uma música e palavras “sagradas”, os pastores levam uma fêmea do rebanho

A capacidade de mobilizar matéria, energia e informação no ambiente permite ampliar a capacidade de importação de entropia negativa, e o problema fundamental da adaptabilidade humana é a plasticidade de respostas ao ambiente nesse sentido. Aspectos fisiológicos (plataforma biótica) e aspectos culturais (núcleo cultural) são os fatores adaptáveis aos desafios ambientais, e o problema da relação entropia-cultura é importante porque uma orientação fundamental do desenvolvimento cultural é a aquisição de recursos ambientais, mesmo não sendo essa uma relação puramente determinística (MORAN, 1994; KORMONDY, 2002; MOLINA *et. al*, 2007).

O controle dos instrumentos exossomáticos como elemento de organização social trás a noção de materialismo histórico, tendo em vista que seria esse controle o mesmo dos meios de produção. Nesse sentido, o domínio sobre os instrumentos exossomáticos determinaria o processo de desenvolvimento econômico.

Quem controla os instrumentos exossomáticos controla a linha de fluxo da energia. Determina como o trabalho social será dividido e como as recompensas econômicas serão alocadas entre os vários grupos e seus constituintes (RIFKIN, 1981, p. 58).

2.9 Desenvolvimento econômico e dissipação energética

O processo de desenvolvimento é fruto da capacidade cognitiva humana de recriar o mundo, na medida em que o ser humano transforma o ambiente e gera novas tecnologias sofisticando sua capacidade de mobilização exossomática. O desenvolvimento econômico e tecnológico são a faceta da cultura que mostra a capacidade do ser humano em transformar o ambiente.

A ideia de desenvolvimento econômico e tecnológico está no centro da visão de mundo que prevalece em nossa época. Nela se fundamenta o processo de invençãocultural que permite ver o ser humano como um agente transformador do mundo (FURTADO, 2000, p.7).

Veiga (2008, pg. 31-52) descreve as três características fundamentais do desenvolvimento: 1) Deve haver diferenciações emergindo de generalidades; 2) As diferenciações tornam-se generalidades das quais surgem novas diferenciações; 3)

a finalmente aceitar o filhote que havia sido rejeitado (por ter sido fruto de um parto difícil). Ao aceitar o filhote, ela o dá de mamar, e chora. Não há na nossa cultura tecnologia ou arte para fazer um camelo chorar. As imagens das lágrimas do camelo estão gravadas no documentário. Ver: Davaa, B.; Falorni, L. **Os camelos também choram** (Die Geschichte vom weinenden Kamel). Munique, 2003. DVD, 83min. Documentário.

O desenvolvimento depende de co-desenvolvimento;

[...] o gênio inventivo do homem foi canalizado, nos últimos duzentos anos, para criação técnica, o que explica sua extraordinária capacidade expansiva. E é a esse quadro histórico que deve se atribuir o fato de que a teoria do desenvolvimento tenha ficado circunscrita à lógica dos meios, tendendo a se confundir com a explicação do sistema produtivo que emergiu com a civilização industrial. No entanto, o [verdadeiro] desenvolvimento deve ser entendido como progresso de transformação da sociedade. [...] A ideia aqui é que o [verdadeiro] desenvolvimento econômico utiliza os mesmos princípios universais utilizados pelo resto da natureza [...] milhares de anos antes de alguém ter os vislumbres dos processos evolucionistas ou de desenvolvimento biológico, as pessoas já estavam trabalhando em cepas diferenciadas de grãos [...] mesmo hoje, quando pessoas educadas têm conhecimento de simbioses no resto da natureza, inventores que combinam chips de silício com teclados [...] não estão imitando mitocôndrias. Em vez disso estão utilizando princípios universais de desenvolvimento [...] Em outras palavras, o desenvolvimento econômico é uma versão do desenvolvimento natural.

Longe de ser uma ciência alocativa, ou seja, uma ciência de otimização do trabalho no sentido neoclássico, a economia, partindo desse ponto de vista, se aproxima da ideia de Marshall (1920) na qual pode ser entendida como a representação de um processo de desenvolvimento cotidiano e ordinário. Desta maneira, a economia é o próprio processo social de desenvolvimento, não obstante, retratado no universo simbólico de cada cultura de maneira diferente. O denominador quantitativo desse processo, na cultura capitalista, é o capital. Em outras culturas outros valores comuns podem ser compartilhados a fim de organizá-lo – ao invés do capital, pode haver outros símbolos de valor e outras lógicas de troca, como no caso do Kula²⁸ (MALINOWSKI, 1976).

Deixando de lado a questão da valoração, própria de cada cultura, atentar-se-á ao fenômeno comum da economia em qualquer cultura: O fato de a energia usada exossomaticamente no processo econômico ser dissipada termodinamicamente, seja qual for o contexto cultural.

²⁸ Sistema de trocas econômicas dos nativos do Pacífico Sul que envolve presentear com colares vermelhos aqueles que navegam em sentido anti-horário, e com braceletes brancos aqueles que navegam em sentido horário. A troca de colares de conchas e braceletes de corais é tida como sagrada, e junto com o “presente” se troca outros objetos úteis. Estabelecem-se ainda relações de assistência e proteção, define-se estados de guerra ou paz, entre outras ordens da vida social. Ou seja, uma forma economia política completamente distinta da que conhecemos e extremamente complexa.

Em qualquer cultura, a produção, o uso e a troca de artefatos pressupõem uma dissipação energética. Sempre, ao se transformar o mundo através do trabalho, uma quantidade de energia é despendida. Os artefatos ao serem manufaturados e usados consomem energia. A energia gasta é sempre dissipada na forma de calor, cuja intensidade é tão baixa que não há potencial de ação suficiente para reaproveitá-la (CLAUSIUS, 1856).

A dissipação da energia, por sua vez, é acompanhada inexoravelmente por uma degradação material do artefato (sistema) através do qual ela realizou seu trabalho. Ou seja, todo sistema evolui para os arranjos atômicos mais prováveis quando dissipa energia (BOLTZMANN, 1974). Por exemplo, ao consumir energia, um motor de automóvel se desgasta. Ou seja, suas estruturas atômicas altamente organizadas (improváveis) tendem a rumar para microestados organizativos (aleatórios) mais prováveis. Isso é envelhecer, é a entropia definindo a seta do tempo. O que impediria esse motor de, depois de velho, ao ir sendo usado, se tornar cada vez mais novo? Nada, a não ser que existem muito mais estados, mais maneiras, de um motor envelhecer (quase infinitas), do que os poucos estados atômicos em que esse motor se torne novo (no extremo, apenas um, de fato, o que veio da fábrica). A regra vale para um motor, um arco-e-flecha, uma lâmpada, uma corda ou qualquer artefato.

No processo de desenvolvimento econômico, os artefatos exossomáticos dissipam energia, se desgastam e se inutilizam. E o resultado desse uso dos artefatos (bens) gera resíduo (externalidades). Pelo fato da economia ocidental ser linear conforme já se mostrou nesse trabalho, há uma acumulação de resíduos de alta entropia oriundos da degradação termodinâmica, pois, a matéria que se tira do ecossistema e que depois de processada a ele se devolve é de estado entrópico crescente (VITOUSEK *et. al* 1986).

2.10 Externalidades e reciclagem

Por haver um aumento constante de refugos de alta entropia no ambiente dado o processo econômico, e ser a biosfera um sistema fechado para troca de matéria, tal contexto implica em uma condição: ou se reciclam as externalidades de

alta entropia para estados de baixa entropia, ou se condena a biosfera a uma desestruturação por aumento da entropia interna²⁹.

Autores da ecologia de sistemas como Odum (1971) e Slessor (1978), da sociologia como Cotrell (1955) e da economia ecológica como Constanza (1980), postularam a possibilidade de uma economia onde a reciclagem dos bens fosse integral, sendo o fator limitante para isso a disponibilidade energética. Partindo da disponibilidade de energia solar, uma economia de matriz limpa poderia reciclar integralmente a matéria que nela circula, e nesse contexto criar o que Daly (1989; 1973) defende como sendo o estado estacionário da economia. Tal estado estacionário seria um estado de sustentabilidade plena.

Bianciardi *et.al.* (1993) levanta o problema de a reciclagem poder não ser realizada com energia renovável, o que aumentaria ainda mais a entropia da biosfera, tendo em vista a dissipação de carbono nos processos de reciclagem realizados com energia fóssil.

Como já foi colocado anteriormente, Georgescu-Roegen (1977; 1981) acreditava que a reciclagem completa era impossível de ser realizada do ponto de vista físico, porque haveria uma degradação material molecular não reaproveitável no processo econômico. Assim, para ele, os bens poderiam ser reciclados, mas os refugos materiais no nível molecular da degradação termodinâmica, não. Por exemplo, todos os eletrodomésticos do mundo podem ser reciclados, mas a ferrugem, o pó, lascas de pintura, o desgaste das peças etc. desses eletrodomésticos ao longo de sua existência, não. Com isso o mundo acumularia “sujeira” crescentemente. Tal asserção fez com que ele recusasse o estado estacionário da economia como sendo um estado possível, visto que, segundo o seu raciocínio, o sistema fechado da biosfera rumaria para estados crescentes de entropia independente de se fazer a reciclagem dos bens produzidos na economia humana. O problema se coloca para além de se reciclar todos os bens. A sustentabilidade aqui se apresenta como um problema teórico de degradação termodinâmica. A limitação entrópica da atividade

²⁹ Vale notar que esta é uma situação diferente daquela que encontramos em sistemas orgânicos. Os organismos são sistemas abertos que trocam matéria com o ambiente e deste captam energia, assim importam entropia negativa para manter a entropia interna em níveis baixos. Conforme metabolizam alimentos, garantem a reorganização dos microestados de alta entropia gerados pelo metabolismo, levando o sistema orgânico para estados de baixa entropia.

econômica não seria energética, mesmo havendo energia solar disponível e tecnologia para reciclagem de todos os bens, o sistema estaria condenado pelo fato de haver degradação material em escala molecular.

Esta ideia da reciclagem completa é muito popular atualmente; ela é, penso, uma perigosa falácia. Ecologistas, em via de regra, a têm alimentado ao descrever com prazer diagramas de como o oxigênio, dióxido de carbono, nitrogênio, e alguns outros elementos químicos vitais são reciclados por processos naturais movidos à energia solar. Se essas explanações são aceitas é porque as quantidades de elementos químicos envolvidos são tão imensas, que o déficit entrópico se torna evidente apenas em longas eras. [...] E o ponto que deve ser fortemente enfatizado é que podemos reciclar lixo, material dissipado não é reciclável [...] [por esse motivo] nenhum sistema econômico pode sobreviver sem um fluxo contínuo de matéria e energia; especificamente, não pode existir um estado estacionário em um sistema fechado. Mesmo se todo W ³⁰ pudesse ser reciclado, a dissipação da matéria deveria ainda impedir que o fundo de capital se mantivesse constante.” (GEORGESCU-ROEGEN, 1977, p.268-269)³¹.

Ayres (1997) contra argumenta Georgescu dizendo que, caso fosse realizada com a energia solar, conforme defendem os ecologistas de sistemas, não haveria aumento de entropia material na biosfera com a reciclagem, e assim, admite ser possível a reciclagem integral como um processo onde se formam estoques não aproveitáveis de matéria por períodos limitados de tempo. Ayres e Miller (1980) concluem que Georgescu estava errado sobre a asserção de que da matéria degradada não poder ser reciclada, e, portanto, defendem que o único fator limitante para o crescimento econômico é a energia.

Cleveland (1999) lembra que a capacidade de coletar matéria degradada e dispersa requer não apenas energia, mas também informação e tempo e que as interações entre essas variáveis foram descritas por Spreng (1993), Chen (1994), Ruth (1993) e Ruth & Bullard (1994).

³⁰ “W”, abreviação de *waste* (lixo).

³¹ “This idea of complete recycling is now highly popular; it is, thought, a dangerous fallacy. Ecologists, as a rule, have been feeding it by describing with delightful diagrams how oxygen, carbon dioxide, nitrogen, and a few other vital chemicals are recycled by natural process driven by solar energy. If these explanations pass muster it is because the quantities of the chemical involved are so immense that the entropic deficit becomes conspicuous only over long epochs. [...] And the point that can hardly be emphasized too much is that we can recycle only *garbojunk*; *dissipated matter is not recyclable* [...] First, no economic system can survive without a continuous inflow of energy *and* matter; in particular, it cannot be a closed steady state. Even if all *W* could be recycled, the dissipation of matter would still prevent the capital fund from being kept constant. [trad. do autor]

O problema da possibilidade de reciclagem integral da economia continua em aberto. Entretanto, os sistemas naturais de ciclagem mostram que é possível reciclar a matéria na biosfera de modo que a degradação material do processo termodinâmico não reflita um aumento da desordem do sistema ao longo do tempo.

2.11 Processos naturais de reciclagem na biosfera

Do ponto de vista teórico, um sistema ao dissipar energia tende a se degradar. Isso vale para todo sistema físico cuja estrutura dissipativa seja simples. Prigogine (1974) mostrou que sistemas com estruturas dissipativas bem desenvolvidas podem reverter temporariamente esse processo ao expulsar “desordem”, na medida em que importam entropia negativa. Isso se verifica nos organismos vivos, que são sistemas abertos para troca de matéria e energia. Os organismos vivos usam a energia (liberada dos alimentos) para manter-se metabolizando, de maneira que o próprio processo natural de aumento de entropia, dado pelo funcionamento do sistema, seja retardado através de mecanismos de auto-organização. O organismo importa entropia negativa e expele a desordem, numa constante troca de matéria com o meio, fazendo com que o saldo entrópico seja negativo. Assim o organismo se mantém fora do equilíbrio termodinâmico. Em outras palavras, mantém-se vivo (organizado) ainda que por tempo limitado.

No entanto, a biosfera é um sistema fechado para troca de matéria, e, portanto, ela não possui meios para “expulsar” a desordem gerada através de seu metabolismo interno. Ela importa energia solar e dissipa essa energia. Conforme previu Prigogine, por ser um sistema dissipativo altamente complexo, o planeta ao dissipar energia se desorganiza e se auto organiza ao mesmo tempo, mantendo-se em um grau intermediário de organização, mas sem trocar, significativamente, matéria com o ambiente externo (espaço sideral), conforme os organismos o fazem com seu espaço imediato ou mesmo mais distante.

O processo de auto-organização da biosfera está ligado à maneira com a qual a vida está disposta na biosfera.

A sustentabilidade de qualquer sistema ao longo do tempo depende da capacidade de manter-se organizado mesmo considerando-se a degradação material gerada pela dissipação energética. A biosfera recicla a matéria que a

constitui continuamente, levando-a a estados de baixa entropia na medida em que os organismos autotróficos reorganizam as moléculas simples dispostas aleatoriamente pelos organismos decompositores.

Figura 2 – O movimento unidirecional da energia e a ciclagem de nutrientes em um ecossistema

Fonte: Kormondi e Brown (2002, p. 34)

Na biosfera, a matéria circulante ora assume o estado orgânico, ora assume o estado inorgânico (animada ou inanimada). O que gera a constante organização e desorganização da matéria é o uso da energia solar nos processos biológicos. Com a dissipação energética, a matéria se organiza e se desorganiza ciclicamente, onde o balanço final é um estado intermediário de organização. O carbono de uma árvore morta é decomposto, assume a forma gasosa, precipita-se no oceano, integra-se à forma de um crustáceo, à forma de um peixe, à estrutura de um coral etc. Existem assim, ciclos biogeoquímicos nos quais os elementos são reciclados pela biosfera conforme descrevem Hawley (1966), Odum (1988), Kormondi e Brown (2002).

Os organismos vivos e o seu ambiente não-vivo (abiótico) estão inseparavelmente inter-relacionados e interagem entre si. Chamamos de sistema ecológico ou ecossistema qualquer unidade (biossistema) que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto (a comunidade biótica) numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que o fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas (ODUM, 1988, p.9)

Os inúmeros ecossistemas da biosfera reciclam a matéria de modo a formar grandes ciclos biogeoquímicos. É interessante notar que nesse sistema de ciclagem a energia é degradada e a matéria é reorganizada continuamente inclusive em escala molecular. Abaixo um esquema que representa a reciclagem do carbono na biosfera:

Figura 3 - O Ciclo do Carbono

Fonte: Kormondi e Brown (2002, p. 364)

O termo “geobiocenose” descreve a ideia demonstrada. A noção de que os organismos vivos em estado de geobiocenose regulam não apenas a si mesmos, mas também às condições inorgânicas do ambiente é uma contribuição importante para formação da ideia de um biosistema planetário. Os organismos ao importarem matéria e energia do ambiente e exportarem resíduos de alta entropia, interferem sobremaneira nas características bioquímicas e físicas do ambiente. Tal interferência, ao contrário de levar o ambiente a graus extremos (de acidez, salinidade etc.) contribui para que o ambiente se mantenha em níveis operacionais ótimos em relação às próprias espécies que o habitam, ou seja, mantém a “homeostase”³² do ambiente (MARGLEFF, 1978).

³² Homeostase é a propriedade dos sistemas orgânicos de se auto-regularem a fim de manter as condições internas em faixas físico-químicas operacionais, i.e. sistema de regulação de temperatura

De fato, o planeta dissipa energia solar e usa essa energia para se auto organizar (PRIGOGINE e BABLOYANTZ, 1972a; 1972b) e, assim se estabelece um regime cíclico de configuração e reconfiguração dos átomos que mantém o planeta em um nível intermediário de entropia (organização).

Considerando-se a ciclagem material na biosfera, pode-se dizer que nela a matéria assume dois estados: codificada na forma de biomassa ou decodificada na forma inorgânica (moléculas simples). Do ponto de vista processual a matéria pode estar sendo codificada (produção primária com importação de entropia negativa) ou decodificada (matéria orgânica em decomposição sem importação de entropia negativa).

Há um equilíbrio dinâmico entre a organização da matéria em estruturas complexas (viva) e a sua desorganização em estruturas simples (morta) no processo biocenótico. O balanço da produção primária pode ser positivo, neutro ou negativo. Um histórico da quantidade de biomassa produzida e decomposta na biosfera nos últimos seiscentos milhões de anos pode ser visto em Berkner e Marshall (1964); Drake (1968); Tappan (1968) e Calvin (1969).

Este equilíbrio dinâmico é fundamental para manter as condições abióticas de continuidade a vida no planeta. Como poderia haver vida no planeta se a quantidade de matéria inanimada se acumulasse indefinidamente? É um estado fisicamente impossível, dado que o sistema pararia de funcionar por conta do acúmulo de matéria de alta entropia. O oposto seria a vida codificar a matéria indefinidamente. Isso levaria a biosfera a um estado cristalino, sem metabolismo, ou seja, ambos os extremos seriam estados não vivos (MARGALEF, *ibden*).

Para que a matéria degradada seja continuamente elevada a graus mais altos de organização, é preciso que agentes vivos metabolizem continuamente os resíduos de alta entropia gerados e lançados na biosfera (processo circular). Assim, da mesma forma que os organismos se auto organizam importando entropia negativa e exportando entropia, os organismos na cadeia trófica configuram suas relações interespecíficas no sentido de uma espécie “organizar” os refugos de alta entropia geradas pelas espécies compartilhando o mesmo habitat. Esse é um dos

no corpo dos mamíferos. A hipótese de Gaia proposta por Lovelock (2000) está assentada sobre esse conceito.

papéis mais importantes do processo evolutivo e a razão pela qual a biodiversidade precisa ser preservada (SCHNEIDER e SAGAN, 2006).

2.12 Evolução como geradora de sentido às externalidades de alta entropia

A evolução da vida garante constante inovação na forma de lidar com a geração de entropia na biosfera.

A criação e manutenção da biodiversidade tem a capacidade de incorporar e dar sentido aos resíduos de alta entropia do processo de degradação material da biosfera na medida em que organismos com especialização diversa reciclam os refugos de alta entropia no nível molecular e atômico (i.e. organismos decompositores).

A reciclagem da matéria pode ser praticamente completa se considerarmos que a evolução cria novas formas de vida dentre as quais algumas se adaptam aos nichos de recursos disponíveis, formados, inclusive, por refugos de alta entropia cuja capacidade de aproveitamento até então era existente. Por isso não há “externalidades” na “economia natural”. Aquilo que seriam “resíduos de alta entropia” que nenhuma forma de vida até aquele momento consegue aproveitar, se apresenta como um nicho disponível a uma futura adaptação. Ou seja, as externalidades de alta entropia disponíveis na biosfera se apresentam como uma oportunidade adaptativa.

Mas esse processo ocorre em escala de tempo geológica, e notadamente se a externalidade gerada estiver em um ritmo e configuração atômica compatível com o processo evolutivo das espécies que supostamente poderão dar significado àquelas externalidades.

Assim, a vida ganha a capacidade de transformar esses resíduos de alta entropia em compostos orgânicos de mais alto grau de organização, e os resíduos gerados pelo sistema como um todo não se acumulam na biosfera na forma inanimada (de alta entropia). Mesmo que as regras ambientais mudem continuamente, os tipos de resíduos mudem, enfim, todas as condições mudem, havendo tempo hábil, a vida buscará a adaptação e o sistema será levado a um estado de equilíbrio tendo como eixo oscilatório um atrator de estado. Este atrator de estado pode, supostamente, levar a quantidade de biomassa codificada a um

máximo por unidade de energia consumida, uma das características que descreve o estado de clímax ecológico (ODUM, 1969), mas essa é ainda uma questão em aberto na ciência e o conceito de clímax ecológico vem sendo questionado desde sua formulação.

Por isso, a sustentação da vida no planeta depende da relação entre a matéria animada e a matéria inanimada, e a manutenção dessa relação depende do processo evolutivo. O que impede a vida de existir, de evoluir, é a criação de estados ambientais de alta entropia aos quais a vida não tem tempo hábil de se adaptar. Uma hipótese interessante seria: Na natureza não há resíduos porque o ritmo de geração de externalidades tende a ser acompanhado pelo o ritmo de geração de novas espécies que irão ocupar os nichos criados por essas mesmas externalidades³³.

Toda organização característica da vida se encerra na capacidade de construir osciladores. Certos períodos e ritmos são contraídos ou reforçados pela seleção natural, o que permite substituir as respostas diretas dos organismos a mudanças ambientais regulares por ritmos endógenos que antecipam tais mudanças, e ao fazê-lo, pode aumentar o grau de resposta no que tange ao organismo e à sua capacidade de sobrevivência³⁴ (MARGLEFF, *op. Cit.*).

Finalmente, é de se supor que o ritmo de degradação e de codificação da matéria na biosfera está diretamente ligado à configuração atômica com que se apresentam as externalidades residuais da degradação energética. Lembrando que a entropia é uma medida de ordem, portanto de informação, conforme mostraram Boltzman (1974), Brillouin, (1949; 1956), Maxwell (1871), Shannon e Weaver (1949), e Morowitz (1974), é lícito afirmar que: (1) a biomassa é um estado da matéria codificada contendo informação e (2) existe uma linguagem baseada na desoxiribonuclease por meio da qual a matéria na biosfera é codificada e decodificada. Externalidades produzidas por configurações atômicas (linguagens) diferentes dessa podem possuir um ritmo de codificação, decomposição e recodificação incompatível com a ciclagem material da biosfera (e.g. lixo atômico, plásticos etc.).

³³ Até o petróleo que teoricamente seria um resíduo não aproveitável pela biosfera, um estoque de carbono aparentemente isolado da geobiocenose, há bactérias que o decompõem.

³⁴ Toda la organización característica de la vida encierra la capacidad de construir osciladores. Ciertos períodos o ritmos son recogidos o reforzados por la selección natural, lo que permite sustituir las respuestas directas de los organismos a cambios ambientales regulares por ritmos endógenos que anticipan los cambios externos y, al acerlo, pueden aumentar el grado de respuesta a punto del organismo y su capacidad de supervivencia [trad. do autor].

Dessa maneira, a evolução pode ser vista como uma resposta às mudanças ambientais ao longo do tempo naquilo que tange à geração de entropia. Os processos naturais geram externalidades incorporáveis pelo processo evolutivo, o que não parece ocorrer em determinadas culturas humanas.

A adaptação (operação do processo seletivo) requer um tempo medido na escala evolucionária. A maior parte dos estressores físicos introduzidos pelo ser humano são tão repentinos e tão violentos, ou ainda, tão arrítmicos para que a adaptação possa ocorrer, que a oscilação se sobrepõe à estabilidade do ecossistema. Em muitos casos, pelo menos, a modificação dos ecossistemas naturalmente adaptados para fins culturais pareceria preferível para um completo redesenho³⁵ (ODUM, 1969).

2.13 Cultura como geradora de diferentes ritmos e tipos de externalidades

Toda cultura, com seu processo de desenvolvimento, produz resíduos. No entanto, a forma com a qual os resíduos do processo de desenvolvimento serão absorvidos pelo ecossistema que o abarca, diverge sobremaneira entre as culturas. Ora, o que faz com que a dinâmica de desenvolvimento de uma cultura humana não acumule resíduos de alta entropia na biosfera, sendo assim, sustentável do ponto de vista entrópico? É justamente a produção de externalidades cujo ritmo de produção/decomposição seja assimilável pelas outras formas de vida da biosfera. A teoria da sustentabilidade deve estar alicerçada sobre esse ponto. Um bom exemplo de produção sustentável é o que segue: É comum entre os povos amazônicos do Brasil, usar urucum (*Bixa orellana*) como corante vermelho em pinturas corporais. O urucum processado resulta em uma pasta de cor viva e brilhante. O urucum é embalado em tubos de bambu com tampas de folha (lâminas de palha seca dobradas em padrões geométricos complexos, como em um origami). Tanto o processamento das sementes, como o de estocagem da pasta corante se faz com elementos biodegradáveis, ou seja, o produto é produzido e embalado com compostos de origem biológica. O resultado é um bem que se degrada completamente do ponto de vista termodinâmico e é integralmente reciclado pela

³⁵ Adaptation (operation of the selection process) requires times measurable on the evolutionary scale. Most physical stresses introduced by man are too sudden, too violent, or too arrhythmic for adaptation to occur at the ecosystem level, so severe oscillation rather than stability results. In many cases, at least, modification of naturally adapted ecosystems for cultural purposes would seem preferable to complete redesign [trad. do autor].

biosfera³⁶. Também é verdade que esses povos tradicionais produzem instrumentos e bens cuja degradação termodinâmica é extremamente lenta, fazendo com que seu ciclo de renovação seja igualmente lento (cerâmicas, por exemplo). Não obstante, a taxa de descarte e reposição desses artefatos também é de ritmo lento.

Na sociedade ocidental e pós-moderna, a cultura e a técnica visam à maximização da produção material independente da relação que essa produção mantenha com o contexto em que está inserida. Ou seja, maximiza-se a quantidade de matéria transformada na forma de bens independente do

³⁶ Caso se arrisque a fazer uma leitura desse processo pelo ponto de vista estrito da tecnologia ocidental, o que estaria acontecendo durante a existência desse produto? Ora, para que se produzisse esse corante, haveria inicialmente de se considerar uma usina química e biotecnológica de complexidade impensável chamada floresta. A tecnologia dessa usina, em muitos pontos de vista, seria mais avançada que a tecnologia ocidental, caso contrário o urucum produzido por ela não estaria sendo o substituto de corantes vermelhos usados atualmente na Europa, à base de anilina, visto que a anilina tem sido considerada um composto potencialmente cancerígeno. Além da produção bioquímica complexa de tintas e resinas, a “usina florestal” estaria provendo embalagens. Nesta usina “florestal”, a “máquina de embalagens” seria o bambuzal, que além de produzi-las, poderia reciclar as embalagens usadas, na medida em que as embalagens usadas fossem descartadas ou enterradas nas suas proximidades. O bambuzal seria uma máquina de produzir embalagens de tinta movida a energia solar.

Figura 4 - Ciclo anual dos índios quéchua no altiplano boliviano

Fonte: Kormondi e Brown, 2002, p.284

ritmo de encadeamento das respectivas externalidades no processo de ciclagem natural da biosfera.

Do ponto de vista teórico, uma solução para o problema ambiental da economia ocidental seria criar uma economia nos moldes epistemológicos da biologia evolutiva. Seria criar uma economia que colaborasse com o processo evolutivo. A constatação desse fato levou diversos autores a trabalharem no sentido de construir uma economia evolutiva. Uma economia que evoluísse, não apenas se desenvolvesse. Portanto, os bens e externalidades dessa economia deveriam pertencer a processos coevolutivos, ou seja, com as circunstâncias ecológicas nas quais estão inseridos. A construção de uma economia evolutiva caracteriza a fronteira atual da economia ecológica.

2.14 Economia Evolutiva

A economia evolutiva é um ramo novo da economia que busca mimetizar os processos evolutivos nos processos econômicos. É um campo extremamente novo, onde estão sendo dados os primeiros passos na formação de seu arcabouço teórico. De forma geral, os economistas ecológicos entendem que a ideia de desenvolvimento não basta para gerar estados sustentáveis para as sociedades humanas, é preciso criar uma economia evolutiva.

Para Constanza *et. al* (1991, p.9), a evolução é mais abrangente e mais complexa que o desenvolvimento, por isso o abarca. Evolução, e não o desenvolvimento,

[...] é uma noção que guia ambos os processos, econômico e ecológico [...] Evolução é o processo de mudança em sistemas complexos através da seleção de características transmissíveis.

Hickson (1998, p.801) coloca da seguinte forma:

Há alguns anos tem havido um renovado interesse em ver a economia como um processo dinâmico que é intrinsecamente evolucionário. [...] Seguindo a ampla sugestão de Alfred Marshall de que a economia precisa apreender isso da biologia, podemos restringir nosso

entendimento sobre evolução como sendo o processo em sistemas dinâmicos moldados por padrões de mutação, seleção e hereditariedade³⁷.

O modelo econômico sustentável deveria, então, seguir as leis de um ambiente que se ajusta a partir de graus maiores de liberdade, ou seja, a economia deveria desenvolver-se considerando o ambiente, as leis da física, a entropia, o que remete justamente à ideia de evolução biológica (GEORGESCU-ROEGEN 1975, p.765-773):

O fato de o crescimento econômico envolver não apenas mudanças quantitativas, mas também qualitativas é normalmente ignorado. O entendimento de “crescimento” clama por uma nova abordagem, analítico-fisiológica. [...] Como Schumpeter definiu, desenvolvimento consiste em uma “descontinuidade contínua”, que faz parte da natureza do processo. Estas mudanças consistem em formas inteiramente novas de combinar as forças produtivas e materiais de novos métodos de produção. Inovações mudam a face da economia mundial para sempre, de uma forma irreversível e não revogável (Schumpeter, 1934, p. 58; 1935, pp. 4).[...] Além disso, algo que não pode deixar de ser posto é o fato de que Schumpeter desenvolveu um dos mais fortes argumentos sobre a evolução biológica [...] Biólogos têm tentado de várias maneiras relatar uma direção da evolução através do incremento de eficiência nas formas de vida mais bem sucedidas. Mas essa atrativa ideia colapsou por conta de não haver nenhum critério de objetividade que possa ser encontrado na tentativa de avaliar uma ‘superioridade’ entre as espécies. Espécies são bem sucedidas de diversas maneiras. Economistas também têm sido atraídos pela ideia de que desenvolvimento econômico necessariamente busca estados de maior eficiência, medidos não monetariamente, mas em termos absolutos. Nesse sentido, nós frequentemente entendemos que o progresso tecnológico significa que um maior resultado pode ser obtido através dos mesmos fatores (e.g., Maede 1961, pp. 1, 10). Entretanto a tentativa faliu, e o novo método não apenas eliminou-a como tornou a definição vazia. Schumpeter identificou consistentemente que o desenvolvimento e as novas formas de fazer as coisas associadas com o sucesso inovativo podem apenas incrementar os resultados dentro de uma empresa. À parte desta superioridade pecuniária, o mérito da inovação deriva na maior satisfação dos desejos (Schumpeter, 1934, pp. 68-91). Infelizmente, desejos são notoriamente paroquiais e difíceis de serem comparados historicamente³⁸.

³⁷ In the past few years has been a renewed interest in the viewing economics as a dynamic process that is intrinsically evolutionary. [...] Following the broad suggestion of Alfred Marshall that economics should take its one from biology, we can restrict our consideration of evolutionary or dynamic economic system to those that are shaped by the patterns of mutation, selection and inheritance. [Tradução do autor].

³⁸ The fact that economic growth involves not only quantitative changes but also qualitative transformations is generally ignored. The understanding of growth calls for a new approach, the analytical-physiological. [...] As Schumpeter defined it, development consists of a 'spontaneous and discontinuous' change that comes from within the economic process because of the very nature of that process. This change consists of some entirely new ways of combining the productive forces and materials, briefly, of new methods of production. Such a novelty changes the face of the economic

Corning (1995, p.423) completa:

Tem havido um reconhecimento crescente que o paradigma newtoniano da física não é aplicado nem mesmo na física moderna, quanto mais nas ciências sociais. Neste ponto, Hodson argumenta convincentemente a respeito da economia e da evolução, colocando que a metáfora para a economia, se alguma é necessária, deve ser biológica. A tese não é original, sem dúvida, mas pode ser a melhor maneira de tratar o assunto até agora³⁹.

Mais recentemente economistas ecológicos vêm incorporando novos avanços da teoria evolutiva. O conceito de coevolução vem ganhado espaço (NORGAARD, 1989, 1994; GOWDY, 1994, 1997; NORTON *et. al*, 1998). A ideia de coevolução econômica considera não apenas o processo evolutivo da espécie humana, mas sua interdependência com a natureza. Existem estudos fundamentais de coevolução. O aspecto cultural, físico e genético pode ser visto em Ring (1997), e de desenvolvimento sustentável como um processo evolutivo que considera *feedbacks* entre a transformação econômica e o ambiente pode ser visto em Klaassen e Opschoor (1991). Estudos que utilizam a analogia evolutiva no nível dos sistemas, frequentemente estão ligados ao problema do desenvolvimento econômico.

Norgaard (1984a, 1984b, 1985, 1988, 1994) provê um refinamento dessa analogia coevolutiva. Ele remete aos estudos puramente biológicos como fonte de conhecimento para economia. A coevolução de pássaros e flores no que tange à nutrição, ou ainda, do comportamento de abelhas segundo a distribuição geográfica

world forever, that is, in an irreversible and irrevocable manner (Schumpeter [1934, p. 58, 62-5; 1935, p. 4]). Moreover, one must not fail to note the additional fact that Schumpeter developed his argument on lines followed by the most stringent arguments about biological evolution. [...] Biologists have variously tried to relate the direction of biological evolution to increased efficiency, to increasingly more successful forms of life. But this attractive idea collapsed because no objective criterion of any kind could be found for evaluating the superiority of a biological species; species are successful in quite diverse ways. Economists have also been attracted by the Idea that economic development necessarily means greater efficiency, measured not in money, but in some absolute terms. Accordingly, we often read that technological progress means that a larger output can be obtained from the same given factors (e.g., Meade [1961, pp. 1, 10]). However, unless some plain waste (say, keeping a furnace burning when not necessary) exists and all the new method does is to eliminate it, the definition is vacuous. The same factors (in quantity and quality) may only produce either the same amount of output as before or, perhaps, a different product, physically non comparable with the previous one. Schumpeter carefully avoided the pitfall. He consistently identified development only with new ways of doing things and associated a successful innovation only with an increase in the receipts of an enterprise. Apart from this pecuniary superiority, the merit of an innovation derives from a greater satisfaction of wants (Schumpeter [1934, pp. 68, 91]). Unfortunately, wants are notoriously parochial and also hard to compare historically. [trad. do autor]

³⁹There has been a growing recognition that a scientific paradigm based on Newtonian physics is not even applicable to modern physics, much less the social sciences. In its place, as Hodgson argues compellingly in *Economics and Evolution*, the appropriate metaphor for economics, if one is necessary, should be biological. His thesis is not original, of course, but it may well be the very best treatment of the subject to date. [trad. do autor]

de plantas floridas, da defesa bioquímica de plantas e a imunidade dos insetos que com elas convivem... Segundo Norgaard, inúmeros aspectos de interação próxima entre espécies e entre subcomponentes de ecossistemas, podem ser vistos como interações de *feedback* entre sistemas e podem ser inclusos nos modelos de coevolução social da economia.

Ruth (1996) explica do seguinte modo:

Toda mudança, física, química, biológica ou econômica é acompanhada de fluxos de energia. [...] Quando o processo ocorre, a disponibilidade de energia útil decresce. Esta degradação na qualidade da energia é postulada pela segunda lei da termodinâmica. Entropia é o conceito mais utilizado quando se mede esta mudança na qualidade da energia. [...] A necessidade dos sistemas vivos em competir por baixa entropia, já foi reconhecida por Boltzmann (1886) e discutida em maiores detalhes por SCHRÖDINGER (1944) [...] ⁴⁰.

Portanto, a busca por entropia negativa é um denominador comum entre os agentes da ecologia e da economia. Finalmente, Ruth, (*ibden.* P.134), adentra no cerne do problema:

O efeito em rede é de declínio da entropia total. Sistemas que trocam massa ou energia com seus ambientes e temporariamente mantêm a si mesmos em um estado fora do equilíbrio termodinâmico, e que reduzem internamente o nível de entropia e são chamados '*non-equilibrium systems*' (sistemas fora do equilíbrio). [...] Pode a termodinâmica prover medidas nas mudanças materiais e energéticas do processo econômico indicando um processo evolutivo? De que forma isso pode ser quantificado sendo ainda significativamente válido? Os conceitos de informação e conhecimento podem ser definidos pela perspectiva termodinâmica e ligados ao fluxo material das fontes de energia usadas na economia. Há um conhecimento geral que equipara mudanças na qualidade das externalidades, na tecnologia e mesmo em características socioeconômicas que são concomitantes com a evolução econômica. [...] Nas encruzilhadas da biologia e da física, encontram-se fluxos de matéria, energia e informação, através de vários níveis de organização, que são essenciais para a geração de conhecimento e evolução de um sistema. Conceitos da física podem ajudar a entender a contribuição material energética e informativa do processo evolutivo. Entretanto, as descrições que a física pode prover são

⁴⁰ All change, whether physical, chemical, biological, or economic, is accompanied by energy flows. [...] As a process occurs, the energy's ability to do useful work is reduced. This degradation in the quality of energy is captured by the second law of thermodynamics. Entropy is the concept most frequently invoked when measuring this change in energy quality [...] The need of living systems to compete for low entropy was already recognized by Boltzmann (1886) and discussed in more detail by Schrödinger (1944).

básicas. Para que se acesse a contribuição do fluxo de informação e de conhecimento da evolução na produção, consumo e controle de estruturas são precisos estudos de caso. Como competem às analogias, elas não provêm o rigor necessário para transformar a economia evolutiva em uma ciência e não podem substituir médias e modelos⁴¹.

2.15 Sustentabilidade

No processo inicial de definição do conceito de desenvolvimento sustentável, caracterizaram-se duas correntes majoritárias. Uma dando origem a definições baseadas em modelos biológicos e ecossistêmicos e outra criando definições a partir de aspectos sociais e tecnológicos de nossa civilização. A primeira corrente de pensamento, de fundamento ecológico, procurou garantir prioritariamente a manutenção da vida natural e da biodiversidade. A segunda apoiou-se no desenvolvimento técnico da humanidade, e centrou-se no progresso como meio para superar os desafios socioambientais. Por um lado, os ecólogos tenderam a negar, como um fator de sustentabilidade, a possibilidade de crescimento econômico ilimitado viabilizado pela da tecnologia, por outro, os economistas mais tradicionais viram no crescimento econômico e tecnológico a única maneira de conduzir a sociedade a um estado de sustentabilidade. Uma tentativa de síntese dessa dialética veio com a definição de desenvolvimento sustentável de Brundtland. Os formuladores do conceito de desenvolvimento sustentável da Comissão Brundtland optaram por aceitar a ideia de crescimento econômico moderado sob a justificativa da inclusão social (SACHS, 2006).

A definição de Brundtland que postula sustentabilidade como “O desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (WCED, 1987), é uma

⁴¹ The net effect is a decline in total entropy. Systems that exchange mass or energy with their surroundings and temporarily maintain themselves in a state away from thermodynamic equilibrium and at a locally reduced level of entropy are called non-equilibrium systems. [...] Can thermodynamics provide measures of change in material and energy inputs and economic output that are indicative of evolutionary processes? At what resolution is such a quantification valid and meaningful? The concepts of information and knowledge can be defined from a thermodynamic perspective and linked to the material and energy sources used in an economy. They are general enough to encompass changes in output quality, technology, even in socio-economic characteristics that are concomitant with economic evolution. At the crossroads of biology and physics lies the insight that flows of material, energy, and information at and across various levels of system organization are essential for the generation of knowledge and evolution of a system. Concepts from physics can help assess the contribution of material, energy, and information flows to the evolutionary process. However, the descriptions physics can provide are basic. To be able to assess the contribution of information flows and knowledge to the evolution of production, consumption, and control structures in the economy requires evolutionary economics to engage in non-deterministic modeling, experimentation, and indepth case studies. As compelling as analogies may seem, they do not provide the rigor to develop evolutionary economics into a science and cannot be substitutes for measurements and models.

definição vazia por não estipular limites na medida em que não define a que necessidades se refere. No capitalismo de mercado as necessidades variam de baldes de água a aeronaves particulares a jato.

Não obstante, este conceito vem sendo rigorosamente criticado, visto que tem sido apropriado para justificar uma expansão ilimitada da economia com a respectiva destruição de habitats.

Gowdy e McDaniel (1995) concordam que existe um conflito fundamental entre o crescimento da economia e os sistemas biofísicos. O problema da capacidade de suporte da biosfera e do crescimento econômico também aparece em trabalhos de Ekins (1993), Goodland and Daly (1993), Kaufmann (1995), Martinez-Alier (1995), Wetzal and Wetzal (1995), de Bruyn and Opschoor (1997), Lunney *et. al* (1997) e Ricker (1997).

Boulding (1966) e Georgescu-Roegen (1971) mostraram que a óptica da economia neoliberal desconsidera o ambiente natural no seu regime de funcionamento. O impacto indesejável da economia humana sobre a biodiversidade pode ser observado na incapacidade do planeta em absorver o crescimento econômico (GOWDY e CARBONELL, 1999). Norgaard defende que a noção de “limite” na economia é um avanço importante em detrimento da ideia de não haver “limite” para o crescimento econômico. E a questão da escala da economia é uma ideia que põe em confronto a evolução dos mercados e o processo evolutivo natural (GOWDY and McDANIEL, 1995; NORTON, 1995; RING, 1997; LUKS, 1998). O problema da biodiversidade é visto como um fator-chave para evolução e coevolução dos sistemas socioeconômicos (KLAASSEN e OPSCHOOR, 1991; NORGAARD, 1995). Sendo assim, há uma economia completamente nova para ser construída, uma economia evolucionária de base biomimética, conforme defendem Benyus (2002) e Hawken *et. al* (1999).

O primeiro conceito de sustentabilidade e crescimento material da economia tem se mostrado insuficiente para resolver os desafios impostos na área ambiental. Por ser impreciso, abre espaço para uma permissividade que tem degradado os ecossistemas, comprometendo a existência da biodiversidade e o processo evolutivo. Não é uma definição satisfatória em relação às necessidades teóricas impostas pela economia evolutiva.

Uma segunda definição, mais próxima de atender às imposições de uma

economia evolutiva é oriunda das escolas conservacionistas e foi referida por Mauro (1994):

A WCS (Estratégia de Conservação Mundial) colocou um dos primeiros protocolos de conservação biológica, denominado: “Conservação de recursos vivos para o desenvolvimento sustentável”. Claramente atestava três requerimentos: (1) Manutenção dos processos ecológicos que sustentam a produtividade, adaptabilidade e capacidade para regeneração e renovação de plantas, animais, solos e águas; (2) Manutenção da biodiversidade, variedade da vida e suas formas, e; (3) Manutenção dos recursos biológicos garantindo taxas de retirada não maiores que as taxas de regeneração⁴².

Esta segunda definição coloca a continuidade da vida acima dos interesses humanos em garantir recursos, e, nesse aspecto, é uma definição que preza a garantia da biodiversidade. Tal aspecto é fundamental do ponto de vista entrópico, especialmente no que concerne à criação de espécies que poderão incorporar as externalidades da biosfera nos ciclos biogeoquímicos. A ligação entre a economia humana e a economia natural desta definição se dá na terceira condição, onde “as taxas de retiradas [da natureza] não são maiores que as taxas de regeneração”. No entanto, a economia humana e a economia natural ainda são vistas em regime de oposição, de modo que a visão acerca da natureza continua a ser “um estoque recursos” a ser explorado pelo ser humano.

Uma terceira definição foi postulada por Constanza et. al (1991):

Sustentabilidade é uma relação entre sistemas humanos dinâmicos e sistemas ecológicos maiores, normalmente de mudança mais lenta, na qual: (1) a vida humana pode continuar indefinidamente; (2) Os indivíduos humanos podem florescer, e (3) as culturas humanas podem se desenvolver. Mas cujos efeitos das atividades humanas se mantêm dentro de limites, de modo a não destruir a diversidade, complexidade e função ecológica do sistema de suporte à vida⁴³.

⁴²The world conservation strategy (WCS) is one such framework drawing primarily on conservation biology, it is in fact, subtitled ‘living resource conservation’ for sustainable development. It clearly states three main requirements: (1) maintain the ecological process that sustain the productivity, adaptability and capacity for regeneration and renewal of plants, animals, soils and waters; (2) to maintain biodiversity, the variety of life in all its forms; and (3) to maintain biological resources by ensuring rates of harvest that are not greater than rates of regeneration.

⁴³ Sustainability is a relationship between dynamic human economic systems and larger dynamic, but normally slower changing ecological systems, on with: (1) Human life can continue indefinitely; (2) Human individuals can flourish; and (3) human cultures can develop. But in with effects of human

É um conceito mais sofisticado visto que além da garantia da integridade dos ecossistemas ele remete à ideia de tempo, e aponta para a necessidade de coexistência entre os sistemas humanos e os ecossistemas naturais. É um conceito interessante do ponto de vista operacional e foi adotado nessa pesquisa para geração do modelo conceitual.

Sachs (2006, p. 82) contribui nessa linha da seguinte forma:

O ciclo ecológico apresenta-se aqui como um verdadeiro modelo para o sistema econômico. Não se trata, como pretendem alguns, de salvaguardar a todo custo os ecossistemas naturais, mas de conceber os sistemas artificiais criados pelo homem como verdadeiros ecossistemas e de zelar para que a inserção dos mesmos nos ciclos ecológicos gerais se faça de forma a não alterar estes últimos.

O conceito de Sachs é interessante, pois defende a inserção dos sistemas econômicos nos ecossistemas naturais. A tarefa de ligação entre as atividades humanas e naturais é o que abre a possibilidade de um regime evolutivo comum entre o ser humano e a natureza.

Diegues (1994) segue na mesma linha conceitual e mostra que já foram identificadas dinâmicas econômicas de culturas tradicionais que contribuem sincronicamente no processo evolutivo:

O mito moderno da natureza intocada ignora os interesses dos povos da floresta que, frequentemente, contribuem com as suas atividades para conservação e, até mesmo, para o enriquecimento da biodiversidade (Diegues, 1994).

As contribuições de Sachs e de Diegues são uma tentativa de aproximar os polos na dicotomia ser humano-natureza, e instaurar uma nova possibilidade de pensamento no que tange à formulação do conceito de sustentabilidade. De “espoliador moderado” da natureza, o ser humano passaria a ser participante dela, favorecendo a criação de um regime coevolutivo de fato.

A proposição de Sachs e Diegues possibilita a formulação de um conceito de sustentabilidade que pode atender às demandas teóricas da economia evolutiva. Nessa mesma linha pode-se citar a definição de Kluwer (1989, p. 176).

Desenvolvimento econômico sustentável requer a aplicação de um método de análise econômico-ecológico integrado [...] é sabido que abordagens integradas envolvem a elaboração de métodos, técnicas e ferramentas para uma avaliação coesa, em compasso com valores e objetivos ambientais e socioeconômicos em conjunto.⁴⁴

A tarefa de construir um modelo conceitual que abrangesse os aspectos humanos e naturais em conjunto foi assumida ao longo desse trabalho. A busca da sustentabilidade cujos fundamentos até então foram expostos foi empreendida através de uma abordagem complexa, que envolveu a Teoria Geral dos Sistemas e a *Stakeholder Analysis*. Entretanto, optou-se a criar um modelo conceitual que unisse variáveis sociais e naturais em um primeiro momento. As implicações dinâmicas e evolutivas não fizeram parte das preocupações dessa pesquisa

O método proposto para construção do modelo conceitual teve como característica a geração de uma visão holística do objeto estudado, e embora o modelo não faça alusões ao processo evolutivo na relação economia/sociedade e natureza, o modelo gerado expõe os sistemas que compõe essa relação de maneira integrada.

⁴⁴ Sustainable economic development requires the application of an integrated economic-ecological method and analysis [...] are concerned the integrative approach involves the design of methods, techniques and tools for a cohesive evaluation, encompassing both environmental and socio-economic values and objectives.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Revisão bibliográfica

3.1.1 Complexidade em ciência

Nos últimos cinquenta anos, a ciência ocidental passou por transformações consideráveis, visto que, de seu caráter positivista e determinista, foi gradualmente assumindo problemas de maior complexidade, cujas soluções apresentaram graus de incerteza crescentes (NICOLIS e PRIGOGINE, 1989; PRIGOGINE e STENGERS, 1984). O reconhecimento de que um objeto estudado sofre influência de múltiplos fatores ambientais raramente controláveis, fez emergir uma complexidade epistemológica até então não percebida do ponto de vista fenomenológico, conforme aponta Gleick (1987). Na obra “As aventuras da epistemologia ambiental”, Leff (2004) mostra esse processo, através do qual parte da ciência ocidental passou de uma perspectiva reducionista para uma perspectiva sistêmica.

Segundo Solé e Goodwin (2000) a atenção dos cientistas, ao invés de se debruçar sobre as relações diretas de causa e efeito e buscar o controle total dos objetos estudados, voltou-se para entender e aperfeiçoar o comportamento complexo destes objetos. Para esses dois autores a complexidade pode ser identificada pelas seguintes características: (1) auto-organização, (2) dificuldade de predição, e, (3) emergência de qualidades não analiticamente tratáveis nem existentes nos componentes isolados sem a interação sob análise.

O estudo dos Sistemas Sócio-ecológicos e o intrínseco problema da sustentabilidade que deles faz parte requerem o arcabouço científico da complexidade, visto que, tanto a tarefa de definição conceitual de sustentabilidade, quanto a tarefa de operacionalização empírica do conceito, exigem uma abordagem complexa tal como ressalta Leff (2002).

3.1.2 Definição operacional de sustentabilidade

A problemática acerca da definição de sustentabilidade, assim como a relação que existe entre a sustentabilidade e a complexidade foi descrita, entre outros, por Santos (2012) e aponta pontos comuns entre as diversas definições.

Dentre as definições consultadas na literatura, as quatro que poderiam se enquadrar nas necessidades dessa pesquisa são as que seguem, conforme já foi descrito no capítulo anterior. Uma primeira definição seria: “O desenvolvimento que satisfaz às necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (WCED, 1987).

Uma segunda definição é referida por Mauro (1994):

A WCS –World Conservation Strategy (Estratégia de Conservação Mundial) colocou um dos primeiros protocolos de conservação biológica, denominado: “Conservação de recursos vivos para o desenvolvimento sustentável”. Claramente atestava três requerimentos: (1) manutenção dos processos ecológicos que sustentam a produtividade, adaptabilidade e capacidade para regeneração e renovação de plantas, animais, solos e águas; (2) manutenção da biodiversidade, variedade da vida e suas formas e (3) manutenção dos recursos biológicos garantindo taxas de retirada não maiores que as taxas de regeneração⁴⁵.

Sachs (2006, p. 82) propõe uma terceira definição:

O ciclo ecológico apresenta-se aqui como um verdadeiro modelo para o sistema econômico. Não se trata, como pretendem alguns, de salvaguardar a todo custo os ecossistemas naturais, mas de conceber os sistemas artificiais criados pelo homem como verdadeiros ecossistemas e de zelar para que a inserção dos mesmos nos ciclos ecológicos gerais se faça de forma a não alterar estes últimos.

Uma quarta definição, oriunda da economia-ecológica, foi proposta por Constanza et al. (1991, p.9) e mostra-se, finalmente, como a definição mais adequada para operacionalização do presente trabalho:

Sustentabilidade é uma relação entre sistemas humanos dinâmicos e sistemas ecológicos maiores, normalmente de mudança mais lenta, na qual: (1) a vida humana pode continuar

⁴⁵The world conservation strategy (WCS) is one such framework drawing primarily on conservation biology, it is in fact, subtitled ‘living resource conservation’ for sustainable development. It clearly states three main requirements: (1) maintain the ecological process that sustain the productivity, adaptability and capacity for regeneration and renewal of plants, animals, soils and waters; (2) to maintain biodiversity, the variety of life in all its forms; and (3) to maintain biological resources by ensuring rates of harvest that are not greater than rates of regeneration. [trad. do autor]

indefinidamente; (2) os indivíduos humanos podem florescer e (3) as culturas humanas podem se desenvolver. Mas cujos efeitos das atividades humanas se mantêm dentro de limites, de modo a não destruir a diversidade, complexidade e função ecológica do sistema de suporte a vida⁴⁶.

3.1.3 Sustentabilidade e complexidade

Para Manson (2001) e Manson e O'Sullivan (2006), os problemas científicos que envolvem a temática da complexidade, carecem de um campo conceitual de trabalho mais bem definido e de métodos empíricos, dado que seus enfoques ontológico e epistemológico ainda estão em formação. Nesse sentido, Kluwer (1989, p.176) aponta a necessidade da construção de métodos de análise de sistemas para geração de sustentabilidade:

O desenvolvimento econômico sustentável requer a aplicação integrada de métodos de análise econômico-ecológica [...] é sabido que uma abordagem integrativa envolve a construção de métodos, técnicas e ferramentas para um a avaliação coesa, sincronizando conjuntamente valores e objetivos ambientais e socioeconômicos⁴⁷.

Finalmente, Leff (2004) defende que a sustentabilidade está intimamente ligada à complexidade, e que ambos os saberes (sustentabilidade e complexidade) podem ser articulados através da teoria geral dos sistemas.

3.1.4 Teoria Geral dos Sistemas

A Teoria Geral dos Sistemas proposta por Bertalanffy (1975; 1981; 2008) Bertalanffy *et. al* (1987) e Ashby (1956) é uma abordagem que em seu arcabouço teórico uniu o empirismo biológico, a linguagem matemática não linear e a filosofia da *Gestalt* na tentativa de representar o mundo através de sistemas e suas relações. A implicação imediata dessa abordagem é uma apreensão holística dos fenômenos. A Teoria Geral dos Sistemas é, segundo Warren *et. al* (1988), uma ferramenta para o estudo dos problemas complexos. De fato, a abordagem de sistemas criou a

⁴⁶ Sustainability is a relationship between dynamic human economic systems and larger dynamic, but normally slower changing ecological systems, on with: (1) Human life can continue indefinitely; (2) Human individuals can flourish; and (3) human cultures can develop. But in with effects of human activities remains within bounds, so as to (not) destroy the diversity, complexity and function of the ecological life support system. [trad. do autor]

⁴⁷ Sustainable economic development requires the application of an integrated economic-ecological method and analysis [...] are concerned the integrative approach involves the design of methods, technics and tools for a cohesive evaluation, encompassing both environmental and socio-economic values and objectives. [trad. do autor]

possibilidade de se representar em uma mesma linguagem científica objetos antes separados por fronteiras disciplinares e, dessa maneira, tornou-se possível também tratar problemas cujos componentes se relacionam em diversas hierarquias de complexidade (BECHT, 1974).

3.1.5 Definição de sistema e de classes hierárquicas

Sistema é um conjunto de elementos relacionados cujas propriedades não são encontradas em suas partes isoladas. Ou seja, os sistemas são constituídos por componentes que apresentam propriedades emergentes ao se relacionarem, conforme Bertalanffy (2008, p. 84):

Um sistema pode ser definido como um complexo de elementos em interação. A interação significa que os elementos p estão em relações R , de modo que o comportamento de um elemento p em R é diferente de seu comportamento em outra relação R' . Se os comportamentos em R e R' não são diferentes não há interação, e os elementos se comportam independentemente com respeito às relações R e R' .

Para melhor entender-se a ideia do que vem a ser um sistema, Bertalanffy (2008, p. 82) propõe o seguinte exercício: Que se imaginem três séries de pontos, nas categorias a e b . Estes pontos constituintes podem representar átomos, moléculas ou mesmo estruturas vivas organizadas. Conforme ilustra a figura 5:

Figura 5 - Séries de pontos diferentemente organizados

Fonte: Bertalanffy (2008, pg.82)

No caso (1) o complexo de elementos pode ser entendido como a soma dos elementos. Ou seja, mesmo considerados em conjunto, suas qualidades individuais não se alteram. Ao serem somados, muda-se apenas a sua razão quantitativa. No caso (2), há um elemento diferente e dissociado, mas mesmo sendo considerado em conjunto com os outros, novamente, mantêm inalteradas suas qualidades individuais. No caso (3), as relações entre os elementos diferem. Não basta

conhecer os elementos como nos casos 1 e 2. É preciso entender o tipo de relação que eles estabelecem entre si para poder inferir os fenômenos gerados por eles. Como no caso do carbono e do hidrogênio, que isolados não possuem características emergentes, mas que quando combinados podem dar origem a milhares de compostos orgânicos com propriedades químicas e físicas diversas. A questão fundamental para entendimento da ideia de sistema consiste no fato de que ao se relacionarem, as partes de um complexo criam novas características que não são encontradas nas partes isoladas. Daí surgir a expressão de que, no sistema, “o todo é mais que a soma das partes”. Nesse caso, não é possível conhecer acerca de um sistema senão considerando-o em sua totalidade, ou ao menos, uma delimitação ampla e arbitrária sobre ele. A apreensão de um sistema deve ser instantânea e total. Não é suficiente conhecer todas as partes numa série temporal. É preciso reconhecer sua totalidade existencial.

Por ser uma construção conceitual, sistemas podem ser identificados em diversas dimensões da realidade conforme ilustra o Quadro 1, apresentado por Bertalanffy (2008, p. 52). O quadro mostra diferentes classes de sistemas em níveis hierárquicos e descreve algumas de suas características fundamentais.

A Teoria Geral dos Sistemas constituiu uma das bases conceituais para formulação do conceito moderno de ecossistema. Vale lembrar que um ecossistema emerge da interação entre diversos sistemas conectados (BERTALANFFY, 2008; ABRAHAM *et. al*, 1992).

Nível	Descrição e exemplos	Teoria e modelos
Estruturas Estáticas	Átomos, moléculas, cristais, estruturas biológicas do nível da microscopia eletrônica até o nível macroscópico.	Por exemplo, fórmulas estruturais da química: cristalografia; descrições anatômicas.
Relojoaria	Relógios, máquinas convencionais em geral, sistemas solares.	Física convencional, tal como as leis da mecânica (newtoniana e einsteiniana) e outras.
Mecanismo de controle	Termostato, servomecanismos, mecanismo homeostático nos organismos.	Cibernética; retroação e teoria da informação.
Sistemas abertos	Chama, células e organismos em geral	(a) Expansão da teoria física e sistemas que se mantêm em um fluxo de matéria (metabolismo) (b) Armazenagem da informação no código genético (ADN)
Organismos inferiores	Organismos “vegetais”: crescente diferenciação do sistema (a chamada “divisão do trabalho” no organismo); distinção entre o indivíduo reprodutivo e o funcional (“sucesso do germe e soma”).	Quase total ausência de teoria e modelos
Animais	Crescente importância da circulação de informações (evolução de receptores, sistemas nervosos); aprendizagem; começos da consciência.	Começos da teoria dos autômatos (relações E-R), retroação (fenômenos reguladores), comportamento autônomo (oscilações amortecidas) etc.
<i>Homo sapiens</i>	Simbolismo; passado e futuro, individualidade e mundo, autoconsciência, etc.	Incipiente teoria do simbolismo

Quadro 1 - Hierarquia de sistemas (continua)

Nível	Descrição e exemplos	Teoria e modelos
Sistemas Socioculturais	Populações de organismos (inclusive humanos); comunidades determinadas por símbolos (culturas) somente no ser humano.	Leis estatísticas e possivelmente dinâmica na dinâmica das populações, na sociologia, na economia e possivelmente na história. Começos de uma teoria dos sistemas culturais
Sistemas Simbólicos	Linguagem, lógica, matemática, ciências, arte, moral etc.	Algoritmos de símbolos (por exemplo), matemática, gramática: “regras do jogo” tais como nas artes visuais, na música etc.

Quadro 1 - Hierarquia de sistemas (conclusão)

Fonte: Bertalanffy (2008, p.52)

Para esse trabalho uma adaptação operacional do quadro 1 é proposta no quadro 2.

Nível	Descrição	Exemplo
Sistemas Estáticos	Átomos, moléculas, cristais, estruturas biológicas do nível da microscopia eletrônica até o nível macroscópico.	Metais pesados na água, fósforo, poluentes em geral. Pneus, embalagens plásticas etc.
Sistemas Mecânicos	Máquinas convencionais em geral.	Automóveis, máquinas de dragagem, máquinas industriais etc.
Sistemas Orgânicos	Populações de seres vivos impactados biologicamente.	Mosquitos, ratos, bactérias anaeróbias etc.
Sistemas Sociais	<i>Stakeholders</i> , instituições burocráticas.	Empresas, organizações políticas, sociais etc.
Sistemas Simbólicos	Aspectos culturais no ideário humano.	Percepção estética do rio, predisposição em mudanças de comportamento, opinião pública, etc.

Quadro 2 - Classificação de sistemas para modelagem conceitual de Ecossistemas Humana

Fonte: Elaborado para o presente trabalho

3.1.6 Ecossistemas

Ecossistema é uma palavra de origem grega, “eco” do grego *oikos*, que significa “casa”, e *sistemiun*, que significa “conjunto de elementos interconectados”. Em termos científicos, o termo ecossistema denota o conjunto formado por seres vivos e aspectos abióticos em mútua interação, representados de forma sistêmica, ou seja, conectados entre si. Segundo Odum (1988, p.9), pode-se definir ecossistema da seguinte forma:

Chamamos de sistema ecológico ou ecossistema qualquer unidade (biossistema) que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto (a comunidade biótica) numa dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas.

A figura 6 ilustra o modelo de um ecossistema:

Figura 6 - Modelo de Ecossistema. Legenda - H: Heterótrofos; S: *storages* (depósitos); A: Autótrofos

Fonte: ODUM (1988, p.10)

3.1.7 Ecossistemas Humanos

Os ecossistemas humanos são ecossistemas formados pela interação entre os sistemas humanos e os sistemas naturais. Nesse sentido, os ecossistemas humanos podem ser entendidos como ecossistemas acoplados, ou ainda como sistemas sócio-ecológicos propostos por Ostrom (2007). Nos ecossistemas humanos (ou sistemas sócio-ecológicos) soma-se à problemática ontológica dos ecossistemas naturais, a questão dos aspectos culturais no que tange à relação da nossa espécie com o meio biótico e abiótico (KORMONDI e BROWN, 2002).

Pelo fato dos seres humanos possuírem função simbólica (PIAGET, 1970; PIAGET e INHELDER, 1978) e produzirem cultura (HARDESTY, 1977; STEWARD, 1938; STEWARD, 1955; VIERTTEN, 1988), aos seres humanos é atribuída a capacidade de construir artefatos e mobilizar energia exossomaticamente⁴⁸ (LOTKA, 1922). Dada essas três atribuições, os seres humanos criam artefatos que possibilitam a percepção e o manejo do ambiente em escalas dimensionais não acessíveis aos seus sentidos puramente endossomáticos⁴⁹ (cinco sentidos) (MORAN, 1994; KORMONDY, 2002; MOLINA *et. al*, 2007). Quer-se dizer que o ser humano, através da capacidade de representar o mundo subjetivamente, consegue intervir na realidade desde uma perspectiva microscópica até uma perspectiva macroscópica. Nesse sentido a hierarquia de complexidade com a qual o ser humano percebe a realidade é um aspecto importante para o impacto ambiental de suas ações.

Por isso, os ecossistemas humanos são compostos por sistemas que podem pertencer a todas as categorias de sistemas propostas por Bertalanffy (ver quadro 1).

Newell *et. al.* (2005, p.304) elucida com precisão o ponto aqui abordado:

Um dos principais desafios em se estudar sistemas humanos e naturais acoplados é entender as interações entre fenômenos que ocorrem em escalas temporais e espaciais diferentes. Em sistemas hierárquicos, existe uma correlação direta entre escala e nível organizacional. O acoplamento entre as partes de um sistema hierárquico pode ser muito mais complexo – particularmente quando a percepção e intervenção estão envolvidas (Alexander, 1965;

⁴⁸ Capacidade que o ser humano possui de mobilizar energia para além dos limites do próprio corpo.

⁴⁹ Limitados ao próprio organismo.

Kontopoulos, 1993; Crumley, 2003). Ademais, nossa habilidade para construir modelos integrados com poder de explicação adequado depende diretamente do nosso entendimento dos aspectos de organização e escala.

Vale criar um exemplo hipotético para ilustrar a problemática dos estudos de ecossistemas humanos (sistemas sócio-ecológicos). Pretendendo-se realizar um estudo da qualidade do ar de uma região habitada por seres humanos, pode ser necessário estudar junto com o regime de ventos (sistema abiótico) e a tolerância orgânica à poluição (sistema orgânico); a legislação ambiental (sistemas sociais), e a cultura de mobilidade urbana (sistemas simbólicos); os carros (sistemas mecânicos) envolvidos na problemática que por sua vez carburam moléculas de gasolina (sistemas estáticos).

Considerando-se a dinâmica complexa dessas interações, a teoria geral dos sistemas, através de um enfoque transdisciplinar e multidimensional, mostra-se como uma ferramenta teórica útil para o entendimento de ecossistemas nos quais interagem sistemas sócio-ecológicos.

Li An (2012, p.25) comenta:

Sistemas humanos e naturais usualmente são estudados de forma separada, ou tendo os sistemas humanos como sistemas limitados por entradas e saídas dos sistemas naturais (normalmente incluindo o ambiente físico e o ecossistema correspondente), ou apenas como sistemas naturais sendo sujeitos a distúrbios de origem antrópica. Esse abismo entre sistemas naturais e humanos tem dificultado uma melhor compreensão da complexidade (i.e. retroalimentação, não linearidade e gatilhos, heterogeneidade e lapsos de tempo) em sistemas humanos e naturais acoplados (CHANS– Coupled Human and Natural Systems⁵⁰, LIU *et. al*, 2007). Este contexto tem possibilitado o crescimento de pesquisas teóricas e empíricas no esforço de se estudar SHNA - Sistemas Humanos e Naturais Acoplados (CHANS). [...] Análises sintéticas dos esforços de pesquisa têm revelado a característica transdisciplinar e multidimensional dos estudos empíricos de sistemas humanos e naturais acoplados (BIAN, 1997; WALSH *et. al*, 1999; MANSON, 2008)⁵¹.

⁵⁰ CHANS – Coupled Human and Natural Systems

⁵¹ Human-nature systems used to be studied in separation, either as human systems constrained by or with input from/output to natural systems (usually including the physical environment and the corresponding ecosystem), or as natural systems subject to human disturbance. This chiasm between natural and human systems, has hindered better understanding of complexity (e.g., feedback, nonlinearity and thresholds, heterogeneity, time lags) in coupled human and natural systems (CHANS; Liu *et. al*, 2007). This context has given rise to many theoretical and empirical research efforts in studying CHANS (Coupled Human and Natural Systems) [trad. do autor].

Para Grant e Thomson (1997) e Grant *et. al* (2002), a Teoria Geral dos Sistemas provê uma base filosófica comum sobre a qual sociólogos e ecólogos podem se comunicar, configurando-se assim como uma ferramenta potencialmente útil para modelar sistemas humanos e naturais acoplados, ou ainda, sistemas sócio-ecológicos.

Essas hierarquias são comparáveis àquelas propostas por Bertalanffy no quadro 1, e mostram que estudos desse tipo apresentam características transdisciplinares.

3.1.8 Stakeholder Analysis

Sendo o estudo dos sistemas sócio-ecológicos um problema complexo e transdisciplinar, Anderson *et. al* (2012) propõem que a participação de diversos *stakeholders* ou ainda a consulta a especialistas de áreas diversas do conhecimento só traz benefícios para o entendimento dos sistemas sócio-ecológicos.

Stakeholders, nesse contexto, são os indivíduos ou grupos de indivíduos (de diversas áreas do saber) que podem influenciar ou ser influenciados em interações mútuas de um sistema organizado (FREEMAN, 1984; FROOMAN, 1999; GOODPASTER, 1991; WEISS, 1998).

Almeida (2005) define transdisciplinaridade da seguinte forma:

[...] trata-se do efeito de uma integração das disciplinas de um campo particular sobre a base de uma axiomática geral compartilhada. Baseada em um sistema de vários níveis e com objetivos diversificados, sua coordenação é assegurada por referência a uma finalidade comum, com tendência à horizontalização das relações de poder. Implica criação de um campo novo que idealmente desenvolverá uma autonomia teórica e metodológica perante as disciplinas que o compõem.

3.1.9 Necessidades ontológicas dos estudos de Sistemas Sócio-ecológicos

Considerando-se a complexidade inerente aos sistemas sócio-ecológicos é notório que existe uma limitação para apreensão de todos os componentes e interações que dele fazem parte (CHRISTOFOLETTI, 1999). Cabe notar que são deveras complexos para que se possa compreendê-los em sua totalidade. Nesse sentido, é necessário que se construam modelos que facilitem a geração de conhecimento sobre esses (ODUM e ODUM, 2000).

O ser humano está imerso em um mundo complexo, de pistas confusas sobre sua cabeça, ameaçando-o tanto psicológica quanto fisicamente. Seu papel mais refinado no sistema planetário pode ser tornar-se seu timoneiro - se ele puder aprender a recortar a infinidade de detalhes que seu conhecimento tem posto à sua disposição e "ver" a essência das interações ser humano-natureza. [...] A tese aqui é que a complexidade deve ser reduzida ao essencial, se a complexidade se apresenta como um impedimento para se enxergar a forma correta de agir, e isso significa modelagem⁵² (ODUM, 1976).

Normalmente, o processo de modelagem parte da identificação de variáveis que constituem o sistema, conforme colocam Gomes e Varriale (2001). O processo de modelagem, portanto, consta em se identificar variáveis em um sistema e inferir suas relações mútuas a fim de definir-se a morfologia que constituirá o modelo.

3.1.10 Modelos: Origem e definição

Na tarefa de se entender um sistema sócio-ecológico, somos imersos em um oceano de informações que nossa inteligência precisa classificar e organizar. Esse desafio é descrito de forma abrangente por Whorf (1941, p.229) da seguinte forma:

As categorias e tipos que isolamos no mundo dos fenômenos, não os encontramos ali porque nos olham de frente; pelo contrário, o universo nos é apresentado num fluxo caleidoscópico de impressões que devem ser organizadas por nossa inteligência.

Perante esse desafio de compreensão e organização do mundo, a cognição humana tende a criar simplificações abstratas daquilo que os sentidos captam. Em um sentido *lato*, modelos são representações simplificadas da realidade criadas pela cognição humana, seja qual for o objeto observado. Para Sayão (2001), a existência de modelos está justamente na impossibilidade cognitiva de descrever objetos com perfeição, ou seja, esgotar as possibilidades de observação de uma realidade dada.

Não sendo transparente ao ser humano, o mundo se lhe apresenta como um permanente desafio à sua descrição e é essa limitação filosófica da percepção que permite e exige o aparecimento de modelos. Sayão (2001) coloca ainda que, na busca de novos conhecimentos, o ser humano não apenas identifica os fenômenos do mundo através de sensações. Ou seja, não somente através de manifestações

⁵² Man is ebbed in a complex world of confusing cues threatening to overwhelm him psychologically as much as physically. His finest role in the mechanism of this planet may be to become its steersman - if he can learn to cut through the plethora of detail his knowledge has brought and "see" the essence of man-nature interactions. [...] The thesis here is that complexity must be reduced to essentials if complexity is to be overcome as an impediment to understand and correct action, and this means modeling [trad. do autor].

imediatas, mas recorre à reflexão sobre o conhecimento acumulado, abstrato e simbólico, o que permite a formulação de hipóteses e a estruturação de modelos. O conhecimento abstrato, dessa maneira, seleciona entre uma imensa variedade de formas e estruturas, as de maior relevância, elaborando assim descrições adequadas à compreensão.

Capra (1983) faz a seguinte observação no tocante à relação existente entre a ciência e a construção de modelos:

[...] o que torna a ciência tão bem-sucedida é a descoberta de que podemos utilizar aproximações. Se nos satisfizermos com uma “compreensão” aproximada da natureza podemos descrever grupos selecionados de fenômenos, negligenciando outros que se mostrem menos relevantes. Assim podemos explicar muitos fenômenos em termos de poucos e, conseqüentemente, compreender diferentes aspectos da natureza de forma aproximada, sem precisar entender tudo ao mesmo tempo. Esse é o método científico: todas as teorias e modelos científicos são aproximações da verdadeira natureza das coisas; o erro envolvido na aproximação é, não raro, suficientemente pequeno para tornar significativa essa aproximação.

Finalmente, Haggett e Chorley (1975) definem modelo da seguinte maneira:

[...] um modelo é uma estruturação simplificada da realidade que apresenta supostamente características ou relações sob uma forma generalizada. Os modelos são aproximações altamente subjetivas, no sentido de não incluírem todas as observações e mensurações e medições associadas, mas, como tais, são valiosas por ocultarem detalhes secundários e permitirem o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade.

Sayão (2001) completa que os modelos são analogias, ou seja, são representações de funções em meios diversos e podem ser construídos através de (1) formalização matemática, (2) fenomenologia ou (3) esquemas conceituais. Para o autor os modelos são estruturados no sentido de que seus aspectos são explorados em relações com outros modelos, seguindo as características gerais das estruturas cognitivas postuladas por Piaget (1966). Sayão identifica ainda similitudes entre essa forma de cognição relacional e a Teoria Geral dos Sistemas “que propunha visualizar o mundo e o universo em termo de um grande conjunto interconectado, dentro do qual se poderiam separar subsistemas [...]” (SAYÃO, 2001, p.82). É interessante

notar que uma ponte de ligação entre a construção de modelos cognitivos e a Teoria Geral dos Sistemas pode ser empreendida através da *Gestalt*.

3.1.11 Função, características e tipologia dos modelos

Em relação à função, Angelini (1999) coloca que os modelos são construídos para (1) facilitar a compreensão de sistemas e ideias; (2) avaliar os dados observados; (3) fornecer entendimento das ligações entre os componentes; (4) definir os problemas; (5) fazer previsões.

No tocante às características, o quadro 3 sintetiza de forma clara a classificação e descrição dos principais tipos de modelos:

Características	Descrição		
Finalidade	Uso para pesquisa	e/ou	Uso para manejo
Variabilidade	Estocástico	e/ou	Determinístico
Concepção	Reducionista	e/ou	Holístico
Tempo	Estático	e/ou	Dinâmico
Parâmetros	Fixos	e/ou	Variáveis
Função	Linear	e/ou	Não linear
Solução	Analítica	e/ou	Métodos numéricos

Quadro 3 - Características dos modelos

Fonte: Angelini (1999, p.3)

Sobre a tipologia dos modelos, Hagget e Chorley (1975) propõem que os modelos podem ser classificados primeiramente segundo a natureza de sua constituição, ou seja, podem ser (1) construções sólidas, físicas ou experimentais; ou ainda como (2) modelos teóricos, simbólicos ou conceituais. Os primeiros tipos podem ser (1.1) icônicos (uma representação da realidade em escala diferenciada), ou (1.2) análogos (representações de propriedades do mundo através de formas diferentes de representação). Os modelos teóricos, simbólicos ou conceituais, por sua vez, são do tipo (2.1) verbal ou (2.2) matemático.

Segundo Burt e Kinnucan (1990), todos os tipos de modelos científicos, sejam quais forem suas características peculiares, podem ser identificados ao longo de uma linha continua de representação que liga o cientista ao seu objeto de estudo. Em um extremo está o cientista com seu conhecimento, e no lado oposto, o sistema de informação externo ao ser humano, com suas limitações próprias. Portanto, em um extremo, gravados nos cérebros humanos, encontramos os modelos cognitivos e seus esquemas primários e secundários, conforme propõe Piaget (1966). No outro extremo, existem os sistemas exógenos ao cientista, que possuem suas relações e suas características próprias: são chamados modelos de dados. Os modelos de dados estão atados à realidade externa, sobre a qual se debruçam os cientistas. Entre esses dois universos está localizado “o campo de representações” (SAYAO, 2001). Tais representações situadas entre os modelos cognitivos e os modelos de dados são os chamados modelos conceituais. Os modelos conceituais criam pontes entre as diferenças que existem entre estes dois universos e lançam luz sobre os segundos em vista dos primeiros.

Burt e Kinnucan (1990) vão além, defendendo que a representação não individual, e, portanto, compartilhada de um modelo de informação, também é um modelo conceitual. Tal distinção se torna importante ao se considerar a necessidade de uma abordagem transdisciplinar no estudo de Sistemas Sócio-ecológicos, justamente pelo fato de serem compostos por variáveis de classe de sistemas diferentes (físicas, químicas, sociais etc.) e, portanto, envolverem problemas de diversas áreas do saber.

3.1.12 Modelos Conceituais em Sistemas Sócio-ecológicos

Bendoricchio e Jørgensen (2001, p.11) colocam que um modelo conceitual é uma representação simbólica dos componentes de um sistema com suas relações intrínsecas e que, normalmente, os modelos conceituais são dispostos na forma de diagramas. Diagramas são esquemas gráficos que representam modelos conceituais. Entretanto, o diagrama de um modelo conceitual não deve apenas ser considerado uma lista de variáveis de estado⁵³ relevantes para o ecossistema estudado. Mas, deve mostrar também como essas variáveis de estado estão

⁵³ Variáveis, ou variáveis de estado, são os componentes de um sistema, normalmente representados em um modelo conceitual. Elas possuem atributos variantes ao interagirem com os demais elementos do sistema do qual fazem parte, conforme Bendoricchio e Jørgensen (2001).

conectadas, podendo ainda figurar informações qualitativas, semiquantitativas e/ou quantitativas nessas conexões.

Os principais modelos conceituais segundo esses dois autores são: (1) Modelos verbais; (2) Modelos figurativos; (3) Modelos de caixas; (4) Modelos de entrada e saída; (5) Matrizes conceituais; (6) Dinâmicas de retroalimentação; (7) Diagramas de fluxo; (8) Modelos de diagramas gráficos e (9) Diagramas de circuitos de energia.

Modelos verbais usam uma descrição verbal dos componentes do modelo e sua estrutura. A linguagem alfabética é a ferramenta de conceitualização. Modelos figurativos colocam os componentes modelados em um desenho com suas relações espaciais. Modelos de caixa são representações conceituais onde os componentes do modelo são dispostos em caixas conectadas por flechas que indicam suas relações. Modelos de entrada e saída são próximos aos modelos de caixas; entretanto, indicam-se neles as entradas e saídas do sistema. Matrizes conceituais são matrizes matemáticas que mostram a conectividade entre os elementos representados no sistema. Dinâmicas de retroalimentação são diagramas de linguagem simbólica, introduzidas por Forrester (1961). Diagramas de fluxo podem ser usados como diagramas de fluxo de informação e armazenamento de dados (Phipps, 1979), mas não fornecem informações sobre a interação entre os componentes. Modelos de diagramas gráficos são diagramas de caixa, entretanto, com sinalização de causa e efeito positiva ou negativa entre os componentes (Puccia, 1983). Diagramas de circuitos de energia (Odum, 1983) são desenhados para representar relações termodinâmicas, mecanismos de retroalimentação e fluxos de energia.

Todos esses podem descrever as relações intrínsecas em sistemas sócio-ecológicos. São modelos muito úteis para responder questões analíticas, inclusive, podendo servir de base na elaboração de modelos semiquantitativos ou quantitativos (BENDORICCHIO e JØRGENSEN, 2001, p.221).

Marten (2001) apresenta dois exemplos de modelagem conceitual representados na forma de diagramas que sintetizam a aplicação empírica de um tipo de modelagem para análise de sistemas sócio-ecológicos, cuja finalidade fora a geração de sustentabilidade.

No caso da figura 7 modelou-se conceitualmente um problema por demanda de combustível nas vilas rurais da Índia (dado que a população crescente estava

destruindo as florestas para queimar madeira a fim de cozinhar) a partir das variáveis do problema. O modelo permitiu uma visualização multidimensional e transdisciplinar do problema, e novas conexões internas puderam ser visualizadas. O trabalho resultou na instalação de sistemas simples de geração de biogás a partir das fezes do gado, que por sua vez possibilitou uma mudança na matriz energética dessa comunidade, diminuindo a pressão por desmatamento.

Em um segundo caso, figura 8, a inadequação na tecnologia pesqueira comercial estava causando a morte acidental de animais por afogamento. A modelagem conceitual também auxiliou na tarefa de abrandamento desse problema, na medida em que mobilizou os organismos políticos a pressionarem a indústria pesqueira no sentido de mudar a tecnologia de pesca.

Em ambos os modelos conceituais ilustrados abaixo (figuras 7 e 8), as setas vermelhas representam conexões de cada ecossistema humano que foram desfeitas. As setas azuis representam novas conexões criadas. As setas pretas representam as conexões que foram mantidas.

Outros exemplos de modelos conceituais de sistemas sócio-ecológicos podem ser vistos em Odum (1976), Capra (1995), Kormondy e Brown (2002), Brown (2004), Brown *et. al* (2004), Noble *et. al* (2009) e Jørgensen e Nielsen (2012).

Substituição de fonte energética para cozimento em vilas rurais na Índia

Figura 7 – Substituição de fonte energética para cozimento em vilas rurais na Índia. Legenda: As linhas vermelhas eram antigas conexões entre variáveis que foram substituídas pelas linhas azuis

Fonte: Adaptada de Marten (2001)

Mudança no sistema de pesca comercial para diminuição da morte accidental de mamíferos e pássaros

Figura 8 – Mudança no sistema de pesca comercial para diminuição da morte accidental de mamíferos e pássaros. Legenda: As linhas vermelhas eram antigas conexões entre variáveis que foram substituídas pelas linhas azuis

Fonte: Adaptada de Marten (2001).

3.2 Proposição Metodológica

3.2.1 Caracterização da pesquisa

Segundo a classificação tipológica de pesquisa proposta por Lakatos (2003), este trabalho se caracteriza como um estudo de caso, composto de entrevistas abertas e semiestruturadas com especialistas de diversos *stakeholders* para construção de um modelo conceitual. A aplicação de matrizes para tabulação dos dados é outra característica da pesquisa. O modelo conceitual tem as seguintes características: É um modelo verbal-figurativo, de variabilidade determinística, concepção holística, tempo estático, parâmetros fixos, de função linear e solução analítica.

O método proposto envolve oito etapas e está sintetizado na figura 9:

Figura 9 - Diagrama conceitual do método empregado

3.2.2 Identificação dos *stakeholders* (a)

Esta etapa do trabalho consiste em elencar os *stakeholders* que interferem no sistema estudado. A escolha é feita através de pesquisa bibliográfica e de campo. É interessante notar que quanto mais diversos forem os *stakeholders*, mais completa e transdisciplinar se torna a abordagem do problema investigado. Carroll and Buchholtz (2000), Freeman (1984; 2002), Svendsen (1998) e Wood (1990) apresentam métodos para prospecção de dados partindo-se de *stakeholders*, o que pode envolver pesquisa documental, observação participante ou consulta a especialistas. Nesse trabalho optou-se pela consulta à literatura e a especialistas.

3.2.3 Eleição de especialistas (b)

Tendo levantado a lista de *stakeholders* como plataforma inicial da pesquisa, são prospectados 12 ou mais especialistas conhecedores do problema investigado, conforme sugere Mitroff e Emshoff (1979). Esses autores mostram que a consulta a especialistas é uma técnica de coleta de dados que se utiliza de entrevistas (estruturada, semiestruturada e em profundidade) a fim de que se obtenham as informações desejadas. Consiste em um encontro com especialistas para que se dirijam perguntas a eles e se colem as respostas. A ideia de especialista aqui descrita se assemelha à ideia de informante-chave da antropologia (FETTERMAN, 1998, pg. 483).

3.2.4 Identificação das variáveis (c)

As variáveis são identificadas por uma entrevista composta por três etapas. A primeira etapa se constitui em explicar o contexto e os conceitos fundamentais da investigação. Na segunda etapa o especialista é encorajado a falar livremente sobre o problema estudado. Na terceira fase perguntas objetivas são geradas a fim de se identificar as variáveis do sistema estudado. Para organizar a formulação das perguntas nas entrevistas criou-se uma matriz que combina as possibilidades de interação dos especialistas consultados com os *stakeholders* e as categorias de sistemas investigadas. Ao se percorrer as possibilidades de combinação dos elementos da matriz, no caso desse trabalho, geram-se 60 perguntas objetivas que

ajudam o pesquisador a prospectar os dados. A figura 10 mostra a matriz que gera as perguntas objetivas dessa etapa da entrevista.

Por exemplo:

“Considerando-se a Companhia de Saneamento Básico (*stakeholder*) quais são os sistemas estáticos (categoria de sistema) ligados às suas atividades que interferem na sustentabilidade do Rio Pinheiros?”

Resposta hipotética: Aumento do fosfato e diminuição do oxigênio da água.

Tem-se, portanto, duas variáveis identificadas.

Figura 10 - Matriz para auxiliar a geração de perguntas de identificação das variáveis

Fonte: Elaborado para esse trabalho

Espera-se que depois de tabulados os dados gerados ao longo dessas entrevistas, um quadro com as variáveis relevantes do sistema sócio-ecológico seja construído.

3.2.5 Identificação da importância das variáveis (d)

Em uma segunda rodada de entrevistas, as variáveis levantadas anteriormente são apresentadas aos especialistas de forma que eles pontuem cada uma delas segundo a sua importância em uma escala Likert (1932) de zero a dez pontos. A partir dos pontos atribuídos, são calculados os escores hierárquicos de importância para as variáveis levantadas segundo a pontuação de cada especialista. A escala Likert já foi aplicada com sucesso no estudo de importância de variáveis conforme se vê nos trabalhos de Boaventura e Fischmann (2008) e Boaventura *et. al* (2008).

O cálculo da hierarquia de escore é uma técnica estatística, na qual os pontos em uma escala do tipo Likert podem ser transformados em escores de importância. O procedimento consiste em colocar as notas atribuídas a um conjunto de variáveis por diversos especialistas em ordem decrescente e numerar as notas de forma que se construa uma escala de importância relativa ao número de variáveis analisadas.

É uma técnica que ajuda a hierarquizar as variáveis em ordem de importância quando se parte de uma pontuação subjetiva de escalas Likert de zero a dez. Por questões operacionais, ao invés de pedir para os especialistas ordenarem em grau de importância 65 variáveis – o que seria complicado do ponto de vista prático - aplica-se a escala Likert e posteriormente uma hierarquia de escore baseada na mediana dos valores decrescentes para as notas iguais. O quadro 4 explicita o procedimento.

Variável	Descrição	Pontuação	Escore	Mediana de score
Fósforo acaba em mananciais (Billings)	Nutrientes que impactam os reservatórios (eutrofização).	10	17	14,5
Material de assoreamento	Resíduos da construção civil e solo carreado de loteamentos clandestinos.	10	16	14,5
Índice de Nitrogênio	Nutrientes que impactam os reservatórios (eutrofização).	10	14	14,5
Índice de Nitrogênio	Nutrientes que impactam os reservatórios (eutrofização).	10	14	14,5
Índice de Oxigênio	Afetado pelo lançamento de esgoto.	10	13	14,5
Poluentes surfactantes	Detergentes que mesmo sendo biodegradáveis são dificilmente metabolizados (sulfonato de sódio e benzenos). Refratários ao tratamento nas ETEs e geradores de espuma.	10	12	14,5
Metais pesados	Avaliação da quantidade de metais pesados dissolvidos na água.	9	11	9,5
Compostos aromáticos	Resinas industriais, solventes e resíduos de tintas.	9	10	9,5

Quadro 4 - Exemplo de atribuição de mediana de score (continua)

Variável	Descrição	Pontuação	Score	Mediana de score
Produtos orgânicos persistentes	Desruptores endócrinos (shampoos e protetores solares).	9	9	9,5
Sabão em pó	Fosfatos (tripolifosfato de sódio), sequestrante de cálcio na água para favorecer geração de espuma.	9	8	9,5
Garrafas PET e embalagens	Favorecimento de proliferação de mosquitos, quebra de máquinas em elevatórias, prejuízo estético.	8	7	5,5
Gás sulfídrico	Metano e gás sulfídrico.	8	6	5,5
Lixo doméstico descartado na rede	Produtos descartáveis (hastes flexíveis, fio dental).	8	5	5,5
Resíduos da frota automotiva	Substâncias ligadas à gasolina (tolueno, benzeno, xileno, fenóis - cadeias aromáticas, óleos e graxas). Desgastes de pneu e asfalto.	8	4	5,5
Resíduos da frota automotiva	Substâncias ligadas à gasolina (tolueno, benzeno, xileno, fenóis - cadeias aromáticas, óleos e graxas). Desgastes pneu e asfalto.	8	4	5,5

Quadro 4 – Exemplo de atribuição de mediana de score (continuação)

Variável	Descrição	Pontuação	Score	Mediana de score
Sobras de inseticidas	Empresas de controle de pragas que lavam recipientes de veneno na rede de água e pulverização de inseticida para controle do <i>Aedes aegypt</i> vetor de febre hemorrágica (dengue)	7	3	2,5
Toxinas carcinogênicas	Produzidas por algas ou oriundas de elementos químicos (clorados e aromáticos).	7	2	2,5
Hormônios de anticoncepcionais	Urina humana rica em estrogênio sendo lançada no rio	6	1	1

Quadro 4 – Exemplo de atribuição de mediana de score (conclusão)

3.2.6 Teste da primeira hipótese (e)

O teste de hipótese proposto sobre os escores de importância das variáveis é o Teste não paramétrico do Sinal (TRIOLA, 2008). Esse é um teste no qual uma massa de dados deve apresentar uma distribuição de escore mais próximo da não aleatoriedade que da aleatoriedade na distribuição dos pontos.

O Teste não paramétrico do Sinal é uma distância entre as médias e as medianas que indica o grau de aleatoriedade de uma massa de dados. Dessa maneira, ao se calcular a distância entre a média e a mediana pode-se atribuir à variável analisada um sinal negativo ou positivo. A atribuição do sinal negativo indica uma distribuição aleatória, ao passo que valores positivos indicam uma distribuição não aleatória.

Espera-se que os escores estejam longe da distribuição uniforme (aleatória). Os consolidados dos dados (quantidade de sinais negativos obtidos em cada classe de sistema), por fim são submetidos à distribuição binomial, que indica o nível de significância aceitável do teste (convenciona-se na literatura o máximo de 0,2).

3.2.7 Elaboração da matriz de adjacência (f)

Nas etapas anteriores procedeu-se à definição das variáveis do modelo e obteve-se os escores de importância das variáveis para a sustentabilidade do Sistema Sócio-ecológico estudado. Cabe então, a tarefa de identificar as conexões entre as variáveis para construção do modelo conceitual que represente o problema da sustentabilidade do Rio Pinheiros. A representação deverá considerar as conexões causais entre elas.

A literatura aponta que isso é feito através de uma matriz de adjacência. Matriz de adjacência é uma matriz onde se comparam as variáveis do estudo, par a par, a fim de se descobrir se há ou não interferência recíproca entre as variáveis. Bendoricchio e Jørgensen (2001) propõem a elaboração de uma matriz de adjacência nos seguintes moldes:

As variáveis de estado são listadas verticalmente e horizontalmente, e montada a matriz, o pesquisador a analisa. Usa-se o número (1) para indicar uma relação provável entre duas variáveis e (0) indicando que não há relação entre as duas variáveis⁵⁴. Conforme quadro 5:

	Nitrato	Amônia	Fitoplan.	Zooplan.	Peixes	Detritos	Sedimentos
Nitrato*	-	1	0	0	0	0	0
Amonia*	0	-	0	1	0	1	1
Fitoplan.**	1	1	-	1	0	0	0
Zooplan.**	0	0	1	-	0	0	0
Peixes*	0	0	0	0	-	0	0
Detritos**	0	0	1	1	1	-	0
Sedimentos*	0	0	1	1	0	1	-

Quadro 5 - Matriz de adjacência

Fonte: Bendoricchio e Jørgensen (2001, p.24)

No caso da matriz de adjacência de Bendoricchio e Jørgensen, as relações apontadas com o número (1) são transpostas para um diagrama conceitual na forma de arestas conectivas entre as variáveis. Observa-se na tabela que duas classes de

⁵⁴ The state variables are listed vertically and horizontally; is used to indicate that a direct link between two state variables is most probable, while 0 indicates that there is no link between the two components.[trad. do autor]

sistemas estão sendo comparadas nessa matriz: Sistemas estáticos* e sistemas orgânicos** (a diferença entre sistemas estáticos e mecânicos para os sistemas orgânicos está no fato de que os sistemas orgânicos estão importando entropia negativa). Outra maneira de representar a matriz de adjacência é elencar a variável analisada no topo da tabela e listar as outras variáveis com as quais ela será comparada abaixo. Tal procedimento é realizado variável a variável até que se esgotem as possibilidades de combinação.

3.2.8 Teste da segunda hipótese (g)

O segundo teste de hipótese tem o intuito de mostrar que existe uma sobreposição entre o conjunto das variáveis com os escores de importância mais altos e os graus de conectividade mais altos. Ou seja, que as variáveis mais importantes sejam também as quais se identificou posteriormente e de forma independente da pontuação de importância, os maiores graus de conexão dentro do sistema. Para tanto, propõem-se comparar a quantidade de variáveis comuns que se encontram nos primeiros quartis dos conjuntos de importância e conectância. O teste é refutado caso não exista maioria absoluta (mais de 51%) de variáveis comuns entre os dois conjuntos. Por exemplo: O quartil das variáveis de maior importância apresenta as variáveis (1, 3, 7...). O quartil das variáveis de maior conectância apresenta as variáveis (1, 3, 5, 7...). Entre esses dois conjuntos deve haver maioria de elementos comuns para que a hipótese seja aceita.

3.2.9 Elaboração do modelo conceitual (h)

Conforme foi colocado por Bendoricchio e Jørgensen, (2001, p.11), o modelo conceitual pode ser uma representação verbal-figurativa das relações entre as variáveis. O diagrama conceitual deve mostrar as variáveis conectadas entre si em relações causais.

Para facilitar a geração gráfica do modelo optou-se por usar um *software* de geração gráfica de redes e sistemas complexos, chamado *Gephy*. O *Gephy*⁵⁵ é uma plataforma aberta e interativa para visualização e exploração de redes, sistemas complexos e gráficos dinâmicos e hierárquicos. A construção de modelos conceituais com o *Gephy* abrange diversas áreas da ciência, e pode ser vista em

⁵⁵ Disponível em <https://gephi.org/> (acesso em 18/01/2013).

trabalhos sobre sustentabilidade (KIM *et. al*, 2012), conectividade de habitats (MORGADO *et. al*, 2012), estudos multidimensionais de genética (VIGUERIE *et. al*, 2012; CERVERO *et. al* 2012), modelagem de redes complexas (SOUZA *et. al*, 2012) e modelagem social (THAKUR *et. al*, 2010). A figura 11 e a figura 12 ilustram dois modelos conceituais criados com o *Gephy*:

Figura 11 - Modelo conceitual criado com o *Gephy*

Fonte: Disponível em [HTTPS://gephi.org/screenshots/](https://gephi.org/screenshots/) (acesso em: 21 jan. 2013)

Figura 12 - Etapa vetorial de modelo conceitual criado com o *Gephy*

Fonte: Disponível em [HTTPS://gephi.org/screenshots/](https://gephi.org/screenshots/) (acesso 21/jan./2013)

O processo de diagramação consiste em alimentar o programa com todas as variáveis levantadas, assim como as conexões existentes entre elas. Feito isso, o programa gera uma representação gráfica das variáveis que compõem o modelo conceitual na forma de um diagrama, aproximando as variáveis mais conectadas entre si e centralizando as mais relevantes em termos de conexões absolutas. Tal cálculo é feito através de um algoritmo matemático chamado “Atlas”. Desse modo, a geometria do modelo assume significado. Também se possibilita a identificação de modularidades no modelo conceitual. O algoritmo matemático para o cálculo da modularidade do modelo pode ser visto em Blondel *et. al* (2008).

3.3 Caracterização do estudo de caso

Nesta seção procura-se caracterizar o caso em estudo a fim de contextualizar o problema da sustentabilidade do Rio Pinheiros na capital de São Paulo.

3.3.1 Aspectos geográficos do Rio Pinheiros

O Rio Pinheiros se insere no contexto da região metropolitana de São Paulo, precisamente entre a usina de Traição (Latitude 23°35'42" Sul) e a Usina de Pedreira (Longitude 46°41'39" oeste), conforme mostra a figura 13. A figura 14 apresenta uma visão panorâmica do rio no ponto em que este encontra a Usina Elevatória de Traição. Este é o local que liga o Rio Pinheiros com a represa Billings. A figura 15 é uma imagem da represa Billings no ponto no qual ela recebe eventualmente a água do Rio Pinheiros. As torres de energia que abastecem a Usina Elevatória de Traição, as grades de retenção de poluentes e o maquinário responsável pela inversão do curso do rio podem ser vistas nas figuras 16, 17 e 18 respectivamente. A figura 19 mostra o leito de alagamento do rio contaminado com resíduos plásticos e embalagens.

Esta região metropolitana abriga 19,7 milhões de pessoas (IBGE, 2012), e mesmo comportando 47% da população do Estado de São Paulo, dispõe de apenas 4% da água existente do Estado.

Considerando-se a Bacia do Alto Tietê, da qual o Rio Pinheiros faz parte, a região metropolitana de São Paulo demanda 71m³/s de água, ao passo que a vazão da bacia toda é de 18m³/s (HIDROPLAN, 1995 apud RODRIGUES, 2012, p.22). Tal

aspecto levou a que a água de outros sistemas hídricos seja importada para suprir a demanda da região metropolitana, tal como as bacias de Guaratuba, Capivari e do sistema Cantareira (Prefeitura do Município de São Paulo, 2007 apud RODRIGUES, 2012, p.21).

Sobre o perfil de consumo de recursos hídricos da região metropolitana, pode-se dizer que ele é diferente daquele que se observa no Brasil como um todo, conforme Mierzwa e Hespanhol (2005) as figuras 20 e 21.

Figura 13 – Foto de satélite do Rio Pinheiros e demarcação geográfica em vermelho

Fonte: <http://google.com/maps> (Acesso em 23/fev./2013)

Figura 14 – Imagem panorâmica do Rio Pinheiros no seu ponto de encontro com a Usina Elevatória de Traição.
Fonte: Foto do autor

Figura 15 – Imagem da Represa Billings no ponto em que recebe a água do Rio Pinheiros
Fonte: Foto do autor

Figura 16 (acima) – Torres de energia que movimentam o maquinário de elevação

Fonte: Foto do autor

Figura 17 (abaixo à esq.) – Grade de retenção de poluentes do Rio Pinheiros

Fonte: Foto do autor

Figura 18 (abaixo à dir.) – Bombas de água da Usina Elevatória de Traição

Fonte: Foto do autor

Figura 19 – Área de alagamento poluída com material plástico

Fonte: Foto do autor

Consumo de água por atividade no Brasil

Figura 20 – Perfil do consumo de água no Brasil

Fonte: Mierzwa e Hespanhol (2005)

Consumo de água por atividade na Região Metropolitana de São Paulo

Figura 21 - Perfil do consumo de água na capital de São Paulo

Fonte: Mierzwa e Hespanhol (2005)

3.3.2 Aspectos históricos do Rio Pinheiros

No início do século XX, o Rio Pinheiros era chamado de Rio Jurubatuba. Era um rio sinuoso, de larga planície de inundação, cujas várzeas eram utilizadas para recreação e lazer (ADORNO, 1999; GORSKI, 2010). Dada essa característica da dinâmica hídrica do rio, na década de cinquenta canalizou-se parte de seu curso, e a área de inundação pôde ser utilizada para ocupação efetiva (ARAÚJO, 1992). Com a ocupação e o adensamento da população, ao longo do século XX, não apenas o Rio Pinheiros, mas as demais fontes de água que abasteciam a cidade (tal como o Riacho do Anhangabaú e do Tamanduateí) ficaram impróprias para o consumo (RODRIGUES, 2012). Estando as águas dos rios paulistanos impróprias para consumo humano, a Prefeitura de São Paulo iniciou um processo de negociação com a Companhia Elétrica *Light & Power* a fim de usar as águas represadas sob concessão dessa empresa para abastecimento da população (MAGALHÃES, 2000). Mas devido ao intenso processo poluidor, as represas e rios de São Paulo perderam a função de abastecer a cidade de água.

3.3.4 O processo de poluição do Rio Pinheiros

O processo de poluição do Rio Pinheiros é marcado por etapas diferentes, sendo a primeira etapa marcante, a poluição das ocupações, já no início do século

XX. A segunda etapa poluidora se deu na década de trinta, com o avanço da indústria paulista, que se estendeu ao longo das décadas de quarenta e cinquenta. Em 1955 a capital industrializava 35% dos produtos do país. Tal crescimento mudou o perfil da poluição do Pinheiros de uma poluição doméstica para uma poluição predominantemente industrial (FREITAS, 1930 *apud* Rodrigues, 2012, p. 35). Nos anos sessenta, as regiões periféricas da capital sofreram adensamento populacional, mudando novamente o perfil da poluição para uma poluição de origem doméstica. Na década de setenta o fluxo migratório agravou o processo poluidor no que concerne à emissão de esgoto doméstico nos rios paulistas.

Vale notar que o adensamento populacional e o processo migratório se seguiram justamente com o término do processo de retificação do curso do rio. Com o final do processo de retificação, as margens do Rio Pinheiros tornaram-se propícias para pavimentação e especulação imobiliária (PORTO, 1992). Como consequência, um contingente ainda maior de pessoas pode ser assentada na várzea do rio.

A obra de retificação não apenas descaracterizou o curso sinuoso do Rio Pinheiros, mas canalizou seu fluxo para a represa Billings, revertendo o sentido natural das águas. A Usina de Traição foi a obra de engenharia que mudou o fluxo do rio e abriu a possibilidade de geração de energia elétrica na Usina de Henry Borden, em Cubatão. A queda da Serra do Mar serviu de declive para instalação de uma hidrelétrica cuja energia visava abastecer a produção de aço (RODRIGUES, 2012).

Através dessa série de transformações, o Rio Pinheiros deixou de ser um rio de largura média de 100 metros e 45 km de comprimento para um córrego de largura de 20 metros e pouco mais de 25 km de extensão (RYBCZYNSKI, 2009). Sua vazão diminuiu cerca de 400% se considerada a diferença entre os anos de 1925 e 2011 (EMAE, 2013). Segundo Rodrigues (2012, p. 45):

O rio, antes de trajeto sinuoso, agora é um canal artificial que, com a inversão de fluxo, recebe matéria do Rio Tietê apenas para evitar enchentes, pois as represas criadas, que antes serviam para geração de energia, atualmente servem para o abastecimento de água de parte da RMSP – Região Metropolitana de São Paulo e não podem receber grandes quantidades de matéria imprópria para consumo.

3.3.5 Organização política da Gestão dos Recursos Hídricos

No Brasil, a gestão dos recursos hídricos, inclusive da bacia do alto Tietê da qual o Rio Pinheiros originalmente faz parte, possui uma estrutura de poder compartilhada entre as diversas hierarquias do Estado. Há um conselho nacional, comitês estaduais e comitês municipais para a gestão das águas.

Cada Estado da federação elege representantes que formam os seus CRHs – Colegiado de Recursos Hídricos. Compõem o CRH representantes das secretarias de Saneamento, Energia Elétrica, Meio Ambiente, Casa Civil, Economia, Turismo, Esportes, Saúde, Economia e Planejamento, Agricultura, Fazenda e Educação. Eles contribuem com seus pontos de vista na administração dos recursos hídricos para as bacias hidrográficas situadas dentro de suas unidades administrativas (Estadual). Além do colegiado Estadual, há os CBHs – Comitê de Bacias Hidrográficas em âmbito regional, ou seja, comitês que zelam por cada bacia hidrográfica específica que existe no município de interesse (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2008). No sentido de fornecer suporte aos comitês estaduais e regionais, há ainda o CORH – Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos, que provê suporte técnico e científico para as decisões dos comitês estaduais e regionais (JESUS, 2006).

Dado que cada Estado da União possui essa estrutura administrativa para gerir suas águas, a composição desses sistemas em âmbito nacional forma o CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos, um órgão vinculado ao MMA/SRH – Ministério Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos. O poder de outorga, por sua vez cabe à ANA – Agência Nacional das Águas. Jesus (2006, p.12) coloca que entre as finalidades do CNRH destacam-se:

1. Atuar como órgão integrador nacional;
2. Dirimir conflitos entre os órgãos estaduais;
3. Analisar propostas de alteração de leis que disciplinem a Política Nacional de Recursos Hídricos;
4. Aprovar propostas para instituição de Comitês de Bacias Hidrográficas;
5. Acompanhar a execução do Plano Nacional de Recursos Hídricos; e,
6. Estabelecer os critérios gerais para a cobrança pelo direito de uso dos recursos hídricos.

A figura abaixo ilustra a estrutura geral da gestões política dos recursos hídricos

no Brasil:

Figura 22 - Estrutura geral do Sistema de Gerenciamento Hidrico no Brasil

Fonte: Jesus (2006, p.12)

2.3.6 Projeto Tietê

Os projetos para despoluição da bacia do alto Tietê (que inclui o Rio Pinheiros) começaram a ser implementados ainda na década de setenta, particularmente no que concerne ao tratamento de esgotos por parte de empresas públicas. Em 1992, na ECO92, houve uma iniciativa de integrar órgãos Estaduais, como CETESB e SABESP com intuito de melhorar a qualidade da água da bacia do alto Tietê. Isto porque a região metropolitana além de possuir uma parte pequena dos recursos hídricos, importa água de regiões a ela circunscritas, o que pode gerar problemas futuros no que concerne à posse de água. Foi proposto então o Projeto Tietê, que previa a construção de cinco estações de tratamento de esgoto através da SABESP e um plano de monitoramento de efluentes através da CETESB (2008). Tais Iniciativas têm sido implementadas desde então, o que vem impactado na qualidade das águas do Rio Pinheiros. Embora os resultados estejam aquém das expectativas criadas em 1992, e o Rio Pinheiros ainda seja classificado como um Rio de classe IV (morto), observam-se nas medições de 1998 a 2011 melhorias nos indicadores de poluição. As figuras 23, 24 e 25 mostram a evolução dos principais indicadores de poluição por esgoto doméstico neste rio:

Figura 23 – Índices de Oxigênio Dissolvido (OD) em microgramas por litro ($\mu\text{g/L}$) no Rio Pinheiros dos anos 1998, 2004 e 2011

Fonte: Rodrigues (2012, p.75-77)

Figura 24 – Índices de Fósforo em microgramas por litro ($\mu\text{g/L}$) no Rio Pinheiros dos anos 1998, 2004 e 2011

Fonte: Rodrigues (2012, p.75-77)

Figura 25 - Índices de Nitrogênio Amônia em microgramas por litro (µg/L) no Rio Pinheiros dos anos 1998, 2004 e 2011

Fonte: Rodrigues (2012, p.75-77)

Mesmo havendo uma melhoria dos indicadores de poluição da água, o Rio Pinheiros continua se constituindo em um problema ambiental dos mais graves da capital paulista. O impacto de sua poluição possui repercussões graves na saúde pública, no turismo, nos alagamentos, nos transportes, no esporte e lazer da população, para citar apenas os desdobramentos mais evidentes. Os ganhos obtidos são tímidos em comparação com o que se precisa melhorar para o Rio Pinheiros deixar de ser um rio de classe IV.

3.4 Resultados

3.4.1 Identificação dos *stakeholders*

A lista prévia de *stakeholders* diretamente ligados ao Rio Pinheiros que foram identificados na literatura (RODRIGUES, 2012; JESUS, 2012) é a que segue:

1. Companhia de Geração de Energia AES-Eletropaulo;
2. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental;
3. FSP – Faculdade de Saúde Pública;
4. Imprensa;
5. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo;
6. SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo;
7. USP – Universidade de São Paulo;
8. BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento;
9. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas;
10. CPTM – Companhia Paulista de Trens e Metrô;
11. FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; e,
12. ONG – Associação Águas Claras do Rio Pinheiros.

Partindo dessa lista de *stakeholders*, foi realizado um pré-teste com o instrumento de coleta (ANEXO – A) para se avaliar junto a um especialista a escolha prévia desses *stakeholders*, assim como identificar outros especialistas que poderiam participar do estudo.

O pré-teste aplicou uma primeira versão do instrumento de coleta junto a um especialista em engenharia sanitária, ligado à questão do Rio Pinheiros há mais de vinte anos.

Foram propostas duas sugestões: a substituição do *stakeholder* USP – Universidade de São Paulo, pelo *stakeholder* EMAE – Empresa Metropolitana de Águas e Energia e substituição do *stakeholder* BID – Banco Americano de Desenvolvimento pelo *stakeholder*, CPTM – Companhia Paulista de Trens e Metrô. A justificativa de tais sugestões se deram 1) pelo fato do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas estar ligado a USP e já estar na lista e a EMAE ser a empresa que administra a calha do rio e 2) Pelo fato do BID agir de forma indireta no problema ao passo que a CPTM administra parte da margem do rio como no caso da ciclovia.

A lista de *stakeholders* pós o pré-teste utilizada na pesquisa foi a que segue:

1. Companhia de Geração de Energia AES-Eletropaulo;
2. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental;
3. FSP – Faculdade de Saúde Pública;
4. Imprensa;
5. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo;
6. SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo;
7. EMAE – Empresa Metropolitana de Águas e Energia;
8. CPTM – Companhia Paulista de trens e metrô;
9. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas;
10. DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica;
11. FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; e,
12. ONG – Associação Águas Claras do Rio Pinheiros.

O restante do instrumento de coleta apresentou um bom resultado e foi mantido como proposto inicialmente.

3.4.2 Eleição de especialistas

Uma lista inicial de especialistas foi montada e sugestões de novos nomes foram surgindo a cada entrevista realizada. Ao final, configurou-se um conjunto de 15 experts na questão do Rio Pinheiros consultados ao longo do projeto. Os especialistas variaram em profissão e área de formação conforme mostra o quadro 6. Embora tenham sido elencados 15 especialistas, dois grupos de especialistas foram montados para a primeira e para a segunda rodada de entrevistas, conforme previsto no método proposto. Nessa tarefa, a substituição de alguns especialistas da primeira etapa se deu conforme a disponibilidade dos mesmos para participação na segunda etapa.

Especialistas	Formação
1	Bióloga
2	Engenheiro Civil
3	Geógrafo
4	Administrador Público
5	Engenheiro Químico
6	Jornalista
7	Biólogo
8	Engenheiro Químico
9	Administrador
10	Administrador
11	Engenheiro Hidráulico
12	Geólogo
13	Engenheiro Ambiental
14	Gestor Ambiental
15	Sanitarista

Quadro 6 - Perfil dos especialistas consultados

A primeira rodada de entrevistas contou com os especialistas: (1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14 e 15). A segunda rodada de entrevistas (para atribuição de graus de importância) contou com os especialistas (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 15).

3.4.3 Identificação das variáveis

Após a aplicação dos questionários da primeira fase com os 12 especialistas consultados, foram extraídas das gravações das entrevistas 65 variáveis operacionais que interferem na sustentabilidade do Rio Pinheiros. As variáveis foram coletadas e organizadas por classe hierárquica de sistema a que pertencem. Os quadros 7, 8, 9, 10 e 11 apresentam o conjunto de variáveis reveladas ao longo da primeira rodada de entrevistas. O quadro 12 apresenta as variáveis por ordem alfabética.

Stakeholder	Variável	Descrição
SABESP	Esgoto sanitário lançado no rio	Matéria orgânica biodegradável rica em carbono
CETESB	Fósforo acaba em mananciais (Billings)	Nutrientes que impactam os reservatórios (eutrofização)
FSP	Garrafas PET e embalagens	Favorecimento de proliferação de mosquitos, quebra de máquinas em elevatórias, prejuízo estético...
FSP	Gás sulfídrico	Metano e gás sulfídrico
FSP	Hormônios de anticoncepcionais	Urina humana rica em estrogênio sendo lançada no rio
FIESP	Sobras de inseticidas	Empresas de controle de pragas que lavam recipientes de veneno na rede de água e pulverização de inseticida para controle do <i>Aedes aegypt</i> , vetor de febre hemorrágica (dengue)
SABESP	Lixo doméstico descartado na rede	Produtos descartáveis (hastes flexíveis, fio dental)
EMAE	Material de assoreamento	Resíduos da construção civil e solo carreado de loteamentos clandestinos
CETESB	Metais pesados	Avaliação da quantidade de metais pesados dissolvidos na água
CETESB	Compostos aromáticos	Resinas industriais, solventes e resíduos de tintas
EMAE	Decomposição na zona bentônica	Proliferação descontrolada de micro-organismos gerando morte sistêmica (decomposição em massa na zona bentônica).
CETESB	Índice de Nitrogênio	Nutrientes que impactam os reservatórios (eutrofização)

Quadro 7 – Variáveis identificadas dos Sistemas Estáticos (continua)

Stakeholder	Variável	Descrição
CETESB	Índice de Oxigênio	Afetado pelo lançamento de esgoto
FIESP	Poluentes surfactantes	Detergentes que mesmo sendo biodegradáveis são dificilmente metabolizados (sulfonato de sódio e benzenos). Refratários ao tratamento nas ETEs e geradores de espuma.
FIESP	Produtos orgânicos persistentes	Desruptores endócrinos (shampoos e protetores solares)
FIESP	Resíduos da frota automotiva	Substâncias ligadas à gasolina (tolueno, benzeno, xileno, fenóis - cadeias aromáticas, óleos e graxas). Desgastes de pneu e asfalto.
FIESP	Sabão em pó	Fosfatos (tripolifosfato de sódio), sequestrante de cálcio na água para favorecer geração de espuma
FSP	Toxinas carcinogênicas	Produzidas por algas ou oriundas de elementos químicos (clorados e aromáticos).

Quadro 7 – Variáveis identificadas dos Sistemas Estáticos (conclusão)

Stakeholder	Variável	Descrição
EMAE	Alto custo do equipamento para macrodrenagem	Lixo sólido quebra máquinas de usinas. Madeira, garrafas plásticas, carcaças de animais, material de construção.
Imprensa	Impacto das autopistas da marginal no rio	Pistas da marginal gerando impacto ambiental (fragmentação do habitat) no Rio Pinheiros. Problema de atropelamento de capivaras.
EMAE	Rede de drenagem levando poluição difusa	Despejo de poluição difusa nas águas do Rio Pinheiros.
EMAE	Rede de esgotos não conectada a ETEs	Despejo de poluição doméstica no Rio Pinheiros.
EMAE	Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	Recolhe material poluente flutuante no Rio Pinheiros.
EMAE	Dragas para desassoreamento	Assoreamento do rio causando enchentes.
EMAE	Borrifadores de inseticida	Equipamentos para fazer a dispersão de inseticidas.
CETESB	Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	Equipamentos de monitoramento de características químicas físicas e biológicas.
CPTM	Ciclovias integradas aos modais de transporte	Ciclovias integradas ao sistema de trens e metrô.

Quadro 8 – Variáveis identificadas dos Sistemas Mecânicos

Stakeholder	Variável	Descrição
EMAE	Capivaras	Macho expulso do grupo é atropelado na marginal, portadoras de carrapatos. Reflorestamento da margem atraindo mais animais.
EMAE	Flora na margem	Projeto “Pomar” de recuperação da flora nas margens do Rio Pinheiros.
EMAE	Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	Proliferação nas garrafas pet parada no leito.
EMAE	Mosquitos <i>Cullex</i>	O impedimento legal de bombeamento da água para Billings gera água praticamente parada que propicia a reprodução dos mosquitos.
FSP	Doenças de veiculação hídrica	Vírus e bactérias que podem afetar o ser humano (Hepatites, cólera, amebas e ovos de helmintos).
FSP	Alergias	Aumento de consultas públicas oriundas de alergias e distúrbios causados pelos gases do rio.
Imprensa	Carrapatos	Vetores de febre maculosa - doenças humanas.
Imprensa	Ratos	Ratos como vetores de leptospirose nas enchentes.
Imprensa	Jacarés	Animais perdidos no rio.
Imprensa	Algas	Eutrofização do rio impedindo o rio de respirar (oxigênio baixo)
EMAE	Presença de Coliformes	Contaminação por matéria fecal
CETESB	Bactérias anaeróbias	Bactérias anaeróbias decompondo a matéria orgânica do Rio.
FSP	Baratas	População de baratas nas margens.

Quadro 9 - Variáveis identificadas dos Sistemas Orgânicos (continua)

<i>Stakeholder</i>	Variável	Descrição
SMA	Fezes de animais	2 milhões de cachorros e 200 mil gatos na cidade de São Paulo.

Quadro 9 - Variáveis identificadas dos Sistemas Orgânicos (conclusão)

Stakeholder	Variável	Descrição
EMAE	Ação desarticulada dos agentes políticos	Falta de articulação entre as entidades públicas e sociais impossibilitando a geração de projetos com soluções integradas.
CIESP	Proibição legal do bombeamento de água para Billings	Lei promulgada em 1989 proibindo o bombeamento da água do Rio Pinheiros para a Billings, salvo casos de alagamentos.
EMAE	Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	Necessidade de reciclagem de resíduos flutuantes.
CETESB	Poder de multar os agentes poluidores	Aplicação de multas baseadas nas informações da rede de monitoramento.
SABESP	Desbalço hídrico da capital (déficit)	São Paulo gera esgoto adicional pelo fato de importar muita água de outras bacias.
SAPESP	Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	Promotoria não permite instalação de infraestrutura em áreas invadidas.
SMA	Qualidade técnica das licitações	Demanda por licitações que visem mais o aspecto técnico do que aspectos financeiros em projetos de despoluição.
SABESP	Preço do uso água	Preço da água para grandes outorgas.

Quadro 10 – Variáveis identificadas dos Sistemas Sociais (continua)

Stakeholder	Variável	Descrição
SMA	Participação qualificada e popular em audiências públicas	Abertura para população opinar junto aos demais <i>stakeholders</i> sobre a gestão dos recursos hídricos.
SMA	Impacto do Rio no sistema de transportes	Trens, ônibus e carros impossibilitados de vagar em alagamentos.
FSP	Formação de especialistas	Educação de trabalhadores qualificados para atuar na gestão de recursos hídricos.
SABESP	Varrição de ruas	Diminuir a carga difusa levada pela chuva.

Quadro 10 – Variáveis identificadas dos Sistemas Sociais (conclusão)

Stakeholder	Variável	Descrição
EMAE	Apropriação do rio pela população	População não se apropria do espaço do rio, repulsa, visão não chega nem a ser utilitária.
AES-Eletropaulo	Paisagem deteriorada	Fios e cabos, lixo, entulho.
Imprensa	Cultura dos descartáveis	Cultura consumista gerando uma carga de resíduos descartáveis.
Imprensa	Denúncias sobre ações poluidoras	Uso da rede de monitoramento para realizar denúncias sobre ações poluidoras.
CPTM	Trânsito agravando a percepção negativa do rio	Trânsito das marginais agravando a má percepção subjetiva da paisagem do rio.
CETESB	Campanhas para reciclagem de pneus	Campanha para redução da poluição por pneus.
Imprensa	Promover a visão sistêmica acerca do problema	Dotar a população de conhecimento holístico sobre a dinâmica de geração do problema ambiental do Rio Pinheiros.
SABESP	Lixo na rua	Educar as pessoas para não jogar lixo no chão.
FIESP	Obstáculos de acesso ao rio	Cultura automobilística isolando fisicamente o Rio da população.
FSP	Afastamento da poluição (cultura sanitaria)	Ideia de afastamento no ato de poluir a água, legitimando jogar esgoto no rio.
ONG	Ciclovias aproximando a população do Rio	Ferramenta de aproximação da população com o rio Pinheiros.
CETESB	Percepção da coloração da água	Decorência do lançamento de esgoto.

Quadro 11 - Variáveis identificadas dos Sistemas Simbólicos

Variáveis
Ação desarticulada dos agentes políticos
Afastamento da poluição (cultura sanitarista)
Alergias
Algas
Alto custo do equipamento para macrodrenagem
Apropriação do rio pela população
Bactérias anaeróbias
Baratas
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto
Borrifadores de inseticida
Campanhas para reciclagem de pneus
Capivaras
Carrapatos
Ciclovia aproximando a população do Rio
Ciclovia integrada aos modais de transporte
Compostos aromáticos
Cultura dos descartáveis
Decomposição na zona bentônica
Denúncias sobre ações poluidoras
Desbalanço hídrico da capital (déficit)
Doenças de veiculação hídrica
Dragas para desassoreamento
Esgoto sanitário lançado no rio
Fezes de animais
Flora na margem
Formação de especialistas
Garrafas PET e embalagens
Gás sulfídrico
Hormônios de anticoncepcionais
Impacto das autopistas da marginal no rio
Impacto do Rio no sistema de transportes
Índice de Fósforo
Índice de Nitrogênio
Índice de Oxigênio
Jacarés
Lixo doméstico descartado na rede
Lixo na rua
Material de assoreamento
Metais pesados
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>
Mosquitos <i>Culex</i>

Quadro 12 – Variáveis por ordem alfabética (continua)

Variáveis
Obstáculos de acesso ao rio
Paisagem deteriorada
Participação qualificada e popular em audiências públicas
Percepção da coloração da água
Poder de multar os agentes poluidores
Poluentes surfactantes
Preço do uso da água
Presença de coliformes
Produtos orgânicos persistentes
Proibição legal do bombeamento de água para Billings
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio
Qualidade técnica das licitações
Ratos
Rede de drenagem levando poluição difusa
Rede de esgotos não conectada a ETEs
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)
Resíduos da frota automotiva
Sabão em pó
Sobras de inseticidas
Toxinas carcinogênicas
Trânsito agravando a percepção negativa do rio
Varrição de ruas
Visão sistêmica acerca do problema

Quadro 12 – Variáveis por ordem alfabética (conclusão)

3.4.4 Identificação da importância das variáveis

Nessa etapa, as variáveis foram submetidas a uma segunda rodada de entrevistas na qual foi apresentada aos especialistas uma escala Likert de dez pontos para que a elas fosse dada uma nota de importância. As hierarquias de escores foram devidamente calculadas e os resultados seguem abaixo. A tabela 1 apresenta as variáveis em ordem de importância com escores normalizados em uma escala de 100 pontos:

Tabela 1 - Escores de importância normalizados (continua)

Variável	Score total	Score Normalizado
Esgoto sanitário lançado no rio	204	100
Índice de Oxigênio	188,5	92,40196078
Rede de esgotos não conectada a ETEs	94	87,03703704
Ação desarticulada dos agentes políticos	117,5	81,59722222
Apropriação do rio pela população	111	77,08333333
Presença de Coliformes	128,5	76,48809524
Ratos	125,5	74,70238095
Promover a visão sistêmica acerca do problema	105	72,91666667
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	103,5	71,875
Material de assoreamento	146,5	71,81372549
Poluentes surfactantes	140	68,62745098
Mosquitos <i>Cullex</i>	114	67,85714286
Rede de drenagem levando poluição difusa	73	67,59259259
Dragas para desassoreamento	73	67,59259259
Flora na margem	108,5	64,58333333
Bactérias anaeróbias	105	62,5
Afastamento da poluição (cultura sanitarista)	88,5	61,45833333
Doenças de veiculação hídrica	103	61,30952381
Formação de especialistas	88	61,11111111
Garrafas PET e embalagens	124,5	61,02941176
Poder de multar os agentes poluidores	86	59,72222222
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	63,5	58,7962963
Paisagem deteriorada	84,5	58,68055556
Lixo na rua	83,5	57,98611111
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	62,5	57,87037037
Metais pesados	117	57,35294118
Gás sulfídrico	114,5	56,12745098

Tabela 1 - Escores de importância normalizados (continuação)

Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	80,5	55,90277778
Alergias	93,5	55,6547619
Lixo doméstico descartado na rede	113	55,39215686
Fósforo acaba em mananciais (Billings)	108,5	53,18627451
Participação qualificada e popular em audiências públicas	76	52,77777778
Cultura dos descartáveis	76	52,77777778
Qualidade técnica das licitações	75,5	52,43055556
Compostos aromáticos	105,5	51,71568627
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	83,5	49,70238095
Percepção da coloração da água	71,5	49,65277778
Baratas	82	48,80952381
Fezes de animais	82	48,80952381
Índice de Nitrogênio	99,5	48,7745098
Carrapatos	80	47,61904762
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	68,5	47,56944444
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	67,5	46,875
Produtos orgânicos persistentes	95	46,56862745
Obstáculos de acesso ao rio	66,5	46,18055556
Resíduos da frota automotiva	93	45,58823529
Capivaras	76,5	45,53571429
Ciclovias aproximando a população do Rio	49	45,37037037
Ciclovias integradas aos modais de transporte	65	45,13888889
Impacto das autopistas da marginal no rio	48	44,44444444
Decomposição na zona bentônica	90	44,11764706
Denúncias sobre ações poluidoras	62,5	43,40277778
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	62,5	43,40277778
Varrição de ruas	62	43,05555556
Sabão em pó	85	41,66666667
Campanhas para reciclagem de pneus	59,5	41,31944444
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	44,5	41,2037037
Preço do uso água	56,5	39,23611111

Tabela 1 - Escores de importância normalizados (conclusão)

Impacto do Rio no sistema de transportes	54,5	37,84722222
Hormônios de anticoncepcionais	75	36,7647058
Toxinas carcinogênicas	73	35,78431373
Sobras de inseticidas	67,5	33,08823529
Algas	53,5	31,8452381
Borrifadores de inseticida	32,5	30,09259259
Jacarés	24,5	14,58333333

3.4.5 Teste da primeira hipótese

A primeira hipótese foi testada através do Teste não paramétrico do Sinal, que indicou existir entre os especialistas uma distribuição não aleatória em relação à importância das variáveis.

Hipótese 1: A distribuição dos pontos de importância para as variáveis prospectadas não é aleatória, mesmo sendo os especialistas de diferentes áreas do conhecimento.

Cada especialista, portanto, pode ter sua distribuição de pontos verificada conforme o sinal (negativo ou positivo) obtido com o valor da diferença entre as médias e as medianas.

Dessa forma, o consolidado dos doze especialistas em cada classe de sistema apresentou doze resultados no conjunto de variáveis que pontuou, e que, por sua vez, foram avaliados através de uma distribuição binomial do total de valores negativos obtidos. Nenhuma distribuição binomial ultrapassou a marca de 0,2 (mínimo convencionado para o teste ter significância). Em todos os testes a distribuição binomial dos sinais esteve abaixo dessa marca.

Os dados indicam que a Hipótese 1 não foi rejeitada, podendo-se assumir que a distribuição dos pontos não é aleatória.

As tabelas abaixo mostram a distância dos pontos de importância para a média dos dados em relação à mediana (aleatório) e se os valores são negativos ou positivos. São apresentadas as significâncias da distribuição binomial dos sinais em

cada conjunto de dados e os gráficos que representam as diferenças por percentil em cada um deles figuras 26, 27, 28, 29 e 30.

Tabela 2 - Teste não paramétrico do sinal nos Sistemas Estáticos

Especialistas*	Distância do Aleatório	Distância da Média	Diferença
Especialista1	4,727889717	3,847533375	0,880356
Especialista 15	4,768154163	4,736133872	0,03202
Especialista 3	4,838570523	3,573744581	1,264826
Especialista 4	4,801960384	4,243747804	0,558213
Especialista 5	4,808081432	3,6524345	1,155647
Especialista 6	4,514681931	4,745698086	-0,23102
Especialista 7	4,604984512	4,0069894	0,597995
Especialista 8	4,777397766	3,609231537	1,168166
Especialista 9	4,835530265	3,662821067	1,172709
Especialista 10	4,74651575	4,425813688	0,320702
Especialista 11	4,730999148	4,499682269	0,231317
Especialista 12	4,811139036	3,585042912	1,226096

*Trata-se da lista de especialista convocados para segunda rodada de entrevistas que pontuaram numericamente as variáveis.

O nível de significância dos resultados para a distribuição binomial dos sinais obtidos nos sistemas estáticos se mostrou muito alto (0,0031).

Figura 26 – Sistemas Estáticos: distância para o aleatório em percentis

Tabela 3 - Teste não paramétrico do sinal nos Sistemas Mecânicos

Especialistas	Distância do Aleatório	Distância Média	Diferença
Especialista1	3,222222222	1,81095679	1,411265
Especialista 15	7,5	9,255401235	-1,7554
Especialista 3	3,111111111	1,019290123	2,091821
Especialista 4	3,166666667	1,192901235	1,973765
Especialista 5	3,277777778	0,896604938	2,381173
Especialista 6	3,083333333	4,130401235	-1,04707
Especialista 7	3,083333333	3,544753086	-0,46142
Especialista 8	3,305555556	1,074845679	2,23071
Especialista 9	3,194444444	2,635030864	0,559414
Especialista 10	3,166666667	2,572530864	0,594136
Especialista 11	3	2,014660494	0,98534
Especialista 12	3,277777778	2,331790123	0,945988

O nível de significância dos resultados para a distribuição binomial dos sinais obtidos nos sistemas mecânicos se mostrou muito alto (0,072).

Figura 27 – Sistemas mecânicos: distância para o aleatório em percentis

Tabela 4 - Teste não paramétrico do sinal nos Sistemas Orgânicos

Especialistas	Distância do Aleatório	Distância Média	Diferença
Especialista1	7,089285714	4,946246356	2,143039
Especialista 15	7,410714286	4,694970845	2,715743
Especialista 3	7,839285714	5,28298105	2,556305
Especialista 4	8,017857143	5,918185131	2,099672
Especialista 5	7,660714286	5,733236152	1,927478
Especialista 6	7,071428571	5,209001458	1,862427
Especialista 7	7,321428571	7,261297376	0,060131
Especialista 8	8,035714286	6,920736152	1,114978
Especialista 9	7,964285714	6,655430029	1,308856
Especialista 10	8,053571429	4,126093294	3,927478
Especialista 11	7,785714286	5,999817784	1,785897
Especialista 12	7,410714286	6,231960641	1,178754

O nível de significância dos resultados para a distribuição binomial dos sinais obtidos nos sistemas orgânicos se mostrou muito alto (0,00024).

Figura 28 – Sistemas orgânicos: distância para o aleatório em percentis

Tabela 5 – Teste não paramétrico do sinal nos Sistemas Sociais

Especialistas	Distância do Aleatório	Distância Média	Diferença
Especialista1	4,166666667	4,822337963	-0,65567
Especialista 15	5,645833333	4,888310185	0,757523
Especialista 3	5,479166667	3,440393519	2,038773
Especialista 4	4,770833333	3,369212963	1,40162
Especialista 5	5,833333333	5,985532407	-0,1522
Especialista 6	5,0625	5,206018519	-0,14352
Especialista 7	5,5625	7,091435185	-1,52894
Especialista 8	5,6875	5,167824074	0,519676
Especialista 9	5,145833333	3,94212963	1,203704
Especialista 10	5,333333333	4,608796296	0,724537
Especialista 11	5,5	3,070601852	2,429398
Especialista 12	5,666666667	2,266782407	3,399884

O nível de significância dos resultados para a distribuição binomial dos sinais obtidos nos sistemas sociais esteve próximo do limite (0,193).

Figura 29 – Sistemas sociais: distância para o aleatório em percentis

Tabela 6 – Teste não paramétrico do sinal nos Sistemas Simbólicos

Especialistas	Distância do Aleatório	Distância Média	Diferença
Especialista1	5,125	4,480034722	0,644965
Especialista 15	4,708333333	4,466145833	0,242188
Especialista 3	4,1875	5,256076389	-1,06858
Especialista 4	5,520833333	2,592881944	2,927951
Especialista 5	5,666666667	6,526909722	-0,86024
Especialista 6	5,0625	5,667534722	-0,60503
Especialista 7	5,125	4,3671875	0,757813
Especialista 8	5,854166667	8,447048611	-2,59288
Especialista 9	5,708333333	4,337673611	1,37066
Especialista 10	5,791666667	5,016493056	0,775174
Especialista 11	5,541666667	3,8984375	1,643229
Especialista 12	5,416666667	2,061631944	3,355035

O nível de significância dos resultados para a distribuição binomial dos sinais obtidos nos sistemas simbólicos esteve próximo do limite (0,193).

Figura 30 – Sistemas simbólicos: distância para o aleatório em percentis

3.4.6 Elaboração da matriz de adjacência

A matriz de adjacência foi construída com base nas variáveis identificadas pelos especialistas. Foram analisadas pelo pesquisador, par-a-par, todas as combinações possíveis entre as 65 variáveis que compuseram esse trabalho. Caso fosse identificada uma relação provável entre as duas variáveis atribuiu-se o valor “1” para a combinação, caso contrário, o valor “0”.

A tabela 7 apresenta uma etiqueta numérica “N.” e o número de conexões de cada variável na matriz.

Tabela 7 - Número e conexões das variáveis na matriz de adjacência (continua)

N.	Variável	Conexões
1	Esgoto sanitário lançado no rio	29
2	Índice de Oxigênio	19
3	Rede de esgotos não conectada a ETEs	27
4	Ação desarticulada dos agentes políticos	18
5	Apropriação do rio pela população	37
6	Carrapatos	9
7	Bactérias anaeróbias	16
8	Visão sistêmica acerca do problema	61
9	Desbalanço hídrico da capital (déficit)	21
10	Material de assoreamento	24
11	Poluentes surfactantes	20
12	Ratos	18
13	Rede de drenagem levando poluição difusa	28
14	Dragas para desassoreamento	19
15	Baratas	13
16	Alergias	21
17	Afastamento da poluição (cultura sanitaria)	22
18	Jacarés	8
19	Formação de especialistas	12
20	Garrafas PET e embalagens	16
21	Poder de multar os agentes poluidores	17
22	Alto custo do equipamento para macrodrenagem	15
23	Paisagem deteriorada	31
24	Lixo na rua	23
25	Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	21
26	Metais pesados	7
27	Gás sulfídrico	18
28	Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	24

Tabela 7 - Número e conexões das variáveis na matriz de adjacência (conclusão)

N.	Variável	Conexões
29	Fezes de animais	19
30	Lixo doméstico descartado na rede	17
31	Fósforo acaba em mananciais (Billings)	13
32	Participação qualificada e popular em audiências públicas	16
33	Cultura dos descartáveis	17
34	Qualidade técnica das licitações	15
35	Compostos aromáticos	12
36	Presença de coliformes	18
37	Percepção da coloração da água	20
38	Doenças de veiculação hídrica	19
39	Mosquitos <i>Culex</i>	16
40	Índice de Nitrogênio	13
41	Algas	16
42	Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	22
43	Proibição legal do bombeamento de água para Billings	16
44	Produtos orgânicos persistentes	11
45	Obstáculos de acesso ao rio	12
46	Resíduos da frota automotiva	17
47	Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	15
48	Ciclovia	14
49	Ciclovia	17
50	Impacto das autopistas da marginal no rio	8
51	Decomposição na zona bentônica	22
52	Trânsito agravando a percepção negativa do rio	11
53	Denúncias sobre ações poluidoras	19
54	Varrição de ruas	22
55	Sabão em pó	17
56	Campanhas para reciclagem de pneus	14
57	Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	15
58	Preço do uso água	5
59	Impacto do Rio no sistema de transportes	8
60	Hormônios de anticoncepcionais	9
61	Toxinas carcinogênicas	14
62	Sobras de inseticidas	11
63	Flora na margem	9
64	Borrifadores de inseticida	7
65	Capivaras	8

Os formulários das matrizes de adjacência se encontram no ANEXO – B.

3.4.7 Teste da segunda hipótese

A segunda hipótese propõe a existência de uma intersecção entre o conjunto das variáveis mais importantes e o conjunto das variáveis mais conectadas:

Hipótese 2: O conjunto das variáveis com maior grau de importância é composto, em sua maioria (mais de 51%), pelas mesmas variáveis às quais se atribuiu maior grau de conectividade.

A fim de se testar a segunda hipótese calculou-se os terceiros quartis (maiores valores) de importância e conectividade do conjunto de variáveis.

O valor de 61,45 marcou o início do terceiro quartil dos dados segregando a massa de variáveis com maior grau de importância:

Tabela 8 – Variáveis com índice de importância a partir do 3.o quartil

Variável	Score total	Score Normalizado
Esgoto sanitário lançado no rio	204	100
Índice de Oxigênio	188,5	92,40196078
Rede de esgotos não conectada a ETEs	94	87,03703704
Ação desarticulada dos agentes políticos	117,5	81,59722222
Apropriação do rio pela população	111	77,08333333
Presença de Coliformes	128,5	76,48809524
Ratos	125,5	74,70238095
Promover a visão sistêmica acerca do problema	105	72,91666667
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	103,5	71,875
Material de assoreamento	146,5	71,81372549
Poluentes surfactantes	140	68,62745098
Mosquitos <i>Cullex</i>	114	67,85714286
Rede de drenagem levando poluição difusa	73	67,59259259
Dragas para desassoreamento	73	67,59259259
Flora na margem	108,5	64,583333
Bactérias anaeróbias	105	62,5
Afastamento da poluição (cultura sanitarista)	88,5	61,45833

O valor de 20 pontos marca o início do terceiro quartil dos graus de conectância das variáveis e segrega as variáveis mais conectadas do conjunto conforme a tabela abaixo:

Tabela 9 – Variáveis com índice de conexão a partir do 3.o quartil

Variável	Conexões
Promover a visão sistêmica acerca do problema	61
Apropriação do rio pela população	37
Paisagem deteriorada	31
Esgoto sanitário lançado no rio	29
Rede de drenagem levando poluição difusa	28
Rede de esgotos não conectada a ETES	27
Material de assoreamento	24
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	24
Lixo na rua	23
Afastamento da poluição (cultura sanitarista)	22
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	22
Decomposição na zona bentônica	22
Varrição de ruas	22
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	21
Alergias	21
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	21
Poluentes surfactantes	20

Em um universo de 27 variáveis, apenas 7 se mostraram comuns aos dois conjuntos, ou seja, 25,92% de compatibilidade, índice inferior aos 51% proposto na hipótese 2, conforme mostra o quadro 13:

Variáveis comuns entre altos graus de importância e conectância
Esgoto sanitário lançado no rio
Rede de esgotos não conectada a ETES
Apropriação do rio pela população
Visão sistêmica acerca do problema
Desbalanço hídrico da capital (déficit)
Poluentes surfactantes
Rede de drenagem levando poluição difusa

Quadro 13 - Variáveis comuns entre altos graus de importância e conectância

Com base nesses resultados, a segunda hipótese foi refutada.

O conjunto das variáveis mais importantes não é predominantemente composto por variáveis com maior número de conexões.

3.4.8 Elaboração do modelo conceitual

O modelo conceitual foi elaborado com um software para geração de gráficos hierárquicos e redes complexas indicado na metodologia. O *software* foi alimentado com todas as variáveis levantadas e com as conexões identificadas na matriz de adjacência. O modelo conceitual foi gerado com o algoritmo “Atlas”, que aproxima as variáveis com conexões entre si e centraliza as variáveis com mais conexões em relação a todas as demais.

O processo de renderização do modelo passou por três etapas. Primeiro, um esboço foi gerado, como pode ser visto na figura 31. Os números do pré-modelo correspondem às variáveis apresentadas na tabela 7.

Na segunda etapa o *software* calculou a modularidade das variáveis, ou seja, através dos graus de conectância e proximidade, foram identificados 5 grupos de variáveis que estão majoritariamente conectadas entre si dentro do modelo. A figura 32 apresenta os cinco conjuntos de variáveis por número de nós e classe de modularidade. As figuras 33, 34, 35, 36 e 37 apresentam as variáveis conectadas em cada módulo.

O modelo conceitual completo, por sua vez, foi gerado pelo *software* e apresentou os grupos modulares conectados. Ele representa uma imagem holística das interações entre as variáveis. A partir da imagem é possível identificar os módulos compostos por variáveis mais conectadas entre si em relação ao resto do conjunto. O modelo possibilita uma visão holística e transdisciplinar do problema da sustentabilidade do Rio Pinheiros. A figura 38 referente ao modelo conceitual se encontra no ANEXO – C.

Figura 31 – Esboço do modelo conceitual

Figura 32 – Cálculo da modularidade do modelo conceitual

Legenda: O eixo “Size (number of nodes)” ou “Tamanho (número de nós)” representa a quantidade de variáveis em cada módulo do sistema. O eixo “Modularity Class” ou “Classe de Modularidade” é um indicador da complexidade do módulo identificado

Os cinco subsistemas são apresentados nas figuras 33, 34, 35, 36 e 37.

Figura 33 – Grupo de variáveis do módulo 0 / variáveis ligadas à saúde
Os números representam as variáveis em interação apresentadas na tabela 6

Figura 34 - Grupo de variáveis do módulo 1 / variáveis ligadas aos resíduos sólidos
Os números representam as variáveis em interação conforme a tabela 6.

Figura 35 – Grupo de variáveis do módulo 2 / variáveis ligadas a carga poluidora orgânica
Os números representam as variáveis em interação conforme a tabela 6

Figura 36 – Grupo de variáveis do módulo 3 / variáveis ligadas às toxinas perigosas
Os números representam as variáveis em interação conforme a tabela

Figura 37 – Grupo de variáveis do módulo 4 / variáveis ligadas aos aspectos comunitários
Os números representam as variáveis em interação conforme a tabela 6

3.5 Discussão

3.5.1 Causas e efeitos

3.5.1.1 Causas e efeitos no processo de identificação dos *stakeholders*

Uma primeira consideração sobre a pesquisa reside no fato de se ter encontrado na literatura uma lista prévia de *stakeholders* que necessitou de poucas alterações, ou seja, a lista inicial com a qual se foi a campo para um pré-teste do instrumento de coleta sofreu poucas modificações devido à qualidade das referências consultadas.

Realizar o pré-teste foi fundamental para ajustar informações que se mostraram essenciais ao longo das entrevistas subsequentes. Para o pré-teste, a escolha de um especialista com mais de vinte anos trabalhando na questão da água em São Paulo também se mostrou relevante.

Da lista inicial de *stakeholders*, montada através de consultas à literatura, apenas dois *stakeholders* foram substituídos por sugestão do especialista consultado durante o pré-teste. Assim, foram retirados da lista inicial os *stakeholders* USP e BID e entraram a EMAE e a CPTM. As razões de se acatar as sugestões foram claras. A USP já estava representada pelo *stakeholder* IPT, com pesquisas intensivas no problema da sustentabilidade do rio, e o BID, por ter relativamente pouco envolvimento com o problema do Rio Pinheiros. Ademais, não se teve informação sobre atuações do BID na questão do Rio Pinheiros durante os últimos anos.

A substituição que elencou a EMAE foi de grande importância. Primeiramente porque a EMAE se mostrou um *stakeholder* dos mais importantes ao longo da pesquisa. A CPTM, por sua vez, mostrou-se importante pelo fato de estar administrando a ciclovias e pelo fato de ter a população transportada nos trens sendo constantemente impactada pela poluição do rio (gás sulfídrico).

Foi fundamental ir a campo para um pré-teste com a lista prévia de *stakeholders* e com o instrumento de coleta montado. Tal procedimento melhorou sobremaneira a coleta dos dados nas demais entrevistas. Vale notar que os dados coletados no pré-teste foram incorporados com sucesso nos resultados do trabalho.

Praticamente, todos os *stakeholders* foram citados por todos os especialistas. Na maioria das entrevistas a lista de *stakeholders* apresentou plena pertinência na escolha de cada um deles.

3.5.1.2 Causas e efeitos no processo de eleição dos especialistas

A eleição dos especialistas partiu de um contato prévio com o especialista que respondeu o pré-teste e a partir de indicações dadas por este informante foi-se montando o conjunto de 15 especialistas que participaram dessa pesquisa. A cada entrevista surgiram novos nomes, para os quais se tentava contato e agendamento. Nem todos os contatos puderam participar da pesquisa. Entretanto, os especialistas consultados, em sua totalidade, se mostraram profundos conhecedores do problema da sustentabilidade do Rio Pinheiros.

A lista de quinze especialistas contou com pessoas de formações muito diferentes, e além de suas formações serem diferentes, as profissões desses especialistas se distinguiram sobremaneira. De funcionários públicos de empresas de energia, passando por professores, políticos, consultores, jornalistas etc., todos, sem exceção, contribuíram com algo novo, com uma variável ou perspectiva nova sobre o problema. A diversidade dos especialistas foi fundamental para o sucesso da pesquisa.

A montagem de um banco de especialistas também se mostrou interessante. Embora a metodologia prescreva a consulta a doze especialistas, um banco com mais de vinte especialistas foi montado. Desses mais de vinte, quinze participaram efetivamente do estudo. Isso ocorreu porque nem todos os especialistas indicados tiveram disponibilidade ou interesse em participar. Não obstante, muitos se mostraram ávidos em participar da pesquisa, e os quinze especialistas que compuseram o quadro de informantes, doze inicialmente, com três substituições na segunda rodada de entrevistas – se mostraram interessados em ter acesso aos resultados obtidos. Nesse sentido, foi acordada a realização de uma rodada de palestras para apresentar a cada um deles os resultados da pesquisa.

Outro aspecto interessante para gerar comprometimento dos entrevistados foi o de apresentar claramente no primeiro contato o tema da pesquisa, os objetivos da

pesquisa e a sua justificativa, além de estimar para cada especialista o tempo total que ele iria gastar trabalhando nela. O número de contatos que provavelmente seriam feitos pelo pesquisador nessa tarefa também era indicado. Deixados livres para decidirem se gostariam de participar da pesquisa sabendo do empenho de horas que seriam necessárias, as adesões acabaram se concentrando em um grupo de especialistas que realmente tiveram interesse em colaborar. Com essa posição de clareza e transparência, conseguiu-se uma colaboração duradoura dos especialistas na condução do estudo.

3.5.1.3 Causas e efeitos no processo de identificação das variáveis

Seria impensável tratar de um problema complexo sem conhecer o panorama do caso estudado. Nesse sentido, constata-se que além da bibliografia teórica sobre modelagem conceitual e complexidade, que sedimentaram as bases teóricas desse trabalho, uma caracterização prévia do caso sobre o qual se aplicaria a teoria (Rio Pinheiros) foi muito importante.

Praticamente em todas as entrevistas os especialistas ao serem encorajados a falarem livremente sobre o rio, começaram contando histórias do Rio Pinheiros, para depois de uma ou duas horas, passar-se efetivamente a prospectar as suas variáveis de sustentabilidade. Uma conversa sobre a história do Rio, onde pesquisador e especialista trocaram informações livremente, “abriu a porta” para um diálogo mais aprofundado sobre o problema.

Na fase aberta das entrevistas, ao se tratar da história do rio, foram contados fatos pitorescos, “crônicas do rio” vividas por antepassados do entrevistado, “causos”, curiosidades. Isso aproximou o pesquisador da pessoa entrevistada. Ter feito um estudo, ainda que breve, caracterizando o Rio Pinheiros forneceu elementos históricos, geográficos, sociológicos e políticos para essa conversa inicial entre pesquisador e entrevistado. Tal aspecto gerou empatia e confiança, desinibiu-os frente ao gravador, dado que se poderia conversar livremente sobre um assunto de comum interesse entre ambos.

Essa empatia e confiança, na segunda fase da entrevista, facilitou sobremaneira o processo de identificação de variáveis, especialmente considerando-se que o trabalho de identificação das variáveis envolveu matrizes e quadros que nem sempre motivam as pessoas a falar. Essa empatia dada pela história informal do rio abriu ainda espaço para se tratar sobre delicados problemas políticos que envolvem a dinâmica de poluição do rio e suas responsabilidades.

O anonimato dos especialistas foi outra garantia dada para incentivar o livre depoimento de cada um deles.

Na fase fechada da primeira rodada de entrevistas, na qual a matriz criada para o instrumento de coleta (com os *stakeholders* e as classes de sistemas articulados entre si) foi aplicada, pode-se verificar eficácia plena para prospecção das variáveis. Todos os especialistas entenderam o conceito das classes hierárquicas de sistemas, inclusive porque a adaptação e simplificação do quadro proposto por Bertalanffy (p.12) foi pensada justamente para o contexto desse trabalho. As perguntas objetivas geradas pela matriz puderam ser respondidas ou não respondidas (caso o especialista desconhecesse tal tópico em específico) e garantiram a esperada coleta dos dados.

Os dados brutos foram tratados dando origem a 65 variáveis operacionais, objetivas e de relevância para a sustentabilidade do Rio Pinheiros. Ou seja, nesta etapa procurou-se reunir sob um mesmo “rótulo” diferentes indicações de mesmo significado ou conteúdo.

3.5.1.4 Causas e efeitos no processo de identificação da importância das variáveis

A segunda rodada de entrevistas – pontuação da importância das variáveis – foi realizada como previsto na metodologia. Houve necessidade de ler-se a descrição de algumas variáveis apresentadas, especialmente quando a variável em questão havia sido sugerida por um especialista de outra área que não aquela conhecida pelo especialista consultado.

Sobre a pontuação em si, a atribuição de importância das variáveis ocorreu conforme o previsto. Os escores foram calculados e as variáveis foram hierarquizadas. A normalização em uma escala de cem pontos foi feita para auxílio na classificação e a tabela foi montada.

3.5.1.5 O de teste da primeira hipótese

A primeira hipótese foi testada em duas etapas.

A primeira etapa consistiu em calcular para cada especialista, em cada classe de sistema, se a distribuição geral dos pontos atribuídos por eles entre as variáveis pontuadas foi aleatória ou não. Isso foi calculado através do teste não paramétrico do sinal, que avalia a distância entre a média geral dos pontos atribuídos pelos especialistas em relação à mediana da escala de pontos.

Dessa maneira, havendo uma diferença negativa entre a média e a mediana, pode-se dizer que o especialista distribuiu seus pontos de forma mais próxima do aleatório, e, sendo o resultado positivo, indicou-se que a distribuição não foi aleatória.

Em uma segunda etapa, calculou-se a distribuição binomial para os sinais negativos obtidos em cada classe de sistema. Assim, cada classe de sistema teve a quantidade de sinais negativos submetidos a uma distribuição binomial para que se testasse a significância dessa maioria de sinais positivos encontrados no Teste não paramétrico do Sinal.

A distribuição binomial em todos os casos ficou abaixo dos 0,2. Isto, por sua vez, indicou que a distribuição dos graus de importância não foi aleatória. A significância estatística mais baixa obtida nas distribuições binomiais do consolidado de sinais nas classes de sistema foi obtida nas duas últimas classes de sistemas (Sociais e Simbólicos), 0,193 em cada uma. Ou seja, foram obtidos altos índices de significância para as três primeiras classes de sistemas e significância limite para as duas últimas.

É importante notar que as distribuições binomiais limite (0,193) foram justamente nos sistemas Sociais e Simbólicos, ou seja, nos de avaliação mais subjetiva. São as classes de sistemas nas quais as variáveis estão mais susceptíveis às impressões pessoais dos especialistas. Por essa razão, provavelmente a distribuição dos dados tenha sido mais uniforme.

Essa era uma dificuldade esperada no contexto desse trabalho. Experimentar o comportamento de diferentes classes de sistemas em um modelo conceitual fez parte, desde o início, da proposição da pesquisa. Essa é a dificuldade encontrada nas

pesquisas sobre sistemas humanos e naturais acoplados e testes nesse sentido são bem vindos.

Pode-se dizer que foi mais fácil e com maior índice de concordância entre os especialistas, avaliar as variáveis biofísicas do que as variáveis sociais e simbólicas, dado seu grau de subjetividade.

Entretanto, apesar dessa dificuldade, a distribuição binomial mostrou que não fora aleatória a atribuição de pontos de importância entre os especialistas: 1) mesmo em sistemas sociais e simbólicos (abstratos), 2) mesmo em um contexto no qual os especialistas consultados eram de formações completamente diferentes e 3) mesmo sendo eles de profissões diferentes.

Para finalizar, há um ponto que merece comentário: O fato de nos sistemas mecânicos, os dois últimos percentis de dados (figura. 27), se mostrarem mais tendenciosos para uma distribuição aleatória. Como a distribuição binomial mostrou alto nível de significância (0,072), resta crer que a discrepância no gráfico se deu pela avaliação diferenciada de um especialista isolado, o que não inviabilizou a confirmação da hipótese no consolidado da distribuição binomial.

3.5.1.6 Causas e efeitos no processo de elaboração da matriz de adjacência

A matriz de adjacência foi elaborada com a identificação de conexões entre as variáveis par a par, até se esgotarem as possibilidades de combinação entre as 65 variáveis. As variáveis mais conectadas foram obtidas através do processo de uma filtragem da planilha de dados na qual todas as variáveis apresentaram suas conexões com as demais.

Há duas considerações importantes sobre esse processo. A primeira é sobre uma limitação metodológica, a segunda é sobre uma limitação epistemológica do campo do conhecimento.

Sobre o método de atribuição das conexões entre as variáveis é importante notar que diferiu das etapas anteriores pelo fato das conexões serem identificadas não pelos especialistas, mas pelo próprio pesquisador. Esse procedimento esteve prescrito na metodologia desde o início da pesquisa, pois seria impraticável para cada um dos doze

especialistas convidados passar uma semana estudando todas as combinações possíveis entre as variáveis a fim de se identificar se há relação entre elas ou não. Seria sobremaneira exaustivo. Dessa forma, a matriz de adjacência com a identificação das conexões entre as variáveis foi elaborada pelo próprio pesquisador, conforme Bendoricchio e Jørgensen (2001) recomendam claramente. A matriz de adjacência pôde ser elaborada por um só pesquisador no processo de modelagem conceitual, visto que não há restrições na literatura que obstruam a solução operacional adotada nesse trabalho. Naturalmente que caso houvesse recursos para empenhar os doze especialistas no sentido de cada um deles sugerir as suas conexões na matriz de adjacência, o método se mostraria mais uniforme (a consulta aos especialistas seria mantida em todas as etapas da pesquisa). Tal aspecto se mostra como uma contribuição para a metodologia de futuros trabalhos. Deve-se ressaltar, entretanto, que o conhecimento acumulado pelo pesquisador para que se estruturasse a matriz de adjacência foi um conhecimento gerado justamente a partir das entrevistas com os próprios especialistas, ao longo das 24 entrevistas prévias (primeira e segunda rodada).

Sobre a questão epistemológica pode-se dizer o seguinte: A atribuição de conexões entre as variáveis sociais e simbólicas com as demais variáveis é de difícil categorização e de alta subjetividade. Uma dificuldade epistemológica que esse estudo identificou foi exatamente a formulação de um critério de distância (significativa) entre algumas variáveis sociais e simbólicas das variáveis mais objetivas e concretas.

A possibilidade da construção de SHNA – Sistemas Humanos e Naturais Acoplados; com vários níveis hierárquicos e categorias lógicas diferentes operando simultaneamente, tem nesse problema epistemológico o maior desafio do seu campo de conhecimento.

Uma saída interessante para esse impasse seria ter recurso para aplicar a matriz de adjacência nos doze especialistas e calcular o desvio padrão das respostas. Isso traria ao estudo um índice novo, um índice de desvio entre modelos cognitivos, ou desvio de subjetividades. Haveria consenso entre os especialistas sobre a natureza das conexões entre as variáveis? Dado o desvio padrão dessas discrepâncias, seria possível, pela maioria, atribuir ou não, a conexão subjetiva. A maioria de votos no haver

conexão direta ou não também seria um critério interessante para construção da matriz de adjacência.

O fato de ter-se escolhido elaborar um modelo conceitual baseado em um *software* de modelagem de redes complexas e hierárquicas para esse estudo se deu justamente por esse desafio. A modelagem de fluxo de energia e quantitativa seria impossível nesse contexto. No entanto, uma modelagem de variáveis do tipo verbal-figurativo, mesmo sendo elas de diferentes classes de complexidade, torna-se possível, pois se trata de modelar conceitos e não modelar dados puramente objetivos.

Se por um lado essa opção leva a uma perda em objetividade e impossibilita o cálculo de fluxos energéticos ou de bits de informação no sistema, tão realizados em modelagens convencionais, o método composto para esse trabalho, que se vale de uma estrutura em rede, abre um campo para aplicação de modelos conceituais (verbais-figurativos) em sistemas sócio-ecológicos. Isso tem implicações concretas para a gestão ambiental, na medida em que essas modelagens podem orientar políticas de intervenção nesses sistemas que partem do modelo conceitual construído.

A modelagem conceitual verbal-figurativa de solução analítica pode ser uma ferramenta interessante para gestão ambiental. Sobre as possibilidades futuras de cálculo dos estados do sistema, algumas considerações sobre modelagem semiquantitativa devem ser tecidas ainda no final desse capítulo.

3.5.1.7 O teste da segunda hipótese

A segunda hipótese propunha que haveria uma sobreposição da maioria das variáveis considerando-se o conjunto das variáveis mais importantes e o conjunto das variáveis mais conectadas. Para tanto, os subconjuntos segregados pelos quartis de maior importância para as duas pontuações seriam calculados para o teste. Na intersecção dos dois subconjuntos apenas 25,92% das variáveis foram comuns, e de fato, a hipótese foi refutada.

A razão para ter-se refutado essa hipótese pode ser vista por três ângulos:

(1) houve uma superestimação do valor de teste (51% - maioria) das variáveis sobrepostas. Conforme fora colocado anteriormente, por não ter sido encontrado na literatura um teste de hipótese semelhante a esse, optou-se por começar com o critério da maioria. Não obstante, se a sobreposição de 25% (sete variáveis em um conjunto de vinte) não foi suficiente para corroborar a segunda hipótese, o conjunto de variáveis encontrado se mostrou suficiente para elaborar um plano de ação que vise à gestão ambiental de um sistema sócio-ecológico. O conjunto de sete variáveis, conforme se discutirá adiante se mostrou consistente para formulação de uma agenda de ação. Uma segunda pergunta a ser feita: Até que ponto não seria interessante alterar o rigor do teste se com 25% de sobreposição já se encontrou elementos suficientes para proposição de uma agenda de ação concreta sobre o sistema estudado?

(2) será que o fato da matriz de adjacência ter sido feita pelo próprio pesquisador e não em consenso por todos os especialistas, interferiu nesse resultado, tendo em vista que as variáveis mais importantes foram selecionadas por doze especialistas e as variáveis mais conectadas foram identificadas pelo pesquisador? Volta-se ao tópico anterior, onde se discute as limitações operacionais da metodologia empregada. Para responder a essa pergunta seria preciso dar continuidade à pesquisa tendo como uma das proposições a de uma nova rodada de entrevistas, coleta de dados e mais um teste da segunda hipótese. Nesse caso, se a hipótese fosse novamente refutada, poderíamos dizer, com um pouco mais de certeza, que nos estudos de sistemas sócio-ecológicos que envolvam sistemas hierárquicos e complexos, a quantidade de conexões das variáveis do sistema não está diretamente relacionada com a percepção de importância das variáveis por especialistas no assunto. Se a hipótese fosse confirmada, seria interessante acrescentar ao método um adendo, sugerindo novos procedimentos.

(3) a hipótese pode ter sido refutada pelo fato de que a importância das variáveis de um sistema do tipo estudado depende não apenas do número de conexões, mas, mais do que isso, da natureza e força dessas conexões. Seria necessário nesse caso, substituir os procedimentos da matriz de adjacência adotados para se adotar procedimentos de outras matrizes encontradas na literatura. Partindo desse enfoque, seria interessante coletar não apenas a existência das conexões ou não, mas também

a intensidade de força dessas conexões. Uma escala nesse sentido poderia acrescentar uma sensibilidade importante para uma nova tentativa de validação dessa hipótese.

3.5.1.8 Análise das variáveis mais importantes e mais conectadas

Partindo-se do conjunto de variáveis mais importantes e mais conectadas, esse tópico retoma o quadro 13 e discute a aplicação empírica dessas variáveis de forma ensaística. Trata-se de reflexões livres do pesquisador acerca do problema concreto da poluição do Rio Pinheiros e de como o modelo conceitual poderia ajudar na tarefa de fazer a gestão ambiental do rio.

O objetivo dessa discussão é mostrar a relevância qualitativa do conjunto de variáveis selecionadas para o teste da segunda hipótese. As variáveis do quadro 13 são: (1) Esgoto sanitário lançado no rio, (2) Rede de esgotos não conectada a ETEs, (3) Apropriação do rio pela população, (4) Promover a visão sistêmica acerca do problema, (5) Desbalanço hídrico da capital (déficit), (6) Poluentes surfactantes, e, (7) Rede de drenagem levando poluição difusa.

(1) a variável mais importante e com alto número de conexões foi o “Esgoto sanitário lançado no rio”. O método identificou esta variável com importância máxima ao passo que se sabe que o esgoto sanitário corresponde, de fato, ao maior volume de carga poluidora que o rio recebe.

Ao longo das entrevistas os especialistas notaram que esforços vêm sendo empregados no sentido de diminuir a carga de esgotos que é lançada no rio. Todos eles concordaram com o fato de que é preciso ampliar a rede de coleta de esgotos e tratar os efluentes.

Sabe-se que diversas cidades conseguiram melhorar o aspecto dos rios urbanos com o tratamento de esgoto em ETEs, sempre em programas que levaram décadas e cujos orçamentos foram de grande monta. Esse caminho vem sendo tentado no caso do Rio Pinheiros, entretanto, com resultados aquém daqueles esperados pela população. Décadas de trabalho já foram empreendidas e um volume colossal de

recursos foi aplicado. No entanto, o rio está longe de sair da triste marca da “classe IV”, ou seja, um “rio morto”.

Considerando-se o problema do lançamento do esgoto a partir de aspectos sistêmicos identificados ao longo da pesquisa, vale notar que: a) A tecnologia de tratamento em ETEs não limpa completamente a água, devolvendo-a imprópria para o consumo e para a vida dos peixes; b) a população cresce e ocupa áreas mais rápido que o Estado parece ser capaz de implantar saneamento básico; c) a solução das grandes ETEs está dentro de um paradigma conceitual do pós-guerra (planificação) quando vivemos na pós-modernidade (sociedade em rede); d) A dissipação entrópica do esgoto na água exige muita energia e informação para que se limpe a água “molécula a molécula”, ou seja, limpar a água é um desafio termodinâmico; e) a água é um bem precioso demais para ser poluída, tanto é assim que nos estudos de ecologia não se verifica os animais terrestres tendo a cultura sanitária do ser humano “moderno”; f) ao lançar dejetos na água perde-se a oportunidade de “compostar” as fezes humanas e produzir fertilizantes e energia. Todos esses questionamentos de perspectiva sistêmica levaram a uma pergunta:

Porque não se pensar em uma solução de banheiro seco, que é simples, barata, de baixa tecnologia e aplicada com sucesso em ecovilas, para a cidade de São Paulo?

Várias são as dificuldades enfrentadas para essa proposição. A resistência a esse tipo de mudança é primeiramente cultural. Existe ainda o problema da logística para fazer-se a compostagem de todos os excrementos humanos coletados, e o fato de que boa parte da arquitetura ocidental “não reconhece” esse tipo de solução.

Não cabe aqui discutir os pormenores da adoção de uma solução de banheiro seco para as grandes metrópoles, mas é sim tarefa dessa pesquisa perguntar por que não se pensa sobre o assunto, recorrendo sempre ao discurso antigo de saneamento nos moldes do pós-guerra. A visão sistêmica aponta que uma solução de banheiro seco dependeria da articulação de variáveis diversas, de cunho cultural, legal e econômico. Entretanto, os benefícios de uma solução nesses moldes seriam imensos. Não se poluiria mais a água do Rio com esgoto doméstico, se poderia usar os dejetos para geração de energia ou fertilizantes, diminuindo a carga de produtos químicos na agricultura. A logística poderia ainda ser pensada com estações em microescala, e as

barreiras culturais vencidas por campanhas educativas e recursos legais de incentivo à inovação na tecnologia de saneamento doméstico.

Acima de tudo, ao se pensar no problema do lançamento de esgoto na água, o conhecimento adquirido ao longo dessa pesquisa aponta a necessidade urgente de se pesquisar soluções holísticas que não limpem o rio, mas que impeçam, de um ponto de vista do metabolismo social, o seu processo poluidor.

(2) a segunda variável “Rede de esgotos não conectadas às ETEs” é um reflexo da falta de capacidade do Estado de garantir o tratamento do esgoto gerado em uma cidade de milhões de habitantes. Limitações das mais diversas contribuem para esse quadro. A falta de verbas, a falta de soluções técnicas apropriadas, o fato de haver ocupações clandestinas que, mesmo quando há recursos e tecnologia, não são passíveis de serem conectadas à rede de esgotos convencional por problemas legais... Isso sem falar no aspecto de adensamento da população que exige investimentos em ritmo crescente.

De fato, o problema da inexistência de parte da “rede de coleta”, é uma exigência inerente a soluções típicas da ideologia do pós-guerra (modernistas - soluções planejadas, de porte faraônico), ou seja, soluções em grande escala. Caso houvesse soluções regionais para a coleta do esgoto, com tecnologias de purificação, liofilização, tratamento, compostagem local etc., ou seja, soluções em microescala, não haveria a necessidade de tantos milhares de quilômetros de rede. Há ampla falta de estudos de custo comparando a filosofia sanitária em microescala com a praticada, em macroescala.

(3) para que as duas variáveis descritas acima tivessem o tipo de solução que se ensaia nesse tópico do trabalho, seria preciso que o Rio passasse a ser percebido como algo próprio e legítimo da paisagem, algo a ser respeitado e do qual se aproximar, e não a ser isolado e ignorado pelas pessoas. O rio é visto como um depósito de lixo pela população. Justamente a terceira variável da lista “Apropriação do rio pela população” aponta uma falta de apropriação do rio por parte das pessoas, como sintoma de uma sociedade doente, cuja cegueira é tamanha que não consegue perceber o contra-senso que é um rio de esgoto cortando a cidade mais rica do país.

Desse ponto de vista, São Paulo se apresenta como um grande aglomerado de prédios modernos em meio ao esgoto a céu aberto.

O aspecto paisagístico deplorável mostra muito do que se passa nos valores do cidadão cujas preocupações se limitam à vida privada. São relegados os problemas públicos e as benesses que a apropriação pública de um rio limpo poderia trazer à população. O custo da poluição do rio é incomensurável (perdas com turismo, comércio na orla, transporte, geração de energia em Henri Bordem, saúde pública...). A perda da qualidade de vida que o problema ambiental do Rio Pinheiros trás é impensável e tão pouco faz parte da preocupação da maioria população. Mudar a percepção de apropriação do rio por parte da população seria um fator catalizador para proposição de soluções inovadoras de fato para o problema do Rio Pinheiros em São Paulo.

(4) “Promover a visão sistêmica acerca do problema”, quarta variável elencada, contém os elementos cognitivos, educacionais e informativos aos quais a população deveria ter acesso para atingir o tipo de percepção que a variável anteriormente descrita suscita. Seria mostrando as conexões lógicas do sistema que polui o rio que o cidadão poderia identificar (i) O contra-senso ambiental que é o problema do Rio Pinheiros na capital de São Paulo; (ii) Os reais impactos dessa poluição na sua vida; (iii) O que de fato ele poderia ganhar com o rio limpo. Assim, promover a visão sistêmica como elemento fundamental para educação ambiental e gestão ambiental, preenche de dados e relações concretas as variáveis que deveriam ser trabalhadas no ideário da população.

A visão sistêmica revelaria ainda os problemas que transcendem os limites geográficos do rio.

O fato de São Paulo importar água de outros municípios é a quinta variável apontada na lista: (5) Desbalanço hídrico da capital (déficit). Por importar água limpa e gerar esgoto com essa água, a carga de esgotos lançados no rio se torna incompatível com a quantidade de chuva que cai na cidade e que poderia diluir o esgoto que usualmente seria produzido por ela. Ou seja, por importar água, São Paulo proporcionalmente gera mais esgoto do que a quantidade de água que possui no seu regime hidrológico. Esse desbalanço hídrico deveria ser de conhecimento da população, assim como os riscos políticos dessa apropriação de águas de outros

municípios. Havendo abundância de água o problema fica encoberto e pouca importância à economia de água é atribuída pela população. Não obstante, com o comprometimento dos estoques de água que as cidades vizinhas passarão no futuro – visto que estão em processos urbanos semelhantes ao de São Paulo – o problema ganha importância em escala de tempo ampliada. As Nações Unidas há anos vêm alertando que conflitos regionais por água serão comuns em um futuro não muito distante.

Economizar água e incentivar cidades vizinhas a não adotarem o modelo de crescimento de São Paulo aparece como tarefa importante.

(6) sobre os “Poluentes surfactantes” (sabão em pó etc.) pode-se dizer que pouco se sabe sobre o investimento de empresas multinacionais em desenvolver tensoativos e desengraxantes biodegradáveis, ou ainda, sabões baseados em química orgânica e compostos enzimáticos para esse fim. Há uma cadeia química que comercializa os mais diversos produtos químicos danosos à vida sem qualquer restrição de controle ambiental. Tão pouco existe exigências de longo prazo para substituição de produtos químicos que acabam destruindo os ecossistemas aquáticos. A população compra e usa tais produtos sem qualquer tipo de questionamento acerca das consequências que suas escolhas (ou falta delas) podem gerar. A visão sistêmica do impacto dos compostos surfactantes poderia ser de conhecimento público e forçar investimentos em pesquisas que criassem novas composições químicas para substituição das atuais, menos agressivas, ou ainda o aperfeiçoamento do uso de cerâmicas, por exemplo, para quebra da tensão superficial da água, facilitando a lavagem.

Infelizmente a lógica hegemônica do mercado é orientada pelo lucro e não pelo valor à vida, seja ela humana ou relacionada a ecossistemas naturais. E a biodiversidade do Rio Pinheiros, em parte pelo lançamento de compostos surfactantes, foi exterminada. Sobraram bactérias anaeróbias, ratos e baratas – adaptados às condições deste rio.

(7) A “Rede de drenagem levando poluição difusa”, por sua vez, carrega com chuva o lixo descartado nas ruas da cidade, lixo este que é composto basicamente de embalagens, produtos plásticos e resíduos da frota automotiva.

Da mesma forma que os poluentes surfactantes, a indústria de embalagens/bens de consumo não é submetida a nenhum tipo de responsabilidade a respeito dos descartes secundários que gera. Pelo contrário, há uma aparente aceitação e incentivo à cultura dos descartáveis.

Para diminuir a quantidade de poluição difusa que acaba no rio, o modelo mostra que seria necessária uma atuação diversificada: aumentar a biodegradabilidade das embalagens, educar a população a não jogar lixo no chão, responsabilizar as empresas a dar opção de coleta e reciclagem de seus resíduos pós-consumo, melhorar o serviço de varrição de ruas, instalar mais lixeiras na cidade, garantir o esvaziamento dessas lixeiras periodicamente, para citar apenas algumas iniciativas necessárias. Seria ainda preciso considerar soluções de reciclagem para esses resíduos.

A frota automotiva é um capítulo à parte. Resíduos químicos perigosos, como compostos aromáticos, metais pesados, óleos, graxas e poeira de pneus são elementos poluentes importantes na equação do problema do Rio Pinheiros. Muitos desses elementos são carcinogênicos, alguns são oriundos dos próprios carros e têm nas limitações da tecnologia de transporte a responsabilidade pela contaminação do Rio. Outros, como fenóis e toluenos resultantes da lavagem de tanques nos postos de gasolina são de responsabilidade de pessoas jurídicas, muitas vezes ligadas a grandes conglomerados do setor de energia. Não há sequer pressão da sociedade para se equacionar o problema.

Por fim, os pneus velhos que acabam nas margens do Rio contribuem para a proliferação de mosquitos vetores de doenças e os que acabam no fundo, contribuem para o assoreamento, e, portanto, contribuem com o risco de enchentes caso as máquinas de drenagem para controle do fluxo do rio falhem ou sejam insuficientes em seu trabalho (conforme já aconteceu). A poeira de pneus da frota automotiva de São Paulo, por sua vez, contribui para o comprometimento da coloração da água.

Pode-se constatar que mesmo não se tendo confirmada segunda hipótese, as variáveis que se sobrepuseram nos altos graus de importância e conectividade são variáveis que dão conta dos principais fatores de impacto na sustentabilidade do rio. Constatou-se na seleção de variáveis feita pelo método uma apreensão holística do problema.

Longe de esgotar a análise dessas variáveis e das possibilidades de atuação sobre elas, nesse tópico, quis-se mostrar que o método é capaz de hierarquizar os pontos onde as políticas de gestão do problema podem intervir e mais do que isso, mostrar que o modelo conceitual é uma ferramenta, na forma de um mapa, que mostra como essas variáveis estão se relacionando com as demais.

3.5.1.9 O modelo conceitual

Sobre a construção do modelo conceitual há os seguintes pontos a serem discutidos: (1) a diversidade das variáveis e o tipo de modelo conceitual construído, (2) aspectos referentes aos modelos de dados, aos modelos cognitivos e aos modelos conceituais vistos na revisão bibliográfica desse estudo (ver tópico 3.1.11) (3) a escolha do software para auxiliar na construção dos dados, (4) o cálculo da modularidade do modelo, (5) os graus de importância e relevância como subsídios para gestão ambiental, (6) o modelo conceitual como um mapa holístico.

(1) Nos modelos em que as variáveis pertencem a apenas uma categoria lógica, ou ainda, de apenas uma classe hierárquica de sistema, é mais simples identificar as relações entre as variáveis, os sentidos de causa ou efeito, se essas relações são fortes ou fracas e, em alguns casos, o que elas significam matematicamente. Tais modelos são susceptíveis a cálculos de estado dos sistemas ali representados. De fato, pode-se, através da inferência quantitativa das interações entre os componentes do sistema, estimar quais os estados que as variáveis do sistema assumirão ao interagirem entre si.

Entretanto, atingir esse grau de detalhamento é uma tarefa que o atual estado da ciência ainda é incapaz de resolver se o sistema for muito complexo. Isso porque o problema cresce exponencialmente com a quantidade de variáveis em interação. Algumas tentativas de se criar modelos de cálculo semiquantitativos (com grandezas discretas para as variáveis – por exemplo: alto, média ou baixa) para um número pequeno de variáveis já tem esbarrado em limites da capacidade de cálculo dos computadores atuais.

Considerando-se essa limitação e a necessidade premente de se construir um modelo que fosse holístico, hierárquico e transdisciplinar, partiu-se do pressuposto que o modelo não poderia ser numérico, seria um modelo puramente conceitual. Para construir esse modelo conceitual, seria necessário contar principalmente com seres humanos, dotados da capacidade de pensar de forma holística os problemas complexos inerentes à pesquisa e construir assim um modelo conceitual.

(2) na tarefa de modelar um sistema de mais de cinquenta variáveis cuja complexidade já fora descrita, optou-se por consultar especialistas, dado que, com suas estruturas cognitivas, trabalhando há dezenas de anos sobre o problema, poderiam fornecer os elementos necessários para modelagem conceitual pretendida. A figura do pesquisador, por sua vez, assumiu a tarefa de coordenar e organizar as informações fornecidas pelos especialistas e identificar as relações entre as variáveis.

Por isso, o modelo conceitual construído é um modelo conceitual alicerçado sobre quinze modelos cognitivos e o modelo cognitivo do pesquisador, gerando o sistema construído. O teste da primeira hipótese é um indicador de concordância entre os modelos conceituais que supostamente foram constituídos ao longo dos anos sobre um modelo de dados (construído sobre um caso comum a todos, o rio).

Tanto assim que a maneira encontrada para se representar graficamente o modelo conceitual do tipo proposto assumiu a forma de uma rede ecológica de ideias, e curiosamente, do ponto de vista gráfico, o modelo se assemelhou mais a modelos neurais do que a modelos de caixas.

(3) o processo de elaboração gráfica do modelo conceitual envolveu uma tomada de risco. Não haviam sido encontradas soluções consagradas na literatura especificamente para esse fim. Poder-se-ia desenhar o modelo à mão, com suas centenas de conexões ou tentar achar um *software* que auxiliasse nessa tarefa. Quando se iniciou a pesquisa não se tinha conhecimento do *software* que seria empregado, e considerava-se a hipótese de se empregar alguns meses desenhando o modelo à mão. A descoberta de um software que modela redes complexas ao longo da elaboração do projeto de pesquisa foi vista com otimismo e com apreensão, pois haveria o risco do programa não corresponder às expectativas e o trabalho não resultar em um modelo satisfatório.

Para surpresa do pesquisador, o software não apenas atendeu às expectativas, mas também forneceu ferramentas para outras análises, como o cálculo da modularidade entre as variáveis, a filtragem de dados e a disposição espacial das variáveis calculadas por um algoritmo que confere significado à geometria espacial do modelo. Ou seja, a morfologia do modelo proposto tem significado matemático. Não obstante, o software teve importância menor em relação à contribuição humana no processo de modelagem. Entretanto deve-se destacar que o uso do computador foi uma contribuição que tornou possível gerar o modelo em um par de semanas (após quatro meses de coleta em campo). Sem o *software* seriam necessários meses para representar os resultados. Ou seja, o software não resolveu o problema, mas tornou mais rápida a sua solução.

(4) ao ser informado com os dados, o *software* pôde calcular a posição das variáveis no modelo conceitual aproximando as variáveis com maior afinidade, afinidade essa medida pelo número de conexões entre si. O processo seguinte foi calcular a modularidade do modelo, ou seja, quais são os grupos de variáveis com alto nível de conectância que compõem o modelo. Foram identificados cinco módulos no modelo conceitual. Conforme as ilustrações 22, 23, 24, 25 e 26, os módulos calculados pelo *software* se agruparam em cinco estruturas: O módulo “verde” com sete nós, sendo as variáveis relacionadas principalmente aos problemas de saúde pública associados ao rio (ratos, carrapatos, *Aedes aegypt* e doenças de veiculação hídrica...). O módulo “azul”, com quinze nós, cujas variáveis remetem predominantemente aos resíduos sólidos que deterioram a paisagem do rio (material de assoreamento, poluição difusa, garrafas pet, lixo na rua, lixo doméstico descartado na rede, varrição de ruas e redes de retenção de material flutuante...). O módulo “amarelo” com dezoito nós, aglutinou as variáveis de poluição da água do rio, ou seja, as principais cargas poluidoras que destroem o ecossistema do rio (esgoto, índice de oxigênio, poluentes surfactantes, fósforo, índice de nitrogênio, desbalanço hídrico da capital, bactérias anaeróbias, gás sulfídrico...) sendo claramente o subsistema que mais compromete a qualidade da água sob uma perspectiva biofísica. O módulo roxo, com onze variáveis, composto principalmente por variáveis que poluem o rio em pequenas quantidades, mas cujo potencial de dano à vida, em especial aos seres humanos é alto (metais

pesados, compostos aromáticos, produtos orgânicos persistentes, hormônios, Desruptores endócrinos, toxinas carcinogênicas e inseticidas...). E o módulo vermelho, com as variáveis mais relacionadas aos aspectos sociais da sustentabilidade do rio (ciclovias, campanhas de reciclagem, formação de especialistas, participação popular em audiências públicas...).

A identificação dos módulos se mostrou consistente nos seus resultados, dividindo o modelo conceitual em unidades coerentes do ponto de vista significativo das variáveis, ou seja, as aglutinações nos módulos puderam ser caracterizados em dinâmicas poluidoras distintas. O fato de o computador ter identificado através de um algoritmo matemático módulos de variáveis que notadamente possuem afinidade entre si na dinâmica poluidora é um indicador de que o modelo é fidedigno do ponto de vista sistêmico.

(5) com base nos módulos identificados, a gestão ambiental para uma agenda de sustentabilidade fica mais fácil de ser proposta. Longe de querer com esse trabalho exaurir as possibilidades de gerir um sistema sócio-ecológico a partir de um modelo conceitual, com base nos módulos de variáveis que se relacionam predominantemente entre si e com base nos índices de conectância e importância das variáveis, é possível identificar em cada módulo quais são as variáveis que devem ser “atacadas”. Ou seja, sendo os recursos limitados, torna-se possível melhorar a qualidade dos investimentos na elaboração de políticas de sustentabilidade ao se servir das informações prospectadas. A atuação poderia ser tratada por módulo ou através de uma visão realmente holística, na qual o gestor ambiental poderia, como um “acupunturista”, estimular ou estancar a atividade de diversos pontos no sistema (os mais conectados de cada módulo, por exemplo) e esperar que as alterações nesses pontos mais conectados reverberassem nos pontos adjacentes (no próprio ou demais módulos) gerando uma mudança sistêmica que não seria possível pela lógica reducionista.

As sete variáveis selecionadas no teste da segunda hipótese, são predominantemente do módulo amarelo (cinco), havendo ainda uma variável do módulo roxo e uma variável do módulo azul. Seria interessante elaborar uma agenda de atuação partindo dessas sete variáveis e as variáveis a elas conectadas gerando sinergia na ação planejada.

Este tipo de atuação pressupõe que uma mudança no sistema poderia ser obtida interferindo-se em poucos pontos do sistema, mas em pontos que são fundamentais por influenciarem sobremaneira o comportamento dos demais. Assim, poderiam ser obtidas melhorias em indicadores de sustentabilidade com ações mais eficazes. Segundo essa lógica sistêmica, mudanças apareceriam de forma espontânea em pontos sobre os quais não houve intervenção.

(6) considerando-se que o modelo conceitual se apresentou como um mapa que possibilita uma atuação holística em um sistema complexo, tal como um mapa de “acupuntura ecológico”, pode-se dizer que a concepção holística foi resultado de dois elementos fundamentais na metodologia da pesquisa: A classificação de Sistemas de Bertalanffy e a *Stakeholder Analysis*. A primeira deu à pesquisa uma visão em profundidade, na medida em que mapeou variáveis de hierarquias de complexidade crescente. A segunda conferiu ao estudo um caráter abrangente, ou seja, uma visão de amplo espectro. Ao juntar uma visão profunda com uma visão ampla, conseguiu-se criar um modelo em computador que parece ter sido satisfatório para orientar a gestão de sustentabilidade em sistemas complexos como o que foi aqui estudado.

3.5.2 Aplicações e limitações teóricas do estudo

A principal aplicação do estudo realizado é fornecer a toda comunidade científica e aos profissionais ligados à sustentabilidade do Rio Pinheiros um modelo conceitual sobre o qual existem dados que podem apoiar a formulação de políticas e agendas a fim de promover a sustentabilidade do Rio Pinheiros.

Nesse sentido o estudo fornece as variáveis mais importantes e conectadas, o modelo conceitual e os módulos para visualização e interferência no sistema sócio-ecológico em questão. Assim, cada pesquisador ou executor que trabalhar com alguma das variáveis prospectadas poderá procurar no modelo quais são os fatores intervenientes relativos ao problema sobre o qual precisa se debruçar na questão da sustentabilidade do Rio Pinheiros. A aplicação dos resultados obtidos na gestão ambiental do Rio Pinheiros é um aspecto que deve ser tratado em ações futuras, em

conjunto com os *stakeholders* envolvidos. Na perspectiva dessa contribuição o trabalho gerado por essa pesquisa mal começou.

O modelo mostrou cinco módulos de variáveis, um módulo ligado às questões de saúde, um módulo ligado à poluição de maior volume, um módulo de poluentes altamente tóxicos de pequenas quantidades, um módulo de variáveis ligadas a resíduos sólidos e um último módulo de variáveis ligadas às questões sociológicas que afetam o rio. Seria possível aplicar essa modularidade para formar equipes de atuação coordenadas entre si, visando à melhoria de indicadores em variáveis de cada módulo que estivessem mais conectadas com variáveis de outros módulos? Talvez esse teste pudesse mostrar a eficácia da atuação holística, na medida em que atuar em variáveis de módulos diferentes, mas que ainda assim, estivessem conectadas, geraria teoricamente sinergia para transformação do sistema inteiro com o mínimo de recursos.

As políticas de gestão ambiental normalmente se valem de dados científicos, mas fazem a gestão do problema desarticuladamente. Uma aplicação interessante desse tipo de modelo conceitual seria coordenar possíveis atuações para que cada variável considerada contasse com a intervenção simultânea nas variáveis adjacentes. Tal política geraria um efeito sinérgico que poderia potencializar o resultado em comparação com uma atuação estanque, a partir de agendas separadas.

Outra aplicação de suma importância da construção do modelo conceitual está na possibilidade de usar o modelo para educação ambiental. Ou seja, utilizar o modelo, ou simplificações dele, para que pessoas leigas possam visualizar como os problemas ambientais do Rio Pinheiros se relacionam entre si, consigo, e com seus hábitos de vida. Nesse sentido poderiam ser montados cursos, vídeos ou reportagens jornalísticas que levassem esse conhecimento para população. Tal seria a contribuição na promoção de uma visão sistêmica do problema para população. A importância disso extravasa os limites desse trabalho.

Metodologicamente, esse estudo pode ser aplicado em qualquer problema ambiental que envolva uma relação complexa entre um ecossistema natural e um ecossistema humano, ou seja, um sistema sócio-ecológico.

A escala regional na qual se aplicou o método é uma das mais complexas do mundo, pois envolve mais de dez milhões de habitantes e um número extenso de

variáveis. Modelos conceituais semelhantes poderiam ser construídos para as mais diversas regionalidades, e dar suporte a ecólogos, sociólogos, engenheiros e administradores públicos e privados. O método é uma ferramenta de rápida operacionalização, por isso de grande valia para gerar conhecimento de uma realidade sócio-ecológica a uma equipe de cientistas ou de profissionais ambientais.

O aspecto da escolha do *software* ter recaído sobre um *software* “livre” democratiza a aplicação do método proposto. Ademais, este *software* está em constante aprimoramento pela comunidade científica que o criou, e novas ferramentas e algoritmos são publicados constantemente.

Ainda a despeito das aplicações do trabalho apresentado, é preciso tratar de suas limitações.

A primeira limitação da aplicação do trabalho é que ele depende de especialistas com vasto conhecimento para gerar dados consistentes. Não é um método aplicável à população leiga. O método exige formação científica e profissional dos especialistas. Depende ainda de um processo intenso de entrevistas e da disposição de aprendizagem na utilização de um *software* de modelagem.

Do ponto de vista teórico, os modelos que podem ser construídos a partir desse trabalho são modelos que não são capazes de fornecer qualquer previsão de estimativa quantitativa na interação entre as variáveis. Trata-se de um modelo conceitual verbal-figurativo dotado de etiquetas semânticas, ou seja, sua solução é completamente aberta e analítica. Não há decisões baseadas em grandezas que não sejam a importância das variáveis e o seu número de conexões. O cálculo da modularidade do modelo organiza as variáveis e indica relações de conexão, mas não de interferência quantitativa entre as variáveis.

Sobre o problema de se conectar variáveis de complexidade abstrata com variáveis de complexidade física, a matriz de adjacência poderia ter sido mais fidedigna caso houvesse uma caracterização de intensidade de força da ligação entre as variáveis. Isso poderia facilitar a identificação e a significação das relações fracas, mas existentes no modelo. Este trabalho optou por apenas identificar se havia ou não relação. Traçar a intensidade de força dessas relações poderia ser interessante,

inclusive, para começar a se formalizar, ainda que semi quantitativamente, o estudo de sistemas complexos e hierárquicos.

Outra limitação importante desse estudo é que a construção do modelo conceitual não indica formas de se reorganizar as variáveis no sentido de gerar estados coevolutivos, tão pouco indica caminhos para geração de estados de baixa entropia nos sistemas estudados. Essa tarefa caberá a novas perspectivas que foram abertas por esse estudo.

3.5.3 Novas perspectivas para a pesquisa

As perspectivas futuras para essa pesquisa estão relacionadas com a utilização dos dados coletados em experimentos empíricos de gestão ambiental para sustentabilidade do Rio Pinheiros e para aprimoramento dos métodos de modelagem em sistemas sócio-ecológicos.

A utilização dos dados para melhorar a sustentabilidade do Rio Pinheiros poderia ser feita pelos próprios *stakeholders* listados no trabalho, com os quais, em grande parte se manteve contato direto. Todos os *stakeholders* foram enfáticos ao salientar que falta uma visão sistêmica do problema do Rio Pinheiros e que a consequência dessa falta impacta diretamente na desarticulação dos agentes políticos que tratam da sustentabilidade do Rio Pinheiros. Portanto, esse trabalho tem como uma primeira perspectiva servir como um ponto de partida para uma rodada de discussões entre os agentes políticos a respeito de uma abordagem de fato sistêmica para a sustentabilidade do problema estudado.

Outra expectativa em relação aos resultados dessa pesquisa é a de que o trabalho seja usado como referência para criação de modelos conceituais de outros problemas ambientais, ou seja, em outros sistemas sócio-ecológicos. Seria interessante poder comparar os resultados da aplicação do método proposto partindo de sistemas sócio-ecológicos diferentes.

A criação do modelo conceitual deste trabalho possuiu peculiaridades que não necessariamente serão assistidas ao se construírem modelos conceituais em outras regiões. Aqui, a modelagem foi marcada pelo estudo de uma região grande, conforme

ilustra a figura 13, e de densidade populacional extremamente alta. O método foi testado para sustentabilidade em ambiente urbano. Saber como o método se comportaria e quais seriam os resultados gerados em ambiente rural de baixa densidade populacional, em ambiente natural com populações tradicionais ou ainda, em ambientes pequenos e de alta biodiversidade, são apenas algumas conjecturas para futuros estudos baseados no que aqui foi feito.

Há ainda um aspecto interessante para ser comentado, especialmente sobre uma contribuição deste trabalho para a epistemologia no campo da modelagem conceitual. Embora o modelo conceitual gerado não tenha sido um modelo de solução matemática, e sim analítica, e, este fato estar ligado aos problemas de complexidade crescentes ao se tratar de modelos com variáveis hierárquicas, vale notar que existe um ramo novo da modelagem que trabalha com cálculos lógicos (e não numéricos) para modelagem semiquantitativa de sistemas e sobre isso é interessante tecer algumas considerações.

A modelagem semiquantitativa, conceitualmente, trata de aferir entre as variáveis, não precisos dados numéricos, mas escalas simples, avaliando o grau de interação entre as variáveis como sendo, por exemplo, “alto”, “médio”, “baixo”, “muito baixo”, “nulo” etc.

Com uma estratificação mais simples, torna-se possível fazer o cálculo lógico dos estados de um sistema com variáveis mais numerosas e complexas em relação àquelas que tradicionalmente são modeladas matematicamente. Por exemplo: Caso existisse no nosso sistema um índice “alto” de “descarte de pneus” e um índice baixo de “reciclagem de pneus”, o índice de “mosquitos *Aedes*” seria impactado para cima, considerando-se que os pneus acumulam água limpa, fator essencial para a reprodução do inseto; assim também com a variável “casos de dengue” - ambas seriam positivamente impactadas. No entanto se a variável “quantidade de chuva” estivesse em um índice “muito baixo”, o sistema calcularia logicamente essa interação, revendo os estados possíveis do sistema para o número dos “casos de dengue” (alto, médio ou baixo) em São Paulo. A modelagem semiquantitativa articula holisticamente os estados das variáveis do sistema em interações mútuas, atribuindo grandezas discretas para as variáveis. Mais do que

isso, mostra os cenários que o sistema pode assumir e os seus estados finais de equilíbrio.

Mesmo em se tratando de variáveis de interação complexa, a modelagem semiquantitativa tem sido uma tentativa recente para se formalizar, ainda que parcialmente, os modelos conceituais de sistemas sócio-ecológicos. Alguns artigos foram publicados nesse sentido (CIAOCA *et. al*, 2009; NAKOVA *et. al*, 2009; NOBLE *et. al* 2009; NUTLE *et. al*, 2009; ZITEK *et. al*, 2009), embora seja necessário se considerar o fato da modelagem semiquantitativa ainda não ter conseguido incorporar variáveis abstratas (por exemplo, cultura dos descartáveis) em seus modelos.

Os estudos recentes em modelagem semiquantitativa têm sido feitos no intuito de modelar interações biofísicas, mas com avanços importantes que margeiam a modelagem de sistemas sociais (mais abstratos) como se pode observar na literatura contemporânea sobre o assunto. Sobressai-se nesta literatura o artigo de Noble *et. al* (2009), que mostra os impactos da agricultura (pesticidas) na quantidade de ovos de salmão em um rio. A atividade agrícola, nesse caso, um sistema social, é modelada semiquantitativamente com demais variáveis biofísicas. A perspectiva de avanço desse campo da ciência é promissora.

Considerando-se as novas possibilidades que estão sendo abertas pela modelagem semiquantitativa pode-se dizer que um dos desafios mais complexos para se modelar variáveis abstratas em sistemas hierárquicos é conseguir mensurar como uma variável abstrata impacta nas demais variáveis, visto que sua influência muitas vezes é simbólica e sutil, quando comparada com influências biofísicas entre as variáveis. Por exemplo: Como uma campanha educativa de varrição de ruas impactará na quantidade de lixo lixiviado pela chuva? Perguntas como essa são de cunho sistêmico e tocam no desafio de estimar influências tênues entre variáveis, cuja solução é estatística e não determinística. Pode-se inferir uma porcentagem de pessoas impactadas pela campanha e uma porcentagem de sucesso da campanha, mas faltam meios de modelagem para congregar variáveis tão distintas. Ao se estipular grandezas discretas ao tamanho da campanha, quantidade de lixo e de chuva, pode-se estimar a quantidade de recurso a ser investido na remediação dos impactos de cada uma dessas variáveis.

É nesse ponto que talvez a modelagem conceitual aqui aplicada possa dar uma contribuição à modelagem semiquantitativa. A pergunta que orienta essa possível contribuição é: Será que o fato de dispor as variáveis que possuem conexões entre si em proximidade calculada por um algoritmo (significado da geometria do modelo) poderia servir de ferramenta para calcular as influências entre variáveis de cunho abstrato em um modelo semi quantitativo? Ou seja, o fato do algoritmo conferir significado para a geometria do modelo poderia fazer com que a modelagem semiquantitativa de variáveis hierárquicas se tornasse possível através do cálculo de campos de influência tendo como base a distância espacial entre as variáveis? Obviamente não se pretende responder a tais perguntas no presente trabalho, mas incitar a possibilidade de novas pesquisas baseadas nessas inquietações teóricas e aplicadas.

Algumas perspectivas de trabalho foram abertas por essa pesquisa e espera-se que com o tempo, elas sejam contempladas em novos estudos realizados por este pesquisador e pela comunidade científica interessada.

4 CONCLUSÕES

4.1 Conclusões acerca do método empregado

Inicialmente, esse trabalho assumiu o desafio de construir um modelo conceitual de um sistema sócio-ecológico, caracterizado por possuir uma estrutura complexa. Para essa tarefa, contou-se com duas ferramentas metodológicas, ambas alicerçadas sobre a Teoria dos Sistemas. A *Stakeholder Analysis* e Classificação Hierárquica de Sistemas proposta por Bertalanffy.

A adoção dessas ferramentas teóricas conferiu ao trabalho um caráter multidimensional (análise hierárquica) e transdisciplinar (análise longitudinal) do objeto investigado, sendo que, a *Stakeholder Analysis* se mostrou fundamental para uma investigação ampla do problema estudado – na medida em que trouxe especialistas de diferentes áreas do conhecimento para contribuir com dados – assim como a Hierarquia de Sistemas de Bertalanffy se mostrou fundamental para prospecção das variáveis em múltiplas dimensões de complexidade. Pode-se dizer que a combinação dessas duas ferramentas teóricas, pertencentes ao campo do conhecimento da Teoria Geral dos Sistemas foram os pilares sobre os quais se edificou este trabalho.

Nesse sentido, a escolha de um conjunto de especialistas conhecedores do problema estudado atendeu às requisições dos estudos de *Stakeholder Analysis*, assim como a adaptação do quadro de Hierarquia de Sistemas de Bertalanffy foi fundamental para simplificar e tornar operacional um conceito tão sofisticado. A diversidade dos especialistas também se mostrou fundamental para contribuir com a riqueza de dados prospectados. Soma-se a isso o fato do instrumento de coleta ter sido cuidadosamente planejado, e ter sido testado e aprimorado antes da coleta de dados.

A “matéria prima” de um estudo ambiental são as variáveis que emergem das coletas de dados. São elas que comporão a qualidade de qualquer modelo conceitual. O sucesso na prospecção dessas variáveis, no caso desse estudo, está relacionado à qualidade dos especialistas e à qualidade do instrumento de coleta. É lícito afirmar que o trabalho prospectou variáveis operacionais principalmente por atender a esses dois fatores.

Foram obtidas 65 variáveis operacionais sobre a sustentabilidade do Rio Pinheiros. Tais variáveis se distribuíram entre cinco classes de sistemas (estáticos, mecânicos, orgânicos, sociais e simbólicos). A prospecção de variáveis em todas as cinco classes indica que as opções teóricas e metodológicas para esse fim foram acertadas. Vale notar que um tratamento semântico das variáveis foi necessário, assim como elaborar uma descrição sobre as principais características de cada uma delas, para que as variáveis fossem apresentadas ao longo da pesquisa de forma clara, consistente e não prolixa.

Com base neste aspecto, a pontuação da importância das variáveis por parte dos especialistas tornou-se um procedimento mais preciso, para o qual as pontuações foram submetidas a procedimentos estatísticos de hierarquização. A técnica do cálculo das medianas de escores se mostrou extremamente útil para diminuir distorções no uso da escala entre especialistas. É recomendável que esse procedimento seja utilizado sempre que se use uma escala Likert para coletar pontos de importância entre variáveis. A normalização dos escores médios de importância para cada variável também facilitou a hierarquização e o cálculo dos quartis estatísticos dos dados.

A primeira hipótese foi testada com o teste não paramétrico do sinal, mostrando que a massa geral das pontuações de importância não se distribuiu uniformemente na escala entre os especialistas, o que indicou uma não aleatoriedade na distribuição dos pontos. A distribuição binomial dos sinais obtidos, por sua vez, mostrou com grau de confiança satisfatório que o Teste não paramétrico do Sinal confirmou a hipótese no conjunto de dados.

A matriz de adjacência foi então construída, elencando as combinações possíveis entre as 65 variáveis. Foram feitas 2145 análises par a par a fim de se identificar se existia conexão direta entre as variáveis comparadas. Para as variáveis de classe estática, mecânica e orgânica, a identificação de conexões foi mais simples. Ao tratar-se das variáveis de classe social e simbólica, a tarefa passou por decisões mais subjetivas. A proposição de se utilizar a matriz de adjacência (JØRGENSEN e NIELSEN, 2012) em estudos sócio-ecológicos foi de grande valia para se observar na prática o tipo de dificuldade enfrentada.

A segunda hipótese que versava sobre o fato de haver uma sobreposição na maioria de variáveis no conjunto formado pelos subconjuntos de quartis “mais importantes” e “mais conectados” foi refutada. Apenas 25,92% das variáveis (sete em vinte) se mostraram comuns aos dois subconjuntos. Entretanto, o conjunto de variáveis formado pela sobreposição dos subconjuntos se mostrou satisfatório para criação de uma agenda de ações ambientais a fim de colaborar com a sustentabilidade do rio.

A elaboração do modelo conceitual contou com a ajuda de um software para modelagem de redes complexas e hierárquicas. Os dados foram imputados no programa e diversas simulações foram rodadas. A modularidade interna do modelo conceitual foi calculada, apresentando cinco estruturas distintas no modelo calculado. As estruturas segregadas pelo software apresentaram coerência significativa, ou seja, as variáveis articuladas nesses módulos de fato possuem uma dinâmica particular em relação ao resto do modelo, mesmo estando conectadas em menor grau com o resto das variáveis. Tal aspecto foi tido como um indício de fidedignidade do modelo, visto que sua solução analítica mostrou tal coerência.

Por fim, o modelo conceitual abriu perspectivas para ser pensado em conjunto com uma nova área da modelagem de sistemas, precisamente os modelos semiquantitativos, que, por sua vez, fazem parte de um ramo novo da inteligência artificial.

Conclui-se que o método foi eficaz para gerar o modelo conceitual de um sistema sócio-ecológico, entretanto, faltam apontamentos que forneçam dados para geração de estados de baixa entropia no sistema de maneira sistemática. Da maneira com a qual o modelo conceitual é construído, atingir estados de maior organização é uma tarefa intuitiva e analítica do pesquisador frente aos resultados obtidos. Seria interessante pensar-se rotinas que facilitassem a conversão das informações contidas no modelo conceitual em estados coevolutivos entre os sistemas modelados.

4.2 Conclusões sobre os resultados obtidos

Os resultados obtidos mostraram que a problemática do Rio Pinheiros em São Paulo é um problema de grande complexidade, cujas variáveis possuem características

distintas entre si, não pertencendo a apenas uma classe de sistema. Esse aspecto confirmou a literatura sobre sistemas sócio-ecológicos que já havia antecipado tal problemática.

A atribuição de importância para as variáveis e a atribuição de conectância entre as variáveis mostrou-se importante na tarefa de orientar o uso do modelo conceitual construído. O conjunto de variáveis formado no teste da segunda hipótese apresentou-se como um conjunto satisfatório para organizar o trabalho de interpretação holística do problema ambiental estudado. Da mesma forma, tal conjunto pôde ser visto como um ponto de partida para ações integradas no modelo. Outro aspecto interessante é que as variáveis mais conectadas e mais importantes selecionadas para o teste da segunda hipótese são predominantemente do módulo amarelo (5), contando com uma variável do módulo roxo e uma variável do módulo azul (13), módulos estes abrangendo respectivamente os temas: carga orgânica, toxinas perigosas e resíduos sólidos.

Algumas ideias para sustentabilidade do rio foram ensaiadas com base nas variáveis selecionadas para segunda hipótese e a conclusão a que se chegou foi a de que as soluções até agora empregadas para despoluição do rio são soluções reducionistas, pontuais, baseadas em uma filosofia sanitaria do pós-guerra. Algumas linhas alternativas de se pensar soluções integradas foram traçadas, no intuito não de limpar a água, mas de se evitar sujá-la. Notoriamente, uma solução desse tipo passa por mexer não no rio, mas nas dinâmicas complexas do metabolismo sócio-ecológico da urbe que degradam o rio.

4.3 Conclusões finais

O objetivo principal da pesquisa foi alcançado, o modelo conceitual do problema da sustentabilidade do Rio Pinheiros foi construído com sucesso.

Os objetivos secundários também foram alcançados.

A Hierarquia de Sistemas de Bertalanffy foi usada para prospectar variáveis de complexidade biofísica e social em conjunto, ou seja, se prospectaram variáveis em diversos níveis hierárquicos.

A composição de um método aplicável em um estudo de caso foi satisfatória, e o estudo de caso forneceu dados consistentes e operacionais.

O desafio de se identificar as relações entre as variáveis empregando-se uma matriz de adjacência foi empreendido, e dificuldades epistemológicas do campo do conhecimento foram confirmadas e testadas na prática.

O uso da *Stakeholder Analysis* promoveu a abordagem transdisciplinar esperada e se mostrou como sendo uma ferramenta interessante para mapeamento de amplo espectro de variáveis em sistemas sócio-ecológicos.

O estudo cumpriu ainda com objetivos não previstos, dando contribuições não planejadas para o campo do conhecimento e para o problema específico do caso estudado.

Sobre as contribuições não planejadas para o campo do conhecimento, pode-se citar que o uso da hierarquia de escore em conjunto com escalas Likert mostrou-se importante para o sucesso da pesquisa; o uso do teste não paramétrico do sinal para avaliar as diferenças na percepção subjetiva de especialistas entre variáveis concretas e variáveis abstratas foi uma solução simples e eficiente para testar a hipótese; as variáveis coletadas no teste da segunda hipótese se mostraram úteis para guiar ações de sustentabilidade de no sistema; e, o uso de um *software* de redes complexas para construir um modelo conceitual de solução analítica diminuiu em meses o tempo de trabalho dessa etapa da pesquisa. Finalmente e mais importante, a conclusão de que o modelo conceitual proposto mostrou-se uma ferramenta viável e útil para gestão ambiental.

Sobre as contribuições não planejadas relativas ao caso estudado, cabe destacar a conclusão de que a solução complexa do problema da sustentabilidade do Rio Pinheiros não está no Rio, está na dinâmica social que o polui. Sem uma ação articulada e sinérgica de diversos atores sociais na produção da realidade urbana, não há solução para o problema. Nesse sentido, conclui-se finalmente que o estudo empregado provê para a sociedade um modelo conceitual que congrega boa parte dessas dinâmicas, e as mostra relacionadas na forma de um modelo conceitual. A complexidade desse mapa é organizada e calculada modularmente, a fim de que, em posse desse guia, novas soluções possam ser formuladas e empregadas para devolver à população do século XXI o rio que o século XX lhes roubou.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, F.D.; ABRAHAM, R.H.; SHAW, C.D. **Dynamical Systems: A Visual Introduction**. Santa Cruz: Aerial Press, 1992. 246 p.
- ADORNO, V. **Tietê: Uma Promessa de Futuro para as Águas do Passado**. São Paulo: Texto Arte Gráfica, 1999. 156 p.
- ALEXANDER, C. A city is not a tree. **Architectural Forum**, Massachusetts, v. 122, n.1/2, p.58–61; n. p.58–62, 1965.
- ALMEIDA, N.F. Transdisciplinaridade e o paradigma pós-disciplinar na saúde. **Saude sociedade**. São Paulo, v.14 n.3 . p.30-50. Sept./dec. 2005
- ANDERSON, M.W.; TEISL, M.; NOBLET, C. Giving voice to the future in sustainability: Retrospective assessment to learn prospective stakeholder engagement. **Ecological Economics**, New York, v. 84, p. 1–6, 2012.
- ANGELINI, R. ECOSSISTEMAS E MODELAGEM ECOLÓGICA. In: Pompêo, M. L.M (Ed.). **Perspectivas na Limnologia no Brasil**. São Luiz: Gráfica e Editora União, 1999, 191 p.
- ARAÚJO, M.F.I. Os cem últimos anos na história da cidade e a formação da grande São Paulo. In: CENÁRIOS DA URBANIZAÇÃO PAULISTA: A REGIÃO ADMINISTRATIVA DA GRANDE SÃO PAULO. São Paulo: Fundação Seade, 1992. 20-30 p.
- ASHBY, W.R. **An Introduction to Cybernetics**. London: Methuen, 1956. 295p.
- AYRES, R. Comments on Georgescu-Roegen. **Ecological Economics**, New York, v.22, n.3, p. 285-287, 1997.
- AYRES, R.U.; MILLER, S. The Role of Technological Change. **Journal of Environmental and Management**, Atlanta, v. 7, p. 353–371, 1980.
- BECHT, G. Systems theory: the key to holism and reductionism. **Bioscience**, Washington, v. 24, n.10, p. 579-596, 1974.
- BENDORICCHIO, G.; JØRGENSEN, S.E. **Fundamentals of Ecological Modelling**. Philadelphia. Elsevier, 2001. 530p.
- BENYUS, J.M. **Biomimicry: innovation inspired by nature**. New York: Harper Perennial, 2002. 308p.
- BERKNER, L.; MARSHALL, L.C. The history of growth of oxygen in the earth's atmosphere. In: BRANCAZIO, D.J.; CAMERON, A.G.W. (Ed.). **The origin and evolution of atmospheres and oceans**. New York: John Wiley, 1964. p. 102-126.

BERTALANFFY, L.von. **Perspectives on general system theory**: scientific-philosophical studies. George Braziller, 1975. 183p.

BERTALANFFY, L. von. **A Systems View of Man**. Paul LAVIOLETTE, A.(Ed.). Boulder: Westview Press 1981. 180p.

BERTALANFFY, L. von – **Teoria Geral dos Sistemas**: funcionamentos, desenvolvimento e aplicações. Trad. Francisco M. Guimarães.3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. 360p.

BERTALANFFY, L. von . **Tendencias en la teoría general de sistemas**. L. VON BERTALANFFY, W. ROSS ASHBY, G.M. Weinberg y otros; selección y prólogo de George J. Klir; versión española de Álvaro Delgado y Andrés Ortega. Madrid Alianza, 1987. 208p.

BIANCIARDI, C.; TIEZZI, E.; ULGIATI, S. Complete recycling of matter in the frameworks of physics, biology and ecological economics. **Ecological Economics**, New York, v.8, p.1-5, 1993.

BLONDEL, V.D.; GUILLAUME, JEAN-LOUP, LAMBIOTTE, R.; LEFEBVRE, E. Fast unfolding of communities in large networks. **Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment**, London, v.10, p.1000, 2008.

BOAVENTURA, J.M.G.;FISCHMANN, A.A. Is your vision consistent? A method for checking, based on scenario concepts. **Futures**, Atlanta, n.40,p.597–612, 2008.

BOAVENTURA, J.M.G; FISCHMANN, A.A. ;COSTA, B.K. Desenvolvimento de um método para geração de variáveis-chaves de cenários: Um ensaio no setor de automação comercial no Brasil. In: KRAMER COSTA,B. ; RIBEIRO DE ALMEIDA ISNARD, M. **Estratégia Contemporânea**: Internacionalização, cenários e redes. Campinas, SP: Akademika Editora, 2008. 239p.

BOLTZMANN, L. **Theoretical physics and philosophical problems**. Holanda :Ed. Brian McGuinness, 1974. 298p.

BOULDING, K.E. The economics of the coming spaceship Earth. In: JARETT, H. (Ed.). **Environmental quality in a growing economy**. Resources for the Future / Baltimore, MD,:Johns Hopkins University Press, 1966. 173p.

BIAN, L. Multiscale nature of spatial data in scaling up environmental models. In: QUATTROCHI, D.A., GOODCHILD, M.F. (Ed.). **Scale in remote sensing and gis**. New York:Lewis Publishers, 1997.406p.

BURT, P.; KINNUCAN, M. Information models and modeling techniques for information systems. **Annual Review of Information Science and Technology**, New Jersey, v.25, p.175-208, 1990.

BRILLOUIN, L. Life, thermodynamics and cybernetics. **American Scientist**, cidade, v.37, p.354-368, 1949.

BRILLOUIN, L. **Science and Information Theory**. NY, Academic Press, 1956. 357p.

BROWN, M.T. A picture is worth a thousand words: energy systems language and simulation language and simulation. **Ecological Modelling**, Philadelphia, v.178, p. 83–100, 2004.

BROWN, D.G.; PAGE, S.E.; RIOLO, R.L.; RAND, W. Agent based and analytical modeling to evaluate the effectiveness of greenbelts. **Environmental Modelling and Software**, Cleveland, v.19, v.12, p.1097–1109, 2004.

BRUE, S. **História do pensamento econômico**. Trad. Luciana Penteado Michelino. São Paulo:Ed. Pioneira Thompson Learning, 2005. 553p.

BRUYN, S.M.; OPSCHOOR, J.B. Development in the throughput-income relationship: theoretical and empirical observations. **Ecological Economics**, NY, v.20, p. 255–268, 1997.

CALVIN, M. **Chemical Evolution**; Molecular Evolution Towards the Origin of Living Systems on the Earth and Elsewhere. New York:Oxford University Press, 1969. 288p.

CAPRA, F. **O Tao da Física**. São Paulo:Cultrix, 1983. 260p.

CAPRA, F. **La red de los problemas que hay en el mundo**. Nuevo Consciência, Editorial Integral. Barcelona, Espanha, 1995.p.26-27. Disponível em: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/Valores/valores-01.gif> Acesso em: 03 mar.2013.

CARROLL, A.B.; BUCHHOLTZ, A.K. **Business & society**: ethics and stakeholder Management. 4th ed. Ohio:South-Western College Publishing: 2000. 738p.

CECHIN, A.D. **Georgescu-Roegen e o desenvolvimento sustentável**: Diálogo ou anátema? SP. 2008. 206p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CERVERO, P.; HIMMELA, M. ;KRÜGER, M. ;LINDERA, S. Proteomic analysis of podosome fractions from macrophages reveals similarities to spreading initiation centres. **European Journal of Cell Biology**, GmbH, v. 91 908– 922, 2012.

CETESB – COMPANHIA de TECNOLOGIA e SANEAMENTO AMBIENTAL. **Projeto Tietê**: Relatório de Acompanhamento. São Paulo, CETESB, 2008. 187p.

CHEN, X. Substitution of Information for Energy. **Energy Policy**, Atlanta v. 22, p. 15 – 27, 1994.

CHORLEY, R. ;HAGGETT, P. Modelos, paradigmas e a nova Geografia. In: CHORLEY, R.; HAGGETT, P. **Modelos sócio-econômicos em Geografia**. Rio de Janeiro:Livros Técnicos e Científicos. USP, 1975. p.1-22.

CONSTANZA, R. Embodied energy and economic valuation. **Science**, Washington, v.210, p 1219-1224, 1980.

CONSTANZA, R.; DALY, H.; BARTHOLOMEW, JOY A. Goals, Agenda and Policy Recommendations for Ecological Economics. In: CONSTANZA, R. (Ed.). **Ecological Economics: The Science and Management of sustainability**. X Columbia University Press, NY, 1991. 525p.

CORNING, P.A. Evolutionary Economics: Metaphor or Unifying Paradigm? **Journal of Social and Evolutionary Systems**, Greenwich v.18, n.4, p.421-435, 1995.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blucher, 1999. 236p.

CLAUSIUS, R. **On a Modified form of the second Fundamental Theorem in the Mechanical Theory of Heat**. The London:Edinburg and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, fourth series, Aug. 1856.

CLEVELAND, C.J. Biophysical Economics: From Physiocracy to Ecological Economics and Industrial Ecology. In: GOWDY, J.; MAYUMI, K. (Ed.). **Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen**, Cheltenham, England, :Edward Elgar Publishing, 1999. p. 125-154.

CORAZZA, G.O Estado Estacionário na Economia Clássica. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v.9, n.15, p.207-221, 1991.

COTRELL, W.F. **Energy and society**. New York: McGraw-Hill, 1955. 464p.

CRUMLEY, C.L. **Historical ecology**: integrated thinking at multiple temporal and Spatial scales. Paper presented at Conference on World System History and Global Environmental Change, Lund University, Sweden, September 2003. p.19–22,

DALY, H.E. **Towards a Steady State Economy**. San Francisco: W.H. Freeman & 1973. 332p.

DALY, H.E. **Economía, ecología e ética**: Ensayos hacia una economía en estado estacionario. México: Fondo de cultura económica, 1989. 387p.

DARWIN, C. **A origem das espécies**. Tradução John Green. São Paulo:Ed. Martin Claret, 2009. 629p.

DEANE, P. **A Evolução das ideias econômicas**. Rio de Janeiro: Zahar, 1980. 287p.

DIEGUES, A.C. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: NUPAUB – Universidade de São Paulo, 1994.198p.

DRAKE, E. (Ed.). **Evolution and Environment**. New Haven Conn: Yale University Press,. 1968. 470p.

EKINS, P. 'Limits to growth' and 'sustainable development': grappling with ecological realities. **Ecological Economics**, New York, v. 8, p. 269–288, 1993.

EMAE – **Empresa Metropolitana de Águas e Energia S/A**. Disponível em: <http://www.emae.sp.gov.br> Acesso em: 28 fev.2013.

FETTERMAN, D.M. Ethnography. In: BICKMAN, L.; DEBRA J.R. **Handbook of Applied Social Research Methods**. California:Sage Publications, Thousand Oaks, 1998. cap. 16, pt 3. p. 473-504,

FORRESTER, J.W. **Industrial Dynamics**. Portland:Productivity Press, 1961. 479p.

FREEMAN, R.E. **Strategic Management: A Stakeholder Approach**. Pitman: Boston, 1984. 292p.

FREEMAN, R.E.; PHILIPS, R.A. Stakeholder theory: a libertarian defence. **Business Ethics Quarterly** , Virginia, v.12, n.3,p. 331-349, 2002.

FURTADO, C. **Introdução ao Desenvolvimento: Enfoque Histórico-Cultural**. 3.ed. São Paulo:Ed. Paz e Terra, 2000. 126p.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **Analytical Economics**, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1966. 450p.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The Entropy Law and the Economic Process**, Cambridge, MA: Harvard University Press, 1971. 457p.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Dynamic Models and Economic Growth. **World Development**, Great Britain, v. 3, n.11/12, p. 765-783,1975.

GEORGESCU-ROEGEN, N. The Steady State and Ecological Salvation: A Thermodynamic Analysis. **Bioscience**, Washington,v.27, n. 4, p226-270 Apr. 1977.

GEORGESCU-ROEGEN, N. Energy, Matter, and Economic Valuation: Where do We Stand? In: DALY, H.D. AND UMANA, A.F. (Ed.). **Energy Economics and the Environment: Conflicting Views of an Essential Interrelationship**, 1981. 200p.

GLEICK, J. **Chaos: Making a New Science**, Viking Penguin, 1987. 333p

GOMES, A.G.; VARRIALE, M.C. **Modelagem de Ecossistemas: uma introdução**. Santa Maria:Academia Brasileira de Ciências, UFSM, Santa Maria, 2001. 503p.

GORSKI, M.C.B. **Rios e Cidades: ruptura e reconciliação**. São Paulo: Editora SENAC, 2010. 300p.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia do Sistema Paulista de Recursos Hídricos**. São Paulo:Secretaria do Meio Ambiente, 2008.100p.

GOODLAND, R.; DALY, H. - Why northern income growth is not the solution to southern poverty. **Ecological Economics**, New York, v.8, p. 85–101, 1993.

GOWDY, J.M. **Coevolutionary Economics**. Boston: Kluwer, 1994. 246p.

_____. The value of biodiversity: markets, society, and ecosystems. **Land Economics** Wisconsin, v. 73, p. 25–41, 1997.

GOWDY, J.M.; MCDANIEL, C.N. One world, one experiment: addressing the biology-economics conflict. **Ecological Economics**, New York, v.15, p. 181–192, 1995.

GOWDY, J.M. ; CARBONELL, A.F. - Toward consilience between biology and economics: the contribution of Ecological Economics. **Ecological Economics**, New York, v.29, p. 337–348, 1999.

GRANT, W.E.; THOMPSON, P.B. Integrated ecological models: Simulation of socio-cultural constraints on ecological dynamics. **Ecological Modelling**, Philadelphia, v.100, p.43-59, 1997.

GRANT, W.E.; PETERSON, T.R., PETERSON, M.J. Quantitative modeling of coupled natural/human systems: simulation of societal constraints on environmental action drawing on Luhmann's social theory. **Ecological Modelling**, Philadelphia, v.158, p. 143-165, 2002.

HAGGETT, P. CHORLEY, R. Modelos, paradigmas e a nova geografia. In: CHORLEY, Richard, HAGGETT, Peter. **Modelos sócios-econômicos em geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos/ USP1975. p.1-22.

HARDESTY, D.L. **Ecological Anthropology**. New York:John Wiley, 1977. 310p.

HAWKEN, P.; LOVINS, A. ; LOVINS, H. **Capitalismo Natural**. São Paulo:Cultrix Amana Key, 1999. 326p.

HAWLEY, A.H - **Ecologia Humana**. Madrid: Ed. Tecnos, 1966. 433p.

HICKSON, C. A Review of Evolutionary Economics. **Journal of Economic Dynamics & Control**, Philadelphia, v. 22, p. 801-810, 1998.

HUGON, P. **História das doutrinas econômicas**. São Paulo:Ed. Atlas, 2009. 431p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados populacionais, senso 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 fev. 2013.

JESUS, J.A.O. **Utilização de Modelagem matemática 3D na Gestão da qualidade da água em mananciais – aplicação no Reservatório Billings**. 2006, 142p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

JØRGENSEN, S.E.; NIELSEN, S.N. Tool boxes for an integrated ecological and environmental management. **Ecological Indicators**, Atlanta v. 21, p.104–109, 2012.

KAUFMANN, R.K. The economic multiplier of environmental life support: can capital substitute for a degraded environment? **Ecological Economics**, New York v.12, p. 67–79, 1995.

KIM, S.A.; SHIN, D.; CHOE, Y.; SEIBERT, T.; WALZ, S.P. Integrated energy monitoring and visualization system for Smart Green City development Designing a spatial information integrated energy monitoring model in the context of massive data management on a web based platform. **Automation in Construction**, Atlanta, v. 22, p. 51–59, 2012.

KLAASSEN, G.A.J.; OPSCHOOR, J.B. Economics of sustainability or the sustainability of economics: different paradigms. **Ecological Economics**, New York, v. 4, p. 93–116, 1991.

KLUWER, D. Economy and Ecology: Towards Sustainable Development. ARCHIBUGI, F.; NIJKAMP (ED.); TURNER, R.K. **Center for social and economical research on the global environment**. London:University of East Anglia, Norwich and College, London University, 1989. 348p.

KONTOPOULOS, K.M. **The Logics of Social Structure**: Structural Analysis in the Social Sciences. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 493p.

KORMONDY, E.J.; BROWN, D.E. **Ecologia Humana**. Título original Fundamentals of human ecology. Trad. Max Blun. Org. Walter Neves. São Paulo: Ateneu, 2002. 5013p.

KUHN, T. **A estrutura das revoluções científicas**. 7.ed. São Paulo: Perspectiva, 2003. 264p.

LAKATOS, E.M. ; MARCONI, M.A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2003. 315p.

LEFF, E. **Saber Ambiental**: Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder. 2.ed. Petrópolis: Vozes, 2002. 494p.

LEFF, E. **As aventuras da epistemologia ambiental**: Da articulação das ciências ao diálogo dos saberes. Tradução: Glória Maria Vargas. Rio de Janeiro: Garamond, 2004. 136p.

LIKERT, R. A Technique for the Measurement of Attitudes. **Archives of Psychology**, New York, v. 22 p. 140, 1932.

LI AN. Modeling human decisions in coupled human and natural systems: Review of agent-based models. **Ecological Modelling**, Philadelphia, v. 229, p. 25–36, 2012.

LIU, J.; DIETZ, T.; CARPENTER, S.R.; ALBERTI, M.; FOLKE, C.; MORAN, E.; PELL, A.N.; DEADMAN, P.; KRATZ, T.; LUBCHENCO, J.; OSTROM, E.; OUYANG, Z.; PROVENCHER, W.; REDMAN, C.L.; SCHNEIDER, S.H.; TAYLOR, W.W. Complexity of coupled human and natural systems. **Science**, Washington, v. 317, p.1513–1516, 2007.

LOTKA, A.J. Contribution to the energetics of Evolution. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States**, Baltimore , v.8, p. 147-151, 1922.

LOVELOCK, J. **Gaia: a new look at life on earth**. Oxford: Oxford University Press, 1979.170p.

LUNNEY, D.; PRESSEY, B.; ARCHER, M.; HAND, S.; GODTHELP, H.; CURTIN, A. - Integrating ecology and economics: illustrating the need to resolve the conflicts of space and time. **Ecological Economics**, New York, v. 23,p. 135–144, 1997.

MAGALHÃES, G. **Força e Luz, eletricidade e modernização na República Velha**. São Paulo: Editora UNESP/FAPESP, 2000. 122p.

MAEDE, J.E. - **A Neo-Classical Theory of Growth**. London: Allen e Unwin, 1961.185p.

MALINOWSKI, B. **Argonautas do pacífico ocidental: Um relato do empreendimento e da aventura dos nativos nos arquipélagos da Nova Guiné Melanésia**. São Paulo: Abril Cultural, 1976. 424p.

MALTHUS, T.R. **Principles of Political Economy**. Editado por John Pullen. Cambridge :Cambridge University Press, 1990. 1147p.

MANKIW, G. **Introdução à Economia: Princípios de Micro e Macroeconomia**. 2.ed. Editora Elsevier, 2001. 831p.

MANSON, S.M. Simplifying complexity: a review of complexity theory. **Geoforum**, Oxford, v. 32, p.405–414, 2001.

MANSON, S.M.; O’SULLIVAN, D. Complexity theory in the study of space and place. **Environment and Planning**, Great Britain , v.38, p.677–692, 2006.

MANSON, S.M. Does scale exist? An epistemological scale continuum for complex human–environment systems. **Geoforum**, Oxford, v. 39, 776–788, 2008.

MARGLEF, R. **Perspectivas de la teoría ecológica**. Version castellana de la cuarta impresión inglesa, Maria Rosa Miracle Solé. Barcelona: Blume, 1978. 110p.

MARTEN, G.G. **Human Ecology - Basic Concepts for Sustainable Development**. Eartscan, 2001. Versão eletrônica disponível em: <http://gerrymarten.com/human-ecology/tableofcontents.html>(Acesso em: 07 jan. 2013).

MARTINEZ-ALIER, J. - The environment as a luxury good or ‘too poor to be green’? **Ecological Economics**, New York, v.13, p.1–10, 1995.

- MARSHALL, A. **Principles of Economics**. 8th ed. London: Macmillan, 1920. 319p.
- MARX, K. **O capital**: crítica da economia política. São Paulo: Ed. Abril Cultural, 1982. 242p.
- MAURO, D.A. **Ecology and sustainable development**. Tree. **New York**, Sept. 1994.
- MAXWELL, J.C. **Theory of Heat**. London: Longmans, 1871. 312p.
- MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. **Água na Indústria**: Uso racional e reuso. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 143p.
- MILL, J.S. John Stuart Mill on the Stationary State. **Population and Development Review**, Cambridge, v.12, n. 2, p. 317-322 jun., 1986.
- MIROWSKI, P. **Against Mechanism**: protecting economics from science. Totowa, NJ: Rowman and Littlefield, 1988. 232p.
- MITROFF, IAN I. ; EMSHOFF, J. R. On strategic assumption-making: a dialectical approach to policy and planning. **Academy of Management Review**, New York, v.4, n.1, p. 1-12, 1979.
- MOLINA, S.M.G.; LUI, G.H.; SILVA, M.P. A Ecologia Humana como Referencial Teórico e Metodológico para Gestão Ambiental. **OLAM Ciência & Tecnologia**, Rio Claro/SP, v.7, n.2, p.39 dez.2007.
- MORAN, E.F. **Adaptabilidade humana**: uma introdução à antropologia ecológica. São Paulo: EDUSP, 1994. 468p.
- MORGADO, P.; TOGER, M.; BRANTES, P.; FIEGEL J. A Bottom Up Approach to Modeling Habitat Connectivity Dynamics Through Networks Analysis, Sustainable Development - Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management, Dr. Sime Curkovic (Ed.), ISBN: 978-953-51-0682-1, **InTech**, DOI: 10.5772/45939, 2012. Available from: <http://www.intechopen.com/books/sustainable-development-authoritative-and-leading-edge-content-for-environmental-management/a-bottom-up-approach-to-modeling-habitat-connectivity-dynamics-through-networks-analysis>.
- MOROWITZ, H.J. **Energy Flow in Biology**: Biological Organization as a Problem in Thermal Physics. New York: Academic Press, 1974. 179p.
- NAPOLEONI, C.; **SMITH, RICARDO e MARX**: considerações sobre a história do pensamento econômico. Trad. José Fernandes Dias. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2000. 239p.
- NEWELL, B.; CRUMLEY, C.L.; HASSAN, N.; LAMBIN, E.F.; PAHL-WOSTLE, C.; UNDERDAL, A.; WASSON, R. A conceptual template for integrative human-environment research. **Global Environmental Change**, Atlanta, v. 15, p. 299-307, 2005.

NAKOVA, E.L.F.E.; BREDEWEG, B.; SALLES, P.;UZUNOV, Y. The River Mesta Case Study: A qualitative model of dissolved oxygen and sustainable development in aquatic ecosystems. **Ecological Informatics**, Atlanta, v. 4, n.5/6, 339-357, 2009.

NOBLE, R.A.A.; BREDEWEG, D.; LINNEBANK, F.; SALLES, P.; COWX, I.G.A qualitative model of limiting factors for a salmon life cycle in the context of river rehabilitation. **Ecological Informatics**, Atlanta, n.4, p. 299-319, 2009.

NORGAARD, R.B. Coevolutionary agricultural development. **Economic Development and Cultural Change**, Chicago, v. 32, p. 525-554, 1984a.

_____. Coevolutionary development potential. **Land Economics**, Wiscosin, v. 60, p.160-173, 1984b.

_____. Environmental economics: An evolutionary critique and a plea for pluralism. **Journal of Environmental Economics and Management**, New York, v. 12, p.382-394, 1985.

_____. Sustainable development: A co-evolutionary view. **Futures** ,Atlanta, v. 20, p. 606-620, 1988.

_____. The case for methodological Pluralism. **Ecological Economics**, New York, v. 1, p. 37–57, 1989.

_____. The coevolution of economic and environmental systems and the emergence of unsustainability. In: ENGLAND, R.W. (Ed.) **Evolutionary concepts in contemporary economics**. Ann Evolutionnry Economics – 143 Arbor, MI: University of Michigan Press, 1994. p. 213-225.

_____. Metaphors we might survive by. **Ecological Economics**, New York, v. 15, p.129–131, 1995.

NORTON, B. Evaluating ecosystem states: two competing paradigms. **Ecological Economics**, New York, v.14, p.113–128, 1995.

NORTON, B.; COSTANZA, R.;BISHOP, R.C. The evolution of preferences: why 'sovereign' preferences may not lead to sustainable policies and what to do about it. **Ecological Economics**, New York, v. 24, p. 193–211, 1998.

ODUM, E.P. The Strategy of Ecosystem Development. **Science**, Dordrecht, v.18, n.164, p.262-270, Apr. 1969.

_____. **Environment, power and society**. New York: John Wiley, 1971. 331p.

_____. **Ecologia**. Rio de Janeiro :Guanabara Koogan, 1988. 639p.

ODUM, H.T. Macroscopic minimodels for balance of man and nature. In: PATTEN, B. (Ed.), **Systems Analysis and Simulation in Ecology**, New York,v.4, p. 250-280, 1976.

_____. **System Ecology**. New York: Wiley Interscience, 1983. 510p.

ODUM, H.T.; ODUM, E.C. **Modeling for all Scales: An Introduction to System Simulation**. Gainesville, Florida: Academic Press, ISBN: 0-12-52417-4, 2000. 458p.

OSTROM, E. A diagnostic approach for going beyond panaceas. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Red Wood, v. 104, p.15181–15187, 2007.

_____. A general framework for analyzing sustainability of social–ecological systems. **Science**. Washington, v. 35, p.419–422, 2009.

PHIPPS, R.L. Simulation of wetlands forest vegetation dynamics. **Ecological Modelling**, Philadelphia, v. 7, p 257-288, 1979.

PIAGET, J. **Epistemologia genética**. Petrópolis: Vozes, 1971. Título original: L'epistémologie génétique, 1970.110p.

PIAGET, J.; INHELDER, B. **A psicologia da criança**. Rio de Janeiro: Difel, 1978. Título original: La psychologie de l'enfant, 1966.

PORTO, A.R. **História Urbanística da Cidade de São Paulo (1554-1988)**. São Paulo: Ed. Carthago & Forte, 1992.190p.

NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I. **Exploring complexity**. Munich:Ed. R. Piper GmbH Verlag, 1989. 313p.

PRIGOGINE, N.G.; PRIGOGINE, I. **Self-Organization in nonequilibrium Systems**. New York: John Wiley, 1974. 491p.

PRIGOGINE, I.; STENGERS, Isabelle. **Order Out of Chaos: Man's new dialog with nature**. NY, Bantam Books, 1984. 349p.

PRIGOGINE, I.; NICOLIS, G.; BABLOYANTS, A. Thermodynamics of Evolution. **Physics Today**, New York, v. 25, p. 23-28, Nov., 1972a.

_____. Thermodynamics of Evolution. **Physics Today**, New York, v. 25, p. 38-44, Dec., 1972b.

PUCCIA, C.J. Qualitative models for east coast benthos. In: LAUENROTH, W.K.; SKOGERBOE, G.V. ; HUG, M. (Ed.). **Analysis of Ecological Systems: State-of-the-Art. Ecological Modelling**, Philadelphia, p. 719-724, 1983.

QUESNAY, F. **Economia**. Trad. Fernandes, Florestan e Kuntz, Rolf Nelson. Imprensa. São Paulo: Atica, 1984. 192p.

RICKER, M. Limits to economic growth as shown by a computable general equilibrium model. **Ecological Economics**, New York, v. 21, p. 141–158, 1997.

RICARDO, D. **Princípios de Economia Política**. São Paulo: Abril Cultural, 1983. 286p.

RIFKIN, G. **Entropy**. New York: Bantam Books, 1981. 302p.

RING, I. - Evolutionary strategies in environmental policy. **Ecological Economics**, New York, v. 23, p. 237–250, 1997.

RODRIGUES, F. **Análise das Transformações no Rio Pinheiros e das Políticas Ambientais Associadas**. 2012. 111p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

RUTH, M. **Integrating economics, ecology, and thermodynamics**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. 251p.

_____. Evolutionary economics at the crossroads of biology and physics. **Journal of Social and Evolutionary Systems**, Atlanta, v.19, n.2, p.125-144, 1996.

RUTH, M. ; BULLARD, C.W. Information, production and utility, **Energy Policy**, Atlanta, v. 21, p. 1059 -1067, 1994.

RYBCZYNSKI, E. **Rio Pinheiros, a cara, a vida e a esperança de São Paulo**. Disponível em: <http://www.saopaulominhacidade.com.br> Acesso em 19 set.2013.

SACHS, I. **Rumo à ecossocioeconomia: Teoria e prática do desenvolvimento**. Org. Paulo Vieira. São Paulo: Ed. Cortez, 2006. 472p.

SANTOS, J.D. **Desenvolvimento Rural, Biodiversidade e Políticas Públicas. Desafios e Antagonismos no Pontal do Paranapanema**. 2012. 295p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SAYÃO, F.F. Modelos teóricos em ciência da informação: abstração e método científico. **Ciência em Informação**, Brasília, v.30, n.1, p.82-91, jan./abr. 2001.

SCHNEIDER, D.; SAGAN, D. **Into the cool**. Chicago:Chicago University Press, 2006. 378p.

SCHUMPETER, J.A. **The theory of economic development**. Cambridge, Mass Harvard University Press, 1934. 255p.

_____. The analysis of economic change', **Review of Economics and Statistics**, vol 17 (May) p. 2-10. Reprinted In RICHARD, V. ;CLEMENCE (Ed.). *Essays of J.A. Schumpeter*. Cambridge, Mass., Addison-Wesley, 1950. p. 134-142, 1935.

SCHRÖDINGER, E. **O que é vida?** : o aspecto físico da célula viva seguido de mente e matéria e fragmentos autobiográficos / Erwin Schrödinger; tradução Jesus de Paula Assis, Vera Yukie Kuwajima de Paula Assis. São Paulo : Fundação Editora da UNESP : Cambridge University Press, 1997. 192p.

SHANNON, C.;WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication**, Univ. Illinois Press, 1949. Reprinted with corrections from The Bell System Technical Journal, v. 27, p. 379–423, 623–656, July, Oct., 1948.

SCREPANTI, E.; ZAMAGNI, S. **An Outline of the History of Economic Thought**. Oxford: Clarendon, 1993. 580p.

SLESSER, M. **Energy in the economy**. New York: St. Martin's Press, 1978. 164p.

SMITH, A. **A Riqueza as Nações**. São Paulo: Abril Cultural, 1983. 350p.

SOLÉ, R.; GOODWIN, B. **Signs of Life**: how complexity pervades biology. New York: Basic Books, 2000. 336p.

SOUZA, J. ;MACHADO, R.; MENDES, F.F. Modeling Organizational Information System Architecture Using “Complex Networks” Concepts In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE QUALITY OF INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY. n.8, 2012. Disponível em: http://www3.dsi.uminho.pt/rmac/privatefiles/papers/2012_SEDES_SousaMachadoMendes-ieee.pdf Acesso em: 28 jan.2013.

SPRENG, D.T. Possibilities for Substitution between Energy, Time and Information, **Energy Policy**, Atlanta p. 13-23, Jan.1993.

STEWART, J.H. Basin-plateau aboriginal sociopolitical groups. **Bureau of American Ethnology**. Washington, DC: Smithsonian Institution, 1938.362p.

_____. **Theory of culture change**. Urbana: University of Illinois Press, 1955. 244p.

SVENDSEN, A. **The Stakeholder strategy**: profiting from collaborative business relationships. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers: 1998. 207p.

TAPPAN, H. Primary production isotopes and the atmosphere. In:. Amsterdam:Elsevier Publishing 1968 .v.4: **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**.

THAKUR, G.S.; HELMY, A.; HSU, W.J. **Similarity Analysis and Modeling in Mobile Societies**: The Missing Link. Computer and Information Science and Engineering Department, University of Florida 2010. Disponível em: <http://www.cise.ufl.edu/tr/DOC/REP-2010-500.pdf> Acesso em:28 jan. 2013.

TRIOLA, M.F. **Introdução à estatística**, Trad. Vera Regina Lima de Farias e Flores. 10.d. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2008. 696p.

TUNG-SUN, C. A Teoria do Conhecimento de um filósofo Chinês. In: CAMPOS, H. de (Org.): **Ideograma, Lógica, Poesia e Linguagem**. São Paulo: EDUSP, 1994. 235p.

VEIGA, J.E. **Desenvolvimento Sustentável**: Um desafio para o séc. XXI. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 231p.

VIERTTEN, R. **Ecologia cultural**: Uma antropologia da mudança. São Paulo: Ed. Ática, 1998. 61p.

VIGUERIE, N.; MONTASTIER, E.; MAORET, J.; ROUSSEL, B.; COMBES, M.; VALLE, C.; VILLA-VIALANEIX, N.; LACOVONI, J.; MARTINEZ, J.A.; HOLST, C.; ASTRUP, A.; VIDAL, H.; CLEMENT, K.; HAGER, J.; SARIS, W.H.M.; LANGIN, D. Determinants of Human Adipose Tissue Gene Expression: Impact of Diet, Sex, Metabolic Status, and Cis Genetic Regulation. **PLOS Genetics**, San Francisco, v.8, n. 9, Sept.2012.

VITOUSEK, R.; EHRLICH, P.R.; EHRLICH, A. H.; MATSON, P.A. – Human appropriation of the products of photosynthesis. **Bioscience**, Washington, v.34, n. 6, p. 368-373, 1986.

WALSH, S.J.; MESSINA, J.P.; MENA, C.F.; MALANSON, G.P.; PAGE, P.H. Complexity theory, spatial simulation models, and land use dynamics in the Northern Ecuadorian Amazon. **Geoforum**, Oxford, v. 39, p.867–887, 2008.

WARREN, K.; FRANKLIN, C.; STREEETER, C.L. New directions in systems theory: chaos and complexity. **Social Work**, Oxford, v. 43, n.4, p.357–372, 1998.

WCED – **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.383p.

WETZEL, K.R.; WETZEL, J.F. Sizing the earth: recognition of economic carrying capacity. **Ecological Economics**, New York, v.12, p.13–21, 1995.

WHORF, B.L. Science and Linguistics. **Language in Action**, Hayakawa NY, p.311-313, 1941.

WOOD, D.J. **Business and society**. Pittsburgh:Harper Collins, 1990. 861p.

ZITEK, A.; SCHMUTZ, S.; PREIS, S.; SALLES, P.; BREDEWEG, B.; MUHAR, S. Evaluating the potential of Qualitative Reasoning models to contribute to sustainable catchment management, **Ecological Informatics**, Atlanta, v.4, n.5/6, p.381-395, 2009.

ANEXOS

ANEXO – A

Instrumento de coleta dos dados

Prezado (a) Senhor(a),

Esta pesquisa tem o propósito de identificar as variáveis que afetam a sustentabilidade do Rio Pinheiros na capital de São Paulo. A entrevista está dividida em três etapas. A primeira etapa visa sanar dúvidas em relação aos pressupostos conceituais adotados na pesquisa. A segunda etapa consiste em uma entrevista aberta, na qual o entrevistado é encorajado a falar livremente sobre o problema estudado. A terceira fase é uma entrevista semi-estruturada na qual se formularão perguntas diretas aos entrevistados.

Etapa 1 – Explicação sobre o contexto da pesquisa e referência ao conceito de sustentabilidade aplicado.

Esta é uma pesquisa que visa mapear as variáveis de sustentabilidade em um sistema sócio-ecológico. Entende-se por sistema sócio-ecológico um sistema no qual interagem fatores bióticos e abióticos (ecossistemas naturais) e fatores culturais inerentes aos (eco)sistemas sociais.

Nesse sentido é importante colocar que o conceito de sustentabilidade adotado:

Sustentabilidade é uma relação entre sistemas humanos dinâmicos e sistemas ecológicos maiores, normalmente de mudança mais lenta, na qual: (1) a vida humana pode continuar indefinidamente; (2) Os indivíduos humanos podem florescer, e; (3) as culturas humanas podem se desenvolver. Mas cujos efeitos das atividades humanas se mantêm dentro de limites, de modo a não destruir a diversidade, complexidade e função ecológica do sistema de suporte a vida (**Ecological Economics: Science and Management of sustainability**. Ed. Robert Constanza. Columbia University Press, NY, 1991).

O objetivo dessa pesquisa é mapear as variáveis de sustentabilidade do Rio Pinheiros levando em conta os sistemas naturais e sociais que envolvem a questão. As etapas posteriores visam identificar essas variáveis.

Etapa 2 - Fale livremente sobre o problema da sustentabilidade do Rio Pinheiros na capital de São Paulo levando em conta sua experiência e seu ponto de vista.

Etapa 3 – Responda às perguntas elaboradas ao longo dessa etapa da forma mais objetiva possível. Caso você não identifique nenhuma variável relevante para sustentabilidade do Rio Pinheiros, indique a necessidade de passagem para próxima pergunta.

Ler a lista de *stakeholders* abaixo:

1. Companhia de Geração de Energia AES-Eletropaulo
2. CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
3. FSP – Faculdade de Saúde Pública
4. Imprensa Especializada
5. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
6. SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
7. EMAE – Empresa Metropolitana de Águas e Energia
8. CPTM – Companhia Paulista de Trens e Metrô
9. IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
10. DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
11. FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
12. ONG – Associação Águas Claras do Rio Pinheiros

Ler e explicar as classes de sistemas da tabela abaixo:

Classificação de sistemas para modelagem conceitual de ecossistemas humanos		
<i>Nível</i>	<i>Descrição</i>	<i>Exemplo</i>
Sistemas Estáticos	Átomos, moléculas, cristais, estruturas biológicas do nível da microscopia eletrônica até o nível macroscópico.	Metais pesados na água, fósforo, poluentes em geral. Pneus, embalagens plásticas etc.
Sistemas Mecânicos	Máquinas convencionais em geral.	Automóveis, máquinas de dragagem, máquinas industriais etc.
Sistemas orgânicos	Populações de seres vivos impactados biologicamente.	Mosquitos, ratos, bactérias anaeróbias etc.
Sistemas sociais	<i>Stakeholders</i> , instituições burocráticas.	Empresas, organizações políticas, sociais etc.
Sistemas simbólicos	Aspectos culturais no ideário humano	Percepção estética do rio, predisposição em mudanças de comportamento, opinião pública, etc.

A matriz que segue auxilia a formulação de perguntas objetivas na medida em que se estruturam as perguntas relacionando o *stakeholder* (a), a classe de sistema (b) e o problema estudado (c).

Exemplo: Considerando-se o ponto de vista da Companhia de Saneamento Básico (a) quais são os sistemas estáticos (b) que interferem na sustentabilidade do rio Pinheiros (c)? A entrevista deve começar pelo *stakeholder* com o qual o especialista possui mais afinidade e seguir combinando os elementos da matriz no sentido de esgotar as suas 60 perguntas possíveis.

ANEXO – B

Formulários referentes a matriz de adjacência	Esgoto sanitário lançado no rio
Matriz de adjacência	
Índice de Oxigênio	1
Rede de esgotos não conectada a ETEs	1
Ação desarticulada dos agentes políticos	1
Percepção de apropriação do Rio pela população	1
Carrapatos	0
Bactérias anaeróbias	1
Promover a visão sistêmica acerca do problema	1
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	1
Material de assoreamento	0
Poluentes surfactantes	1
Ratos	0
Rede de drenagem levando poluição difusa	0
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	0
Alergias	1
Afastamento da poluição (cultura sanitária)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	1
Metais pesados	0
Gases geradas pela decomposição de matéria orgânica na água	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	1
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	1
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	1

Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	1
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	1
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	0
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	1
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Índice de Oxigênio
Rede de esgotos não conectada a ETEs	1
Ação desarticulada dos agentes políticos	0
Percepção de apropriação do Rio pela população	0
Carrapatos	0
Bactérias anaeróbias	1
Promover a visão sistêmica acerca do problema	0
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	1
Material de assoreamento	0
Poluentes surfactantes	1

Ratos	0
Rede de drenagem levando poluição difusa	0
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	0
Alergias	0
Afastamento da poluição (cultura sanitária)	0
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	1
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	1
Participação qualificada e popular em audiências públicas	1
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	0
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0

Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Rede de esgotos não conectada a ETEs
Ação desarticulada dos agentes políticos	1
Percepção de apropriação do Rio pela população	1
Carrapatos	0
Bactérias anaeróbicas	1
Promover a visão sistêmica acerca do problema	0
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	0
Material de assoreamento	1
Ratos	0
Rede de drenagem levando poluição difusa	0
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	0
Alergias	1
Afastamento da poluição (cultura sanitária)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	1
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	1
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	0

Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	1
Participação qualificada e popular em audiências públicas	1
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	1
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Ação desarticulada dos agentes políticos
Percepção de apropriação do Rio pela população	1

Carrapatos	0
Bactérias anaeróbias	0
Promover a visão sistêmica acerca do problema	1
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	0
Material de assoreamento	0
Poluentes surfactantes	0
Ratos	0
Rede de drenagem levando poluição difusa	0
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	0
Alergias	0
Afastamento da poluição (cultura sanitária)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	1
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	1
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	1
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	1
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos	1

flutuantes no Rio	
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	1
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	1
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Percepção de apropriação do Rio pela população
Carrapatos	1
Bactérias anaeróbias	0
Promover a visão sistêmica acerca do problema	1
Desbalanço hídrico da capital	0

(déficit)	
Material de assoreamento	0
Poluentes surfactantes	1
Ratos	0
Rede de drenagem levando poluição difusa	1
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	0
Alergias	1
Afastamento da poluição (cultura sanitária)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	1
Poder de multar os agentes poluidores	1
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	1
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos	0

persistentes	
Obstáculo ao acesso ao rio	1
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	1
Ciclovia integrada aos modais de transporte	1
Ciclovia aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	1
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	1
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	1
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	1

Matriz de adjacência	Carrapatos
Bactérias anaeróbias	0
Promover a visão sistêmica acerca do problema	1
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	0
Material de assoreamento	0
Poluentes surfactantes	0
Ratos	1
Rede de drenagem levando poluição difusa	0
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	0
Alergias	1
Afastamento da poluição	0

(cultura sanitaria)	
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	0
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0

Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	1
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	1

Matriz de adjacência	Bactérias anaeróbias
Promover a visão sistêmica acerca do problema	0
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	0
Material de assoreamento	1
Poluentes surfactantes	1
Ratos	0
Rede de drenagem levando poluição difusa	0
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	1
Alergias	1
Afastamento da poluição (cultura sanitarista)	0
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	0
Lixo na rua	1

Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0

Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Visão sistêmica acerca do problema
Desbalanço hídrico da capital (déficit)	1
Material de assoreamento	1
Poluentes surfactantes	1
Ratos	1
Rede de drenagem levando poluição difusa	1
Dragas para desassoreamento	1
Baratas	1
Alergias	1
Afastamento da poluição (cultura sanitaria)	1
Jacarés	1
Formação de especialistas	1
Garrafas PET e embalagens	1
Poder de multar os agentes poluidores	1
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	1
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio	1

Pinheiros	
Metais pesados	1
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	1
Participação qualificada e popular em audiências públicas	1
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das licitações	1
Compostos aromáticos	1
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	1
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	1
Obstáculo ao acesso ao rio	1
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	1
Ciclovias integradas aos modais de transporte	1
Ciclovias aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	1
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	1

Varrição de ruas	1
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	1
Impacto do Rio no sistema de transportes	1
Hormônios de anticoncepcionais	1
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	1
Borrifadores de inseticida	1
Capivaras	1

Matriz de adjacência	Desbalanço hídrico da capital (déficit)
Material de assoreamento	0
Poluentes surfactantes	1
Ratos	0
Rede de drenagem levando poluição difusa	0
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	0
Alergias	0
Afastamento da poluição (cultura sanitarista)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	0
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio	
Pinheiros	0
Metais pesados	0

Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	1
Participação qualificada e popular em audiências públicas	1
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Cullex</i>	0
Índice de Nitrogênio	1
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	1
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	0
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1

Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	1
Impacto do Rio no sistema de transportes	1
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Material de assoreamento
Poluentes surfactantes	0
Ratos	0
Rede de drenagem levando poluição difusa	1
Dragas para desassoreamento	1
Baratas	0
Alergias	0
Afastamento da poluição (cultura sanitaria)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	1
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	1
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio	0
Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0

Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das licitações	1
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Cullex</i>	1
Índice de Nitrogênio	1
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco	1

barreiras)	
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	1
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Poluentes surfactantes
Ratos	0
Rede de drenagem levando poluição difusa	1
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	0
Alergias	0
Afastamento da poluição (cultura sanitarista)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	1
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	1
Participação qualificada	0

e popular em audiências públicas	
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	1
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Cullex</i>	0
Índice de Nitrogênio	1
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	1
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de	0

anticoncepcionais	
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Ratos
Rede de drenagem levando poluição difusa	0
Dragas para desassoreamento	0
Baratas	1
Alergias	1
Afastamento da poluição (cultura sanitarista)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	1
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	0
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0

Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	1
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	1
Borrifadores de inseticida	0

Capivaras	0
-----------	---

Matriz de adjacência	Rede de drenagem levando poluição difusa
Dragas para desassoreamento	1
Baratas	1
Alergias	0
Afastamento da poluição (cultura sanitaria)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	1
Poder de multar os agentes poluidores	1
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	1
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	1
Metais pesados	1
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	1
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0

Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	0
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Dragas para desassoreamento
Baratas	0
Alergias	0

Afastamento da poluição (cultura sanitaria)	1
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	1
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	1
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	1

Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	0
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Baratas
Alergias	1
Afastamento da poluição (cultura sanitaria)	0
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0

Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	0
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a	0

percepção negativa do rio	
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	1
Borrifadores de inseticida	1
Capivaras	0
Matriz de adjacência	Alergias
Afastamento da poluição (cultura sanitária)	0
Jacarés	0
Formação de especialistas	0
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0

Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	1
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	1
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	1
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0

Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	1
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Afastamento da poluição (cultura sanitária)
Jacarés	0
Formação de especialistas	1
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	1
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	1
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	1
Feces de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	1
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0

Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	1
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Jacarés
Formação de	0

especialistas	
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	0
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	1
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	1
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	1
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos	0

modais de transporte	
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	1

Matriz de adjacência	Formação de especialistas
Garrafas PET e embalagens	0
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	0
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	1
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de	1

esgoto	
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	1
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	1
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	1
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1

Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Garrafas PET e embalagens
Poder de multar os agentes poluidores	0
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	1
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0

Mosquitos <i>Cullex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	1
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	1
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Poder de multar os
-----------------------------	---------------------------

	agentes poluidores
Alto custo do equipamento para macrodrenagem	0
Paisagem deteriorada	1
Lixo na rua	0
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	1
Metais pesados	1
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	1
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	0

Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	1
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Alto custo do equipamento para macrodrenagem
Paisagem deteriorada	0
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	1

Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Cullex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de	0

pequenas empresas	
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Paisagem deteriorada
Lixo na rua	1
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Cullex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	1
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos	1

modais de transporte	
Ciclovias aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	1
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	1
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Lixo na rua
Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros	0
Metais pesados	0
Gás sulfídrico	1
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das	0

licitações	
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	1
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0

Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Monitoramento da poluição do Rio Pinheiros
Metais pesados	1
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	1
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	1
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Cullex</i>	0
Índice de Nitrogênio	1
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	1
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas	0

da marginal no rio	
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	1
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Metais pesados
Gás sulfídrico	0
Barreiras legais para instalação de redes de esgoto	0
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Cullex</i>	0

Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Gás sulfídrico
Barreiras legais para	1

instalação de redes de esgoto	
Fezes de animais	1
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	1
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0

Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	1
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Barreiras legais para instalação de redes de esgoto
Fezes de animais	0
Lixo doméstico descartado na rede	1
Índice de Fósforo	1
Participação qualificada e popular em audiências públicas	1
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	1
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0

Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	1
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Fezes de animais
Lixo doméstico descartado na rede	0
Índice de Fósforo	1
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	1

Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	1
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Lixo doméstico
-----------------------------	-----------------------

	descartado na rede
Índice de Fósforo	0
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	1
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0

Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Índice de Fósforo
Participação qualificada e popular em audiências públicas	0
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	1
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypti</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a	0

percepção negativa do rio	
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Participação qualificada e popular em audiências públicas
Cultura dos descartáveis	0
Qualidade técnica das licitações	1
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0

Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovia integrada aos modais de transporte	1
Ciclovia aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Cultura dos descartáveis
Qualidade técnica das licitações	0
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para	1

reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	1
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	1
Ciclovia integrada aos modais de transporte	0
Ciclovia aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Qualidade técnica das licitações
Compostos aromáticos	0
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração	0

da água	
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Cullex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	1
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovias integradas aos modais de transporte	1
Ciclovias aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	1
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	1
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Compostos aromáticos
Presença de Coliformes	0
Percepção da coloração da água	0
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Cullex</i>	
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	1
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	1

Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Presença de Coliformes
Percepção da coloração da água	1
Doenças de veiculação hídrica	1
Mosquitos <i>Culex</i>	1
Índice de Nitrogênio	1
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	1
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0

Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Percepção da coloração da água
Doenças de veiculação hídrica	0
Mosquitos <i>Culex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	1
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	1
Campanhas para	0

reciclagem de pneus	
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	1
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Doenças de veiculação hídrica
Mosquitos <i>Cullex</i>	0
Índice de Nitrogênio	0
Algas	0
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	1
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0

Matriz de adjacência	Mosquitos <i>Cullex</i>
Índice de Nitrogênio	0
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovias integradas aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para	0

reciclagem de pneus	
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Índice de Nitrogênio
Algas	1
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0

Matriz de adjacência	Algas
Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio	0
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	1
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0

Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Projetos sociais para reciclagem de resíduos flutuantes no Rio
Proibição legal do bombeamento de água para Billings	0
Produtos orgânicos persistentes	0
Obstáculo ao acesso ao rio	1
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	1
Ciclovias integrada aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0

Matriz de adjacência	Proibição legal do bombeamento de água para Billings
Produtos orgânicos persistentes	1
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovias integrada aos modais de transporte	0
Ciclovias aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	1
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	0
Borrifadores de	0

inseticida	
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Produtos orgânicos persistentes
Obstáculo ao acesso ao rio	0
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	1
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Obstáculo ao acesso ao rio
Resíduos da frota automotiva	0
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos	1

modais de transporte	
Ciclovía aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	1
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Resíduos da frota automotiva
Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>	0
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	1
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0

Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Mosquitos <i>Aedes aegypt</i>
Ciclovía integrada aos modais de transporte	0
Ciclovía aproximando a população do Rio	0
Impacto das autopistas da marginal no rio	0
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	1
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	1
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	1
Borrifadores de	1

inseticida	
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Ciclovía integrada aos modais de transporte
Ciclovía aproximando a população do Rio	1
Impacto das autopistas da marginal no rio	1
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	1
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Ciclovía aproximando a população do Rio
Impacto das autopistas da marginal no rio	1
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	1

Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	1
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Impacto das autopistas da marginal no rio
Decomposição na zona bentônica	0
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	1
Denúncias sobre ações poluidoras	0
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	1

Matriz de adjacência	Decomposição na zona bentônica
Trânsito agravando a percepção negativa do rio	0
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	1
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Trânsito agravando a percepção negativa do rio
Denúncias sobre ações poluidoras	1
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	1
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0

Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Denúncias sobre ações poluidoras
Varrição de ruas	0
Sabão em pó	1
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Varrição de ruas
Sabão em pó	0
Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Sabão em pó
-----------------------------	--------------------

Campanhas para reciclagem de pneus	0
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	0
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	1
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Campanhas para reciclagem de pneus
Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)	1
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Redes de retenção de material flutuante (eco barreiras)
Preço do uso água	0
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0

Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Inseticidas de sobras de pequenas empresas	1
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	1
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Preço do uso água
Impacto do Rio no sistema de transportes	0
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Inseticidas de sobras de pequenas empresas
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	1
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Flora na margem
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	1

Matriz de adjacência	Impacto do Rio no sistema de transportes
Hormônios de anticoncepcionais	0
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	1

Matriz de adjacência	Borrifadores de inseticida
Capivaras	0

Matriz de adjacência	Hormônios de anticoncepcionais
Toxinas carcinogênicas	0
Inseticidas de sobras de pequenas empresas	0
Flora na margem	0
Borrifadores de inseticida	0
Capivaras	1

Matriz de adjacência	Toxinas carcinogênicas
-----------------------------	-------------------------------

ANEXO - C

Figura 38 - Modelo conceitual da sustentabilidade do Rio Pinheiros
Fonte: Elaborado para esse trabalho