

INOVAÇÕES METODOLÓGICAS PARA CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS ESTRATÉGICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Rafael Caldeira Magalhães

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

rafaelmagalhaes@eng-smarg.dout.ufmg.br (Brasil)

Ana Rosa Baganha Barp

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

Professora da Universidade Federal do Pará – UFPA

anabarp@ufpa.br (Brasil)

RESUMO

A questão central deste artigo é investigar a teoria e metodologia de criação e simulação de cenários estratégicos dos recursos hídricos em bacia hidrográfica. Esta teoria está baseada em três elementos da álgebra linear, sendo as teorias de matrizes, dos grafos e dos jogos. A integração de tais teorias foi utilizada através de métodos de análise estrutural, análise de atores sociais e análise morfológica, voltados para o planejamento e gestão da água. Para facilitar a compreensão, a modelagem computacional trouxe contribuições importantes através de três metodologias informacionais: *MICMAC* (matriz de impacto cruzado e multiplicação aplicada à classificação), *MACTOR* (atores, objetivos e relações de força) e *MORPHOL* (matriz morfológica). A área de estudo foi a bacia hidrográfica do Rio Ararandeuá, caracterizada predominantemente pela prática do desmatamento na Amazônia brasileira, com grande incidência de conflitos pelo uso da água. Este trabalho demonstra a necessidade de que o planejamento do uso da água deve considerar as dinâmicas sociais, econômicas e ambientais do território na visão de desenvolvimento sustentável. A partir do trabalho de campo realizado no âmbito da pesquisa, foi possível criar e simular os cenários da bacia do Rio Ararandeuá. Entre os cenários criados, destacam-se duas alternativas de gestão de recursos hídricos: o cenário sustentável e o cenário tendencial de exploração de recursos naturais.

Palavras-chave: Cenários; Bacia hidrográfica; Gestão da água e sustentabilidade.

This is an Open Access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

1. INTRODUÇÃO

A gestão integrada de bacias hidrográficas, em particular a gestão da água, se sustenta especialmente na capacidade das organizações públicas e privadas de tomar decisões e desenhar estratégias para alcançar objetivos pré-determinados por e para um grupo relativamente grande de atores que dependem e compartilham um mesmo recurso e território. As decisões do grupo de gestão, materializadas em estratégias de ação, se apresentam na forma de planos.

O reconhecimento e a avaliação dos principais problemas referentes à água que afetam a sociedade e sua relação com os recursos naturais podem resultar em uma ação gradual e progressiva focalizada no planejamento, gestão e desenvolvimento sustentável de recursos hídricos.

A questão central desta pesquisa é investigar o planejamento estratégico de bacia hidrográfica, tendo como base a teoria preconizada por Godet (1993) de construção de cenários prospectivos, e o método de análise estratégica, materializadas através dos instrumentos computacionais: *MICMAC*, *MACTOR* e *MORPHOL* (LIPSOR, 2004), que simulam a interação entre as variáveis e tendências do planejamento num território.

Pretende-se contribuir com a implementação dos instrumentos da gestão de recursos hídricos, no âmbito de bacia hidrográfica e com isso avaliar a efetividade de utilização dessas técnicas aplicadas às dinâmicas sociais, econômicas, ambientais e territoriais do rio Ararandeuá, que foi a área estudada.

Nesta pesquisa priorizou-se utilizar como elemento de modelagem e simulação, a análise matemática da teoria das matrizes, teoria dos grafos e teoria dos jogos, que trata do desenvolvimento e da aplicação da prática de métodos que permitam descobrir e analisar as inter-relações estruturais e morfológicas entre objetos, fenômenos ou conceitos e explorar os resultados obtidos na constituição de realidades plausíveis.

A área de estudo da pesquisa é a Bacia Hidrográfica do Rio Ararandeuá, que é um território com característica predominantemente amazônica. Está localizada na região sudeste do Estado do Pará, fazendo parte da Região Hidrográfica Costa Atlântica - Nordeste (PARÁ, 2008), e da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental (BRASIL, 2003). Com uma área total 10.742,62 km², 95,22 % estão no Estado do Pará e 4,78% no Estado do Maranhão.

O município de Rondon do Pará reúne os principais elementos dentro do contexto da bacia hidrográfica do Rio Ararandeuá que possibilitam o estabelecimento de análises consistentes para a construção de cenários estratégicos em recursos hídricos. A Lei Nacional das Águas, Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) é clara e objetiva na definição das diretrizes gerais de ação, às quais se referem à indispensável integração da gestão da águas com a gestão ambiental. Com isso,

fortalece-se o princípio da gestão integrada entre duas políticas públicas, sendo a bacia hidrográfica do Rio Ararandeuá como locus de estudo da política de recursos hídricos e o município de Rondon do Pará, como locus para a política ambiental.

A hipótese balizadora desta pesquisa é de que a utilização de técnicas de construção de cenários de recursos hídricos constitui importante ferramenta para a elaboração do planejamento estratégico da bacia hidrográfica do rio Ararandeuá, possibilitando, a partir da análise de dimensões sociais, econômicas, ambientais e territoriais, reduzir incertezas e definir qual o melhor caminho a seguir na gestão da água em regiões com alto índice de desmatamento e degradação ambiental.

É oportuno esclarecer que as atividades de campo, como coleta de informações sobre a bacia e análise de atores sociais foram inseridas no âmbito do Projeto “Água e Cidadania para o Desenvolvimento Local Sustentável das Bacias Hidrográficas de Rondon do Pará” que foi coordenado pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Amazônia/UFPA, parcerias da organização não governamental Argonautas Ambientalistas da Amazônia e Prefeitura Municipal de Rondon do Pará e apoio financeiro do Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-HIDRO) e Fundo Setorial de Agronegócio (CT-AGRONEGÓCIO) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Uma característica marcante deste trabalho é o diálogo interdisciplinar com a inserção de três inovações científicas: um novo paradigma de sustentabilidade pautada na água e floresta na Amazônia; um novo conceito de planejamento baseado na gestão integrada de recursos hídricos; e um novo modelo ancorado nos cenários como forma de reduzir as incertezas no processo decisório.

A pesquisa foi realizada durante quatro anos, do início de 2006 ao final de 2009, onde foram colhidas informações tanto de bases secundárias, quanto em trabalhos de campo, no qual foi criado um banco de dados, inclusive com a criação de mapas que possibilitaram a visualização gráfica das informações.

A primeira parte deste trabalho preocupa-se em estabelecer uma revisão sobre a gestão dos recursos hídricos como forma de descrever linhas teóricas voltadas para a abordagem de integração com interfaces sociais, econômicas e ambientais que conformam o conceito de sustentabilidade.

Já a segunda parte da revisão teórica visa situar questões clássicas e recentes sobre o planejamento. Pontua-se o interesse sobre os processos de cenarização como forma de delinear alternativas de trajetórias futuras em políticas públicas relacionadas com os recursos hídricos.

Na sequência são apresentadas as principais características geopolíticas, sociais, econômicas e ambientais da área de estudo. Tal descrição torna-se fundamental para propor cenários estratégicos de acordo com as particularidades locais e territoriais.

Os cenários dos recursos hídricos da bacia hidrográfica em questão são apresentados numa seção específica como resultados da pesquisa. A partir da implementação metodológica de elaboração de cenários estratégicos, foram cruzadas as variáveis do estudo em matrizes, onde o tratamento dos dados possibilitou estabelecer três cenários principais para a área de estudo. A seção final constitui reflexões importantes sobre a necessidade de utilização da visão estratégica para a gestão e planejamento dos recursos hídricos em âmbito de bacia hidrográfica e recomenda a consolidação de novos estudos e experiências práticas neste contexto.

2. GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

O planejamento e gestão dos recursos hídricos levantam, necessariamente, problemas de natureza intersetorial e multidisciplinar. Tratando-se a água de um recurso partilhado pelos mais diversos setores de atividades, não pode deixar de estar sujeita a um regime complexo de utilização e jurisdição que tem evoluído ao longo do tempo. No Brasil, até os anos de 1970, centrava-se grande ênfase nos aspectos estritamente técnicos relacionados com os aproveitamentos hidráulicos. Durante a década de 1980, a ênfase derivou para os problemas da engenharia de recursos hídricos e para a elaboração de projetos. Já na década de 1990 e início do século XXI, uma parte importante dos esforços concentra-se sobre o contexto da utilização do recurso, isto é, sobre o conjunto de condicionantes ambientais, econômico-sociais e institucionais que envolvem e circunscrevem os usos e as funções da água e os processos de decisão a eles relacionados (BANCO MUNDIAL, 2003).

O conceito adotado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD/1992, realizada na cidade do Rio de Janeiro, no Brasil, envolvia mudanças de comportamento no plano pessoal, social e transformações nos mecanismos de produção e hábitos de consumo. Segundo Tucci (2004), este conceito evoluiu para a incorporação de várias dimensões na relação entre o homem e a natureza, como: ambiental, a capacidade de suporte do ecossistema; ecológico, limite de uso dos recursos naturais; social, impactos sobre a qualidade de vida; político, atitudes da população e cidadania; econômico, investimento em eficiência; demográfico, capacidade do território quanto aos recursos naturais à população; cultural, manutenção das culturas regionais; institucionais, arranjos legais e de gestão para sustentabilidade; espacial, busca da equidade nas relações inter-regionais.

No entanto, Leff (2003), considera que o referencial teórico da abordagem sobre o desenvolvimento sustentável tem sua origem a partir da racionalidade econômica, onde

A geopolítica da sustentabilidade se configura no contexto de uma globalização econômica, que, enquanto leva à *desnaturalização* da natureza – a *transgenese* que invade e transmuta tecnologicamente a vida –, com o discurso do desenvolvimento sustentável, promove uma estratégia de apropriação que busca “naturalizar” a mercantilização da natureza. Nessa corrupção do “natural” negociam-se as controvérsias entre a *economização* na natureza e a *ecologização* da economia. (LEFF, 2003, p. 5)

É importante destacar os fundamentos da gestão da água, onde a visão sistêmica das funções gerenciais (planejamento, organização, direção e avaliação) integra uma visão mais abrangente, sendo, o processo que promove o desenvolvimento coordenado e o gerenciamento dos recursos hídricos para maximizar o resultado econômico e social de forma equitativa sem comprometer a sustentabilidade vital dos ecossistemas. Ela é integrada, pois, une a terra e a água; bacia hidrográfica e ambiente costeiro; águas superficiais e subterrâneas; quantidade e qualidade da água; montante e jusante; desenvolvimento econômico, social, humano e institucional; todos os elementos da água no meio urbano e visão integrada dos efeitos econômicos da cadeia produtiva da água; engenharia, economia, meio ambiente, aspecto social e eficiência.

Tundisi (2003) ressalta que os principais problemas referentes à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos no Brasil mostram uma situação diversificada e complexa que exige avanços institucionais e tecnológicos para recuperação e proteção, além de novas visões para a gestão preventiva, integrada e adaptativa, tendo como princípios gerais: a consideração da dinâmica do ecossistema; a consideração da sensibilidade das bacias hidrográficas às entradas externas de material; a utilização do conhecimento dos fatores abióticos e bióticos, retendo as estruturas naturais e protegendo a biodiversidade, respeitando a sustentabilidade do desenvolvimento; o gerenciamento da bacia hidrográfica como parte de um todo, adotando uma visão sistêmica; a avaliação das opções de longo prazo e os efeitos globais do gerenciamento; confrontação dos usos conflitantes; e determinação da capacidade assimilativa do ecossistema e não excedê-la.

A bacia hidrográfica é um território que é delimitado pela própria natureza, essencialmente pelos limites de escoamento das águas superficiais que convergem para um mesmo leito de rio. A bacia, seus recursos naturais e seus habitantes impõem condições físicas, biológicas, econômicas, sociais e culturais que conferem características que são particulares a cada uma. Ela caracteriza os efeitos de montante para jusante, porém grande parte das reações causa-efeito extrapola os limites da bacia, criando conflitos com a administração social, econômica e política.

As bacias hidrográficas possuem expressividade espacial, constituindo sistemas ambientais complexos em sua estrutura, funcionamento e evolução. As bacias de drenagem são unidades

fundamentais para mensuração dos indicadores geomorfológicos, para a análise da sustentabilidade ambiental baseadas nas características do geossistema e o elemento sócio-econômico (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 173).

Segundo Lanna (1999), o período que se segue ao Código de Águas até finais da década de 1940 está marcado pelo modelo burocrático de gestão da água, fundamentado no cumprimento de instrumentos legais; e, a partir da década de 1950 até o processo de revisão da política de águas, na década de 1980, a gestão fundamenta-se no modelo econômico-financeiro, em que são aplicadas medidas econômicas e financeiras para o controle do uso dos recursos hídricos e o estímulo do seu gerenciamento adequado dentro do processo de desenvolvimento regional. Após o modelo econômico-financeiro, a gestão das águas transita para o modelo sistêmico de integração participativa onde a água é considerada como bem público.

Com a Política Nacional de Recursos Hídricos, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), inaugura-se um novo modelo de gestão da água, considerando, de forma prioritária, a participação da sociedade na tomada de decisões acerca do gerenciamento dos recursos hídricos. Outros avanços confirmam o caráter de bem essencial à vida, onde, em situações de escassez, o uso prioritário é o consumo humano e de animais, devendo a gestão dos recursos hídricos proporcionar sempre o uso múltiplo das águas.

O planejamento, segundo Silva (1997, p. 37), “é um processo técnico instrumentado para transformar a realidade existente no sentido de objetivos previamente estabelecidos”. O processo de planejamento instrumentaliza-se mediante a elaboração do plano. O plano é, assim, o instrumento formal que consubstancia e materializa as determinações e os objetivos previstos no planejamento.

Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. Devem conter diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, análises sócio-econômicas, balanços entre disponibilidade e demandas futuras, metas, prioridades para outorgas, critérios para cobrança pelo uso da água e propostas para criação de áreas sujeitas à restrição de uso (BRASIL, 1997).

3. PROSPECTIVA ESTRATÉGICA E CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS

Os governos, as empresas, os grupos organizados e até mesmo os indivíduos, para desempenharem suas atribuições, devem lançar mão de instrumentos de diversas naturezas de forma eficaz, no sentido de maximizar os retornos sociais e econômicos que visam tanto o bem estar da

sociedade como de si próprios. Todavia, para que isso ocorra, o processo de tomada de decisões deve ser coordenado através de técnicas que permitam eleger e relacionar as melhores alternativas de ação tendo como referência a melhor relação entre custo e benefício.

Segundo Buarque (2001), o planejamento é sempre um processo político. É também um processo ordenado e sistemático de decisão, o que lhe confere uma conotação técnica e racional de formulação e suporte para as escolhas da sociedade. Desta forma, o planejamento incorpora e combina uma dimensão política e uma dimensão técnica, constituindo uma síntese técnica-política. Outra visão de planejamento é vista como um processo que envolve tomada e avaliação de cada decisão de um conjunto de decisões inter-relacionadas, antes que seja necessário agir, numa situação na qual se acredita que, a menos que se faça alguma coisa, um estado futuro desejado não deverá ocorrer e que, se tomadas as atitudes apropriadas, pode-se aumentar a probabilidade de um resultado favorável. (ACKOFF, 1981, p. 17).

Na realidade, nem é tanto o planejamento que está em causa, mas a maneira como ele é posto em prática. A complementação 'estratégico' ao termo planejamento corresponde às possibilidades de interações entre o ambiente interno e externo das organizações, com a identificação de variáveis responsáveis pela mudança de rumos, e, principalmente, pela apropriação das informações que irão nortear as ações individuais e coletivas.

De acordo com autores, como Poirier (1985) e Ansoff (1965), a noção de estratégia remete para a ação de uma organização com o meio envolvente e para a reflexão para essa ação. Embora as noções 'estratégia' e 'prospectiva' sejam frequentemente associadas, elas representam conceitos distintos. Godet e Roubelat (1996) sustentam a idéia de que certas perspectivas sejam estratégicas e outras não, pois a decisão estratégica é aquela suscetível de por em definição a existência da organização, a sua independência, as suas missões, o campo das suas atividades principais. Para Godet (1993) não se deve confundir os cenários prospectivos (que projetam os desejos e as angústias face ao futuro) com a escolha das opções estratégicas (onde a ambição da vontade se inscreve no princípio da realidade das evoluções previsíveis do ambiente da organização).

A descrição de uma futura potencial e a progressão em direção a ele representa um cenário (GODET & ROUBELAT, 1996). Godet (2000) acrescenta que Para ser fecundo, ou seja, portador de futuro, o casamento entre Prospectiva e a Estratégia deve-se encarnar-se na realidade quotidiana e dar origem, através da apropriação (por todos os *actores* envolvidos, do topo à base da hierarquia), a uma verdadeira mobilização da inteligência *colectiva*. Embora o encontro entre a Prospectiva e a Estratégia fosse inevitável, de *facto*, ele não conseguiu

apagar a confusão de gêneros e conceitos que ainda existe. Estes últimos são bastante mais próximos do que geralmente se admite. (GODET, 2000, p. 26)

Ribeiro (2001) salienta que, quando se utiliza o planejamento por cenários, é dado um passo à frente das tradicionais metodologias de planejamento, visto que é integrado às incertezas na construção do futuro, bem como capta a riqueza e a variedade de possibilidades, organizando-as em narrativas de fácil visualização e entendimento – ao invés de armazenar somente grandes volumes de dados estatísticos sobre o assunto em discussão. Além de levar em conta essas características, o autor refere-se à utilização do planejamento por cenários para: identificar possíveis oportunidades de atuação; testar a estratégia em múltiplos cenários; monitorar a execução da estratégia; pesquisar mudanças no ambiente para determinar as estratégias que deverão ser adaptadas ou alteradas para a sobrevivência da organização; reduzir as incertezas com relação à capacidade da liderança em promover ajustes; incrementar a qualidade do pensamento estratégico (reduzindo pensamentos rotineiros).

Onkal et al (2013) fornecem uma análise e demonstração de como os cenários podem ser utilizados para auxiliar o julgamento quantitativo na previsão. Esses autores investigam os efeitos da elaboração de cenários como fundamentais no planejamento. Eles demonstram que os cenários alternativos, no momento em que um planejamento está sendo elaborado, podem incentivar os decisores na consideração de resultados sobre os futuros alternativos. Eles prosseguem com o fornecimento de uma série de resultados indicativos do impacto de cenários de inclusão em previsão e assim gerar uma agenda de pesquisa para melhoria tanto da comunicação da previsão quanto da precisão.

Para Mackay & McKiernan (2010), a elaboração de cenários é uma intervenção utilizada no âmbito da gestão estratégica de recursos que combina a geração de histórias, imagens e colagens plausíveis, futuros alternativos estratégicos de estados ambientais, assim como os meios políticos para alcançá-los. Segundo os autores, os cenários possuem pontos fundamentais na área de previsão. Outro ponto importante é que tal prática consegue captar ideias flutuantes nos campos social e político, voltadas para o aprendizado e a comunicação, especialmente entre grupos divergentes. Ressalta-se que o processo de planejamento por cenários tem um benefício especial em fazer sentido de contextos ricos de mudança rápida e complexa, onde as previsões tradicionais estatísticas restringem a modelagem e previsão. Já os cenários variam amplamente a gama de variáveis e tornam a abordagem qualitativa com base na simulação computacional.

Para Godet (2000), os atores sociais devem ocupar uma posição central na construção de cenários. De um modo geral, cada cenário configura e expressa um determinado quadro hegemônico com o predomínio de uma aliança de atores em torno de um dado projeto. É este projeto político que

oferece e assegura a sustentação política dos cenários, especialmente importante quando se trata de cenários de macro-sistemas para o planejamento intersetorial. O futuro depende fortemente da capacidade dos atores constituírem um projeto dominante, assumindo a condução do Estado e conferindo a ele capacidade de intervenção e, principalmente, definindo suas prioridades e formas de atuação nas áreas social, econômica, ambiental, regional, diplomática ou científico e tecnológica.

Balizado neste contexto, a prospectiva territorial torna-se importante, no qual O conceito básico na previsão do futuro é que ele é construído passo a passo. Para construí-lo, devemos ser pró-ativos. Sem antecipação, as únicas emergências deixam pouca margem de manobra. Em uma fase exploratória, a perspectiva visa, portanto, reduzir a incerteza sobre o futuro, decifrar e conjecturar possível futuro juntos. Então, em uma fase mais normativa, ele pode fazer a visão de um futuro desejável emergir, e o caminho para chegar lá, dando-se o necessário espaço de manobra, mesmo se elas forem gradualmente reduzidas, tendo as idéias crescente importância das variáveis externas que pesam mais sobre o futuro dos territórios. (Tradução do autor) (DURANCE & GODET, 2007, p.10)

A abordagem matemática possibilita uma série de proposições no campo das ferramentas metodológicas de gestão e planejamento. No caso do estudo de cenários, existe uma forma de construir, simular e avaliar análises estruturais de um sistema linear. Além disso, é possível simular influências diretas ou indiretas, definir restrições, enfatizar determinadas variáveis utilizando operações matriciais.

Outra aplicação importante para o estudo dos cenários é a possibilidade de representação das análises de operações da álgebra matricial em planos cartesianos, com a inserção dos pontos das equações lineares em quadrantes, no qual representam respostas metodológicas às demandas de cada pesquisa.

O cruzamento entre linhas e colunas das matrizes é o principal fundamento da metodologia integrada da análise estrutural, análise de atores sociais e análise morfológica, pois fornece a interação das variáveis de um sistema entre si, isto é, atribuindo pesos escalares para as interações entre as variáveis, possibilita gerar uma classificação de importância para tais variáveis e com isso identificar os principais elementos de análise do sistema.

A teoria dos Grafos é o ramo da matemática que estuda as propriedades de grafos. Um grafo é um conjunto de pontos, chamados vértices (nós), conectados por linhas, chamadas de arestas (ou arcos). Dependendo da aplicação, arestas podem ou não ter direção, pode ser permitido ou não arestas ligarem um vértice a ele próprio e vértices e/ou arestas podem ter um peso (numérico) associado. A

teoria de grafos dirigidos pode ser usada para modelar, matematicamente, diversos tipos de relações. Dentre os autores pesquisados, destacam-se Feofiloff et al (2011) e Biggs et al (1976).

A teoria dos grafos permite estabelecer análises contundentes sobre a relação entre variáveis de um sistema linear, apoiada na teoria de mapeamento cognitivo, no qual se identifica relações de causa e efeito através de setas direcionadas (Figura 1), bi-direcionadas ou multi-direcionadas.

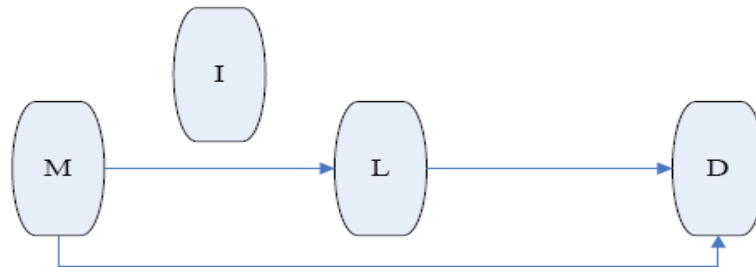


FIGURA 1 – Grafos de relações de causa-efeito.

Fonte: Adaptado de Lucchesi (1979).

Neste caso, M é um conjunto de variáveis que impulsionam o sistema (também chamadas de variáveis motrizes); L é um conjunto de variáveis de ligação do sistema; D é um conjunto de variáveis dependentes do sistema; e I é um conjunto de variáveis independentes. Estas relações matemáticas foram demonstradas por Lucchesi (1979).

Cabe ressaltar a necessidade de conceituar elementos teóricos do mapeamento cognitivo, como apoio às análises dos grafos no processo de planejamento e de construção de cenários. Segundo Baganha Junior e colaboradores (2007), o mapeamento cognitivo insere-se no âmbito dos métodos de mapeamento para estruturação de dados qualitativos. Este método foi descrito por Eden e Ackermann (1998), como um processo composto por uma série de transformações psicológicas pelas quais um indivíduo adquire, armazena e decodifica informações sobre as localizações e o atributo relativo aos fenômenos em seu ambiente espacial diário.

Para esta pesquisa específica foram utilizados mapas causais, pois revela influência, causalidade, dinâmica do sistema e argumentação. Ou seja, esses mapas assumem diferentes graus de complexidade e variadas formas de representação, sendo, sem dúvida, a mais apelativa, aquela que recorre ao diagrama baseados na estrutura de grafos.

Para Abrantes (2004), jogo é um conjunto de regras que governam o comportamento de dado número de indivíduos ou grupo de indivíduos, dominados jogadores. Em geral, as regras do jogo consistem numa sucessão finita de lances realizados segundo determinada ordem. Os lances são elementos componentes do jogo e podem ser de dois tipos: pessoais ou aleatórios.

Jogo é toda a situação em que existem duas ou mais entidades em uma posição em que as ações de um interferem nos resultados de outro. A Teoria dos Jogos também é conhecida como a ciência do conflito. Estratégia é algo que um jogador faz para alcançar seu objetivo. Um jogador sempre procura uma estratégia que aumente seus ganhos ou diminua as perdas (ZUGMAN, 2005).

Esta abordagem integra-se com o método utilizado nesta pesquisa através da matriz de análise de atores sociais e relações de força. Neste caso, há a necessidade de relacionar pesos de dominância, dependência e de ligação, tanto para atores sociais, quanto para seus objetivos.

Segundo Levy (1999), metodologias informacionais são tecnologias que amplificam, exteriorizam e modificam numerosas funções cognitivas humanas como: memória (banco de dados, hiperdocumentos, arquivos digitais), imaginação (simulação), percepção (sensores digitais, telepresença, realidade virtual) e raciocínio (inteligência artificial, modelagem de sistemas complexos).

Serão apresentadas, neste tópico, algumas ferramentas utilizadas no âmbito da construção de cenários prospectivos preconizada pela metodologia de Michel Godet, centrando atenção em três módulos, que serão utilizados e aplicados nesta pesquisa: análise estrutural (*MICMAC*), análise de atores (*MACTOR*) e análise morfológica (*MORPHOL*). Todas essas ferramentas foram desenvolvidas no Laboratório de Pesquisa em Estratégia Prospectiva e Organizacional – LIPSOR (2004), Paris-França.

A análise estrutural, através da utilização do método *MICMAC* (Matriz de Impactos Cruzados – Multiplicação Aplicada a uma Classificação), tem como objetivos: reduzir a complexidade do sistema (pois a prospectiva parte do complexo para o simples), detectar as variáveis-chaves (hierarquizando-as) e detectar os atores na origem da evolução das variáveis-chave. Em síntese, consiste em elaborar uma imagem do estado atual do sistema, constituído pelo ambiente (político, econômico, ambiental, etc.) que o envolve. Segundo Alvarenga e Carvalho (2007) esta delimitação do sistema e a subsequente determinação das variáveis-chave permite colocar em evidência uma hierarquia das variáveis (motrizes e dependentes), confirmar (ou não) as intuições iniciais e eventualmente levantar, para outras variáveis, questões que, de outra forma, não teriam sido colocadas.

Outra informação gerada pelo *MICMAC* é a classificação de variáveis, que podem ser: Motrizes: são variáveis de força, que regem os acontecimentos futuros; Dependentes: são aquelas que sofrem influência das variáveis motrizes; seu comportamento vai depender do desempenho das motrizes; de Ligação: variáveis que, ao mesmo tempo, têm alta motricidade e alta dependência, ou seja, têm ao mesmo tempo capacidade de influenciar e serem influenciadas pelo sistema; Independentes: são aquelas de baixa motricidade e baixa dependência, que acabam por não influenciar o sistema.

A análise de atores é um método de análise dos jogos de atores sociais. Procura avaliar as relações de força entre esses e estuda suas convergências e divergências dada uma configuração de um conjunto de objetivos estratégicos, os quais descrevem ou determinam essa situação de futuro. Constitui-se como uma ferramenta importante dentro da perspectiva da metodologia integrada de Godet (1993).

A metodologia “Matriz de atores, objetivos e relações de força” – *MACTOR* – configura-se em dois elementos principais: relação entre ator-ator e relação ator-objetivos. É importante ressaltar que essas análises são bastante relativas, pois o resultado do jogo de forças é indeterminado, dependendo precisamente do objeto de análise, isto é, do poder e das posições dos atores. Segue uma sequência da análise estrutural.

A análise morfológica (metodologia na base do software *MORPHOL*) clarifica e simplifica e elaboração de cenários a partir das evoluções possíveis/prováveis das variáveis-chave (identificadas na análise estrutural), refletindo o comportamento dos atores (estudado na análise de jogos dos atores). O princípio fundamental é a decomposição do sistema estudado em subsistemas ou componentes, sendo que as componentes devem ser as mais independentes possíveis e cobrir a totalidade do sistema estudado. Cada componente pode ter diferentes configurações, existindo tantas soluções possíveis quanto combinações de configurações. Por exemplo, num sistema de quatro componentes, com quatro configurações cada, existem $4 \times 4 \times 4 \times 4 = 256$ possibilidades de combinações. Este espaço dos possíveis também se denomina “espaço morfológico”.

A análise morfológica tem sido empregada para desenvolver cenários e modelar cenários em laboratório; desenvolver estratégias alternativas; análise de risco; relacionar entradas e saídas em sistemas políticos complexos; desenvolver modelos para analisar posições dos *stakeholders*; avaliar diferentes estruturas organizacionais; apresentar e compreender sistemas complexos através de modelos visuais.

4. ESTUDO DA BACIA DO RIO ARARANDEUA

A área de estudo é a bacia hidrográfica do Rio Ararandeuá (Figura 2) no município de Rondon do Pará, localizado na mesorregião Sudeste Paraense, Brasil, afluente à bacia hidrográfica do Rio Capim.

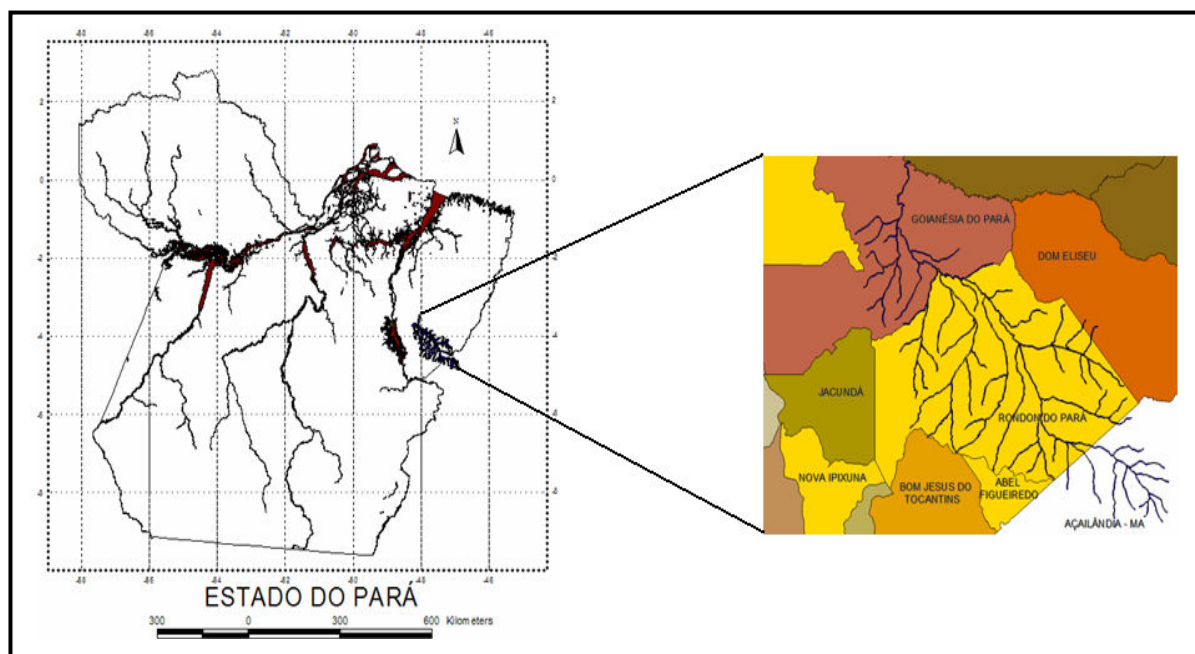


FIGURA 2 – Localização da bacia do rio Ararandeuá no Estado do Pará – Brasil

Fonte: CACELA FILHO, 2008.

O rio Ararandeuá nasce no estado do Maranhão, município de Açailândia a uma altitude aproximada de 400 metros. A Tabela 1 discrimina a divisão político-administrativa dos municípios e respectivas áreas que ocupam dentro da bacia.

Nº	Estado	Nome do município	Área do município em KM ² (IBGE)		Percentual da área integrada
			Total	Parcial integrada à bacia	
01	Pará	Goianesia do Pará	6.958,80	2.118,61	30,44 (%)
02	Pará	Rondon do Pará	8.277,30	7.595,47	91,76 (%)
03	Maranhão	Açailândia	6.354,60	1.028,54	16,18 (%)

TABELA 1 - Municípios Integrados à Bacia Hidrográfica do Rio Ararandeuá

Fonte: CACELA FILHO, 2008.

Esta região é produto do modelo desordenado de ocupação da Amazônia nas décadas de 60-70, uma vez que os primeiros migrantes, vindos do sudeste e do nordeste, chegaram nesta região no final dos anos 60 quando as estradas estavam sendo abertas e a Belém-Brasília asfaltada. Resultante de um processo migratório intenso e de exploração predatória dos recursos naturais, o município que, em 1986, possuía 27,8% da cobertura vegetal de sua área alterada, hoje possui menos de 40% de sua área

inalterada, estando localizado na área denominada de Arco do Desmatamento, conforme mostra a Figura 3, onde estão situados os 50 municípios responsáveis por 70% do desmatamento ocorrido no período de 2000-2006 na Amazônia, com uma taxa de 3,6% de incremento no período (MMA, 2007).

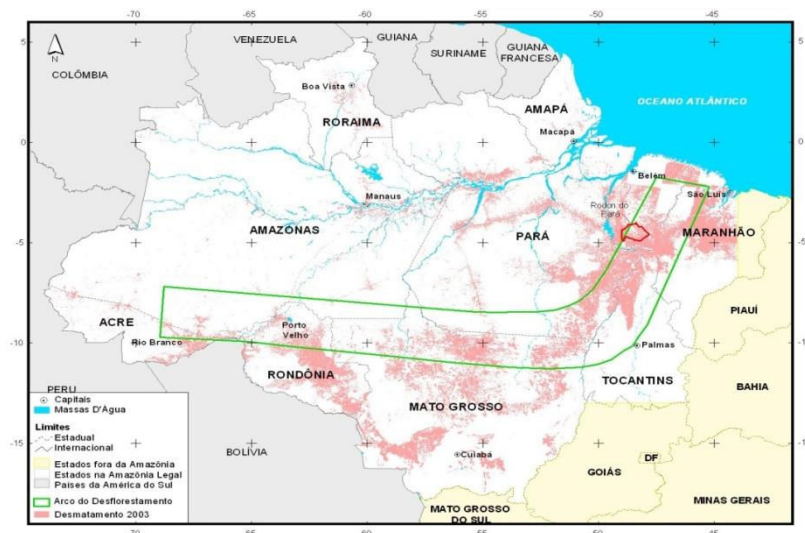


FIGURA 3: Arco do Desmatamento na Amazônia e localização do Município de Rondon do Pará.

Fonte: Base cartográfica do IBGE. Adaptado de Monteiro, et al (1998).

Nas últimas décadas a região amazônica vem sendo amplamente alterada pela crescente presença humana e seus modos de exploração de recursos naturais, principalmente na sua vertente sul onde se localiza o arco do desmatamento. Esta forma geográfica de arco é decorrente da expansão da zona de fronteira agrícola nas periferias da Amazônia, tendo a pecuária e posteriormente a soja como formas predominantes de uso da terra (FEARNSTIDE, 1999).

Com base em visitas de campo, foram identificados os principais problemas socioambientais na bacia hidrográfica decorrentes das atividades produtivas. O primeiro ponto a ser destacado é o desmatamento descontrolado, inclusive das áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente (como margens de rios). A deposição de resíduos de serrarias (pó de serragem e restos de madeira) em locais inadequados, como margens de rios e na área urbana é uma característica marcante, devido às queimadas indiscriminadas durante o verão, gerando destruição dos recursos florestais;

Constatou-se a partir de percepção visual que existe poluição do ar causada pela atividade de carvoarias e queima de resíduos de madeiras em área urbana. Foram realizadas três campanhas de coleta e análise da qualidade de água, onde se detectou a poluição dos rios, na área urbana, por lixo e dejetos lançados pelo matadouro, por empreendimentos e atividades comerciais e industriais poluidores e a canalização de fossas domésticas para os canais de águas pluviais. Já a extração

desordenada de minérios utilizados na construção civil, como o seixo e areia, provoca assoreamento e poluição dos rios.

No espaço urbano foi possível identificar a deposição de lixo em locais públicos inadequados, contribuindo para a proliferação de insetos, roedores e doenças, assim como a ausência de tratamento do lixo. Além disso, ressalta-se poluição urbana provocada pelas oficinas mecânicas, postos de lavagem, lava-jatos, laticínios, assim como por pequenos empreendimentos comerciais que não acondicionam adequadamente seus resíduos, assim como ocupações irregulares.

Através de entrevistas aos gestores públicos locais e a representantes da sociedade civil, percebeu-se que existe baixa capacidade do poder público em planejar estrategicamente o desenvolvimento sustentável do município, assim como a baixa qualificação técnica dos quadros da administração pública e da sociedade civil local, redundando num baixo capital social.

5. CENÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA DO RIO ARARANDEUA

O componente metodológico desta pesquisa foi fundamentado em três elementos principais: *i.* construção da base de dados sobre as variáveis escolhidas; *ii.* Aplicação de técnicas qualitativas e informacionais de construção de cenários como base de planejamento de recursos hídricos em bacia hidrográfica; e *iii.* sistematização, interpretação das informações e apresentação dos resultados.

5.1 Resultados da Análise Estrutural

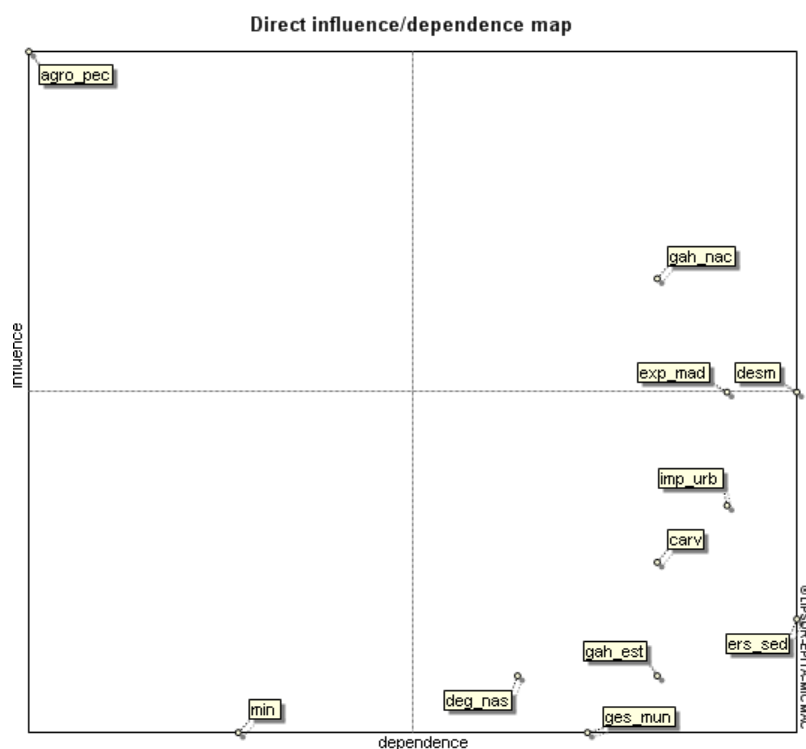
A Matriz de Influência Direta – MDI relaciona a influência direta entre as variáveis que definem o sistema pode ser analisada na Figura 4. Já na Figura 5 mostra a somatória de cada variável tanto para linhas quanto para colunas, no sentido de subsidiar a construção dos pontos médios com a intenção de delimitar as variáveis motrizes e dependentes.

	1 : exp_nad	2 : agro_pec	3 : min	4 : carv	5 : desm	6 : ers_sed	7 : deg_nas	8 : imp_urb	9 : gah_nac	10 : gah_est	11 : ges_mun
1 : Exploração Madeireira	0	1	0	3	3	3	1	2	2	2	2
2 : Agro-Pecuária	3	0	2	3	3	3	2	2	3	2	2
3 : Mineração	0	0	0	1	2	3	1	2	1	2	1
4 : Covoarias	3	0	1	0	3	2	0	3	2	1	1
5 : Desmatamento	2	2	2	2	0	3	2	1	1	2	2
6 : Erosão e Sedimentação	2	1	2	2	3	0	1	1	1	1	1
7 : Degradação de Nascentes	2	1	1	1	1	0	0	2	3	2	1
8 : Impactos da Urbanização	3	1	0	2	1	1	2	0	2	2	3
9 : Gestão Ambiental e Hídrica no Âmbito Nacional	2	1	2	2	2	2	3	2	0	3	2
10 : Gestão Ambiental e Hídrica no Âmbito Estadual	1	1	2	1	1	1	2	1	2	0	2
11 : Gestão Pública Municipal	1	1	0	1	1	2	2	3	1	1	0

© LIPSOR-EPTA-MICMAC

FIGURA 4 – Matriz de influência direta e indireta das variáveis do sistema.

Fonte: Elaboração do autor a partir de tratamento de dados e imagem gerada junto ao *software MICMAC*.



© LIPSOR-EPTA-MICMAC

FIGURA 5 – Mapa de influência direta e dependência.

Fonte: Elaboração do autor a partir de tratamento de dados e imagem gerada no *software MICMAC*.

Pode-se observar no mapa de influência direta e dependência que a variável motriz principal do sistema é a agropecuária, responsável pela situação atual da bacia do rio Ararandeua. Gestão ambiental e hídrica no âmbito nacional, desmatamento e exploração madeireira são variáveis de ligação do sistema. Observa-se que cada uma dessas três variáveis representa questões de administração da bacia, alterações ambientais no sistema hídrico e atividade produtiva, respectivamente.

A gestão ambiental e hídrica no âmbito nacional é uma variável de ligação devido a capacidade de influenciar outras variáveis como a gestão ambiental e hídrica nos âmbito estadual e local. No caso do desmatamento, a classificação desta variável em ligação deve a possibilidade de *influenciação* sobre outras variáveis como erosão e sedimentação e degradação das nascentes. Já para a exploração madeireira, é também considerada de ligação, pois agrega outras atividades produtivas como a carvoaria. Mineração é considerada uma variável independente relacionada com as outras, porém é importante explicar que o aplicativo *MICMAC* apresenta os mapas com os limites das variáveis para formar o plano cartesiano.

A Figura 6 mostra o gráfico de influência direta entre as variáveis do sistema. Novamente é possível integrar as análises matemática dos grafos, indicando relações causais com pesos de *influenciação*. Neste caso, são utilizados pesos de *influenciação* forte (peso 2) e muito forte (peso 3) entre as variáveis. Tais análises gráficas permitem apresentar todos os tipos de relação de *influenciação*, no entanto, priorizou-se mostrar apenas as principais ênfases do programa computacional para facilitar o entendimento da pesquisa científica.

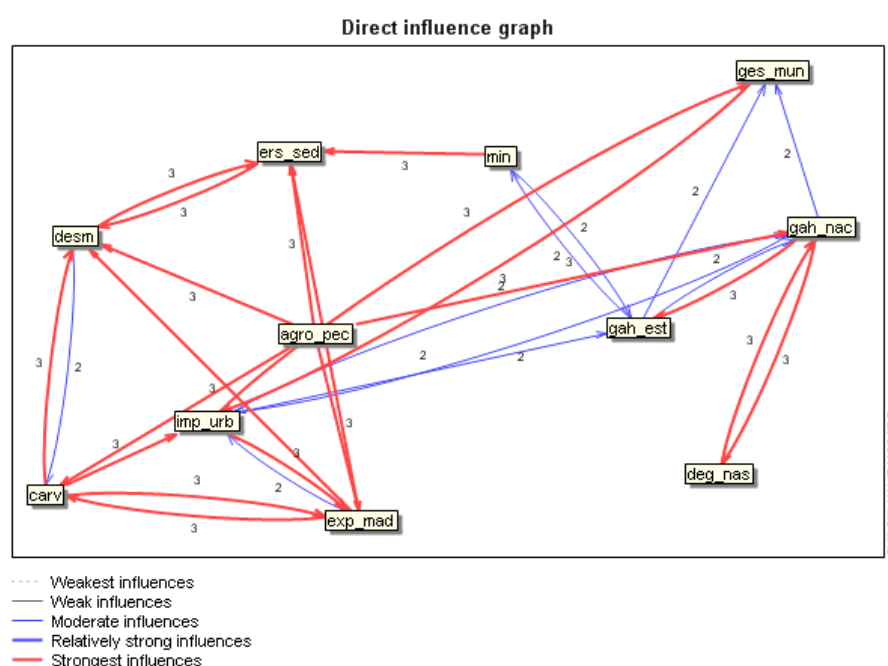


FIGURA 6 – Gráfico de forte influência entre as variáveis com apenas 30% das relações em ordem de importância para o sistema.

Fonte: Elaboração do autor a partir de tratamento de dados no *software MICMAC*.

5.2 Resultados da análise de atores

Para a compreensão do comportamento dos atores dentro do sistema-objeto, Godet (1993) apresenta a metodologia *MACTOR*, (Método de Atores, Objetivos e Fatores de Força). Por ter sido julgado o mais pertinente, esse método será usado no suporte metodológico deste trabalho para caracterizar o comportamento dos atores envolvidos. Dispõe-se, também, de um aplicativo de livre acesso para a sua aplicação, *MACTOR*, desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Estratégia Prospectiva e Organizacional (LIPSOR, 2004).

No caso específico da análise dos jogos de atores, foram realizadas entrevistas qualitativas com o objetivo de aproximar a simulação computacional com realidade da bacia hidrográfica. Tais entrevistas tiveram como foco os diversos representantes dos atores sociais envolvidos nos processo decisórios relacionados à questão hídrica e ambiental. Os principais pontos desenvolvidos na fase de entrevistas estão relacionados com as seguintes questões norteadoras: quais os principais objetivos de sua organização com relação aos recursos hídricos na bacia do rio Ararandeuá; como sua organização se relaciona com outros segmentos sociais e setores econômicos para atingir tais objetivos; quais as estratégias desenvolvidas para atingir tais objetivos; qual a influência social que sua organização possui com relação aos outros atores sociais.

Para a situação deste caso de estudo, foram definidos como atores de maior relevância para a gestão de recursos hídricos do Rio Ararandeuá, conforme a Quadro 1.

Nº	Termo completo	Rótulo
1	Poder Público (âmbitos nacional, estadual e municipal)	Pod_Pub
2	Madeireiros	Mad
3	Laticínio e Matadouro	Lat_Mat
4	Agro-Pecuaristas	Agro_Pec
5	Mineradores	Min
6	Organizações Não-Governamentais	ong
7	Representantes das comunidades não organizadas formalmente	comun
8	Agricultores da nascente	agri_nasc
9	Produtor de Peixe (piscicultura)	piscic
10	Pescadores	pesc
11	Donos de carvoaria	carvao
12	Donos de balneários turísticos	tur

QUADRO 1 – Descrição dos atores sociais da bacia*.

*Elaborado pelo autor e extraído junto ao software MORPHOL.

Foram definidos os objetivos de acordo com a pesquisa de campo e através de entrevistas junto aos atores sociais (Quadro 2).

Nº	Termo completo	Rótulo
1	Crescimento Econômico	Cres. Ec
2	Organização social	OS
3	Fiscalização Ambiental	Fisc. Amb.
4	Adequação às normas ambientais e sanitárias	Ambsanit
5	Desenvolvimento Sustentável	desen_sust
6	Acesso à água	aces_água
7	Preservação das nascentes do rio	pres_nasc
8	Recomposição das matas ciliares	rec_matcil
9	Promoção do Turismo	prom_tur

QUADRO 2 – Descrição dos objetivos dos atores da bacia*

*Elaborado pelo autor e extraído junto ao software *MORPHOL*.

O mapa de influencia e dependência entre os atores sociais (Figura 7) mostra como funciona o ciclo de interesses. No primeiro quadrante observa-se os atores que estão diretamente relacionados com a exploração de recursos florestais e agropecuária. No segundo quadrante, observam-se atores de diretamente relacionados com o desenvolvimento social da bacia. No terceiro quadrante vê-se atores que iniciam uma atividade produtiva alternativa da madeira e do gado, por isso são consideradas independentes no sistema. Já no quarto quadrante observam-se atores dependentes, ou seja, são atores que são diretamente influenciados pelas decisões dos atores motrizes.

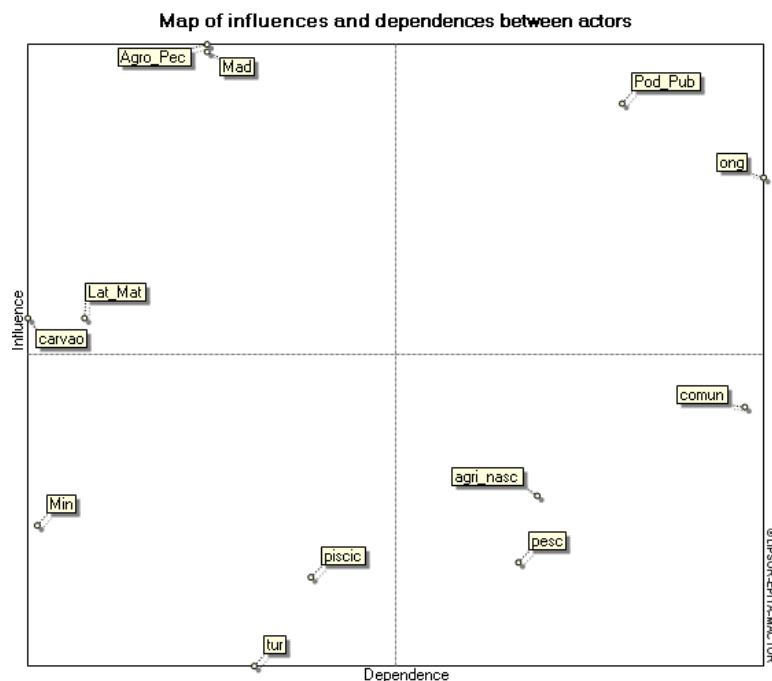


FIGURA 7 - Mapa de influencia e dependência entre os atores sociais.

Fonte: Elaboração do autor a partir de tratamento de dados no *software MACTOR*.

O histograma de competitividade (Figura 8) mostra o poder de influência indireta entre os atores sociais, que condiz com a realidade local no qual o poder econômico exerce influencia fundamental no sistema estudado.

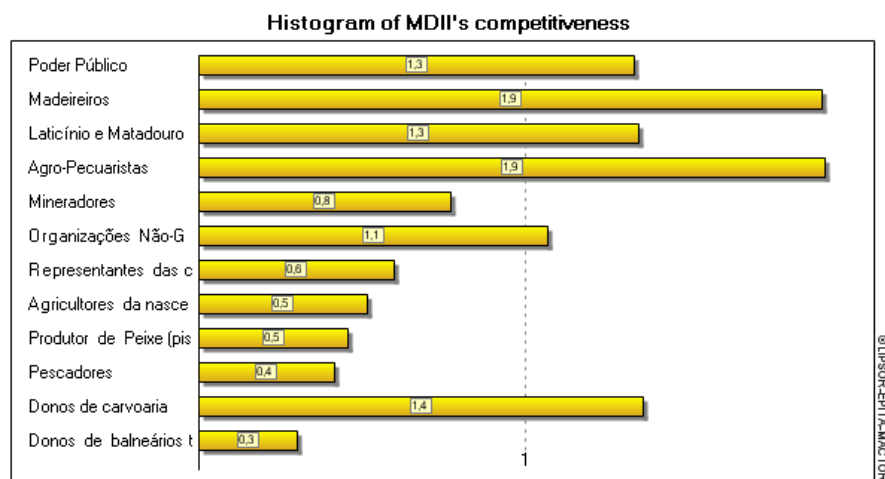


FIGURA 8 - Histograma de competitividade entre atores da bacia.

Fonte: Elaboração do autor a partir de tratamento de dados no *software MACTOR*.

O gráfico de convergência entre os atores sociais da bacia (Figura 9) mostra a relação direta dos objetivos de interesse público para os governos e a sociedade civil. Isto pode ser explicado pelo fato de um histórico de participação social, principalmente no caso de agricultores familiares da região. No entanto, com o apoio das cores e pesos de influência é possível perceber que mesmos atores muito distintos podem ter objetivos convergentes aos principais atores que influenciam o sistema: poder público e agro-pecuária.

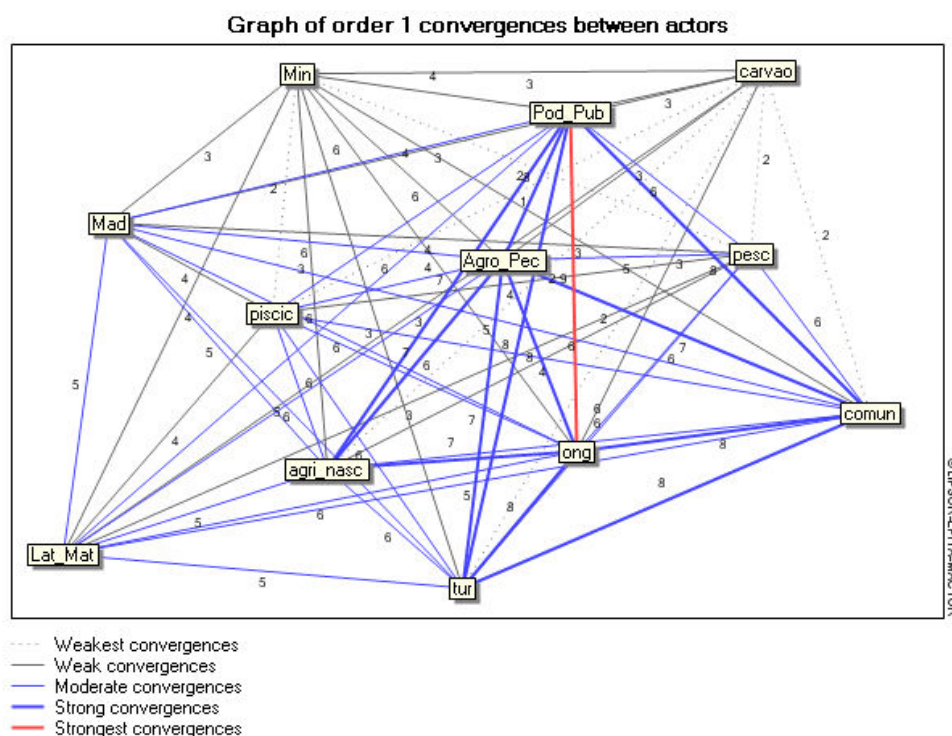


FIGURA 9 - Gráfico de convergência entre os atores sociais da bacia.

Fonte: Elaboração do autor a partir de tratamento de dados no *software* MACTOR.

5.3 Resultados da Análise Morfológica

A primeira fase da análise morfológica consiste em decompor o conjunto de variáveis evoluídas da análise estrutural e análise de atores. É importante esclarecer, novamente, que o presente trabalho, propõe-se a construir um cenário estratégico da bacia, ou seja, com base na gestão integrada de recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável.

A simulação morfológica propõe estabelecer restrições para que não haja superposição de cenários. Um exemplo disso é a impossibilidade de haver forte impacto ambiental (desmatamento, erosão, degradação de nascentes) com um setor produtivo consciente sobre as causas de tal impacto ambiental. Ou mesmo, haver forte impacto ambiental na bacia com uma gestão hídrica e ambiental bem estruturada e atuante. Todo cenário que conter essas restrições é excluído. Da mesma forma, podem-se estabelecer preferências, onde são considerados todos os cenários que tiverem uma determinada combinação de hipóteses.

Neste sentido, optou-se por definir somente dois cenários: um sustentável e outro cenário de crise socioambiental e econômica. A Figura 10 mostra o espaço morfológico com as preferências de hipóteses do cenário sustentável, enquanto que na Figura 11 vê-se o cenário de crise no setor

agropecuário no que se refere à estagnação das atividades produtivas e o ciclo de desmatamento na região.

Table of scenarios					
Domains	Variables	Hypotheses			
		H1	H2	H3	H4
ati_prod	expl_mad	Incremento 0 %	estagnação 0 %	Adequação ambiental 0 %	? (expl_mad) 0 %
	agro_pec	Verticalização da produção 0 %	Recuperação de áreas degradadas 0 %	maior conflito socioambiental 0 %	? (agro_pec) 0 %
	min	Identificação de novas áreas 0 %	adequação ambiental da atividade 0 %	assoreamento e contaminação 0 %	? (min) 0 %
	carvao	Diminuição drástica 0 %	aumento da produção 0 %	maior fiscalização ambiental 0 %	? (carvao) 0 %
alt_amb	desm	Aumento 0 %	Estagnação 0 %	agricultura sem uso do fogo 0 %	? (desm) 0 %
	eros_sed	reabilitação do solo 0 %	assoreamento dos corpos d'água 0 %	? (eros_sed) 0 %	
	deg_nasc	proteção ambiental 0 %	fiscalização ambiental 0 %	diminuição de água à jusante 0 %	? (deg_nasc) 0 %
	imp_urb	controlado 0 %	investimento em saneamento 0 %	falta de água e de esgotamento 0 %	? (imp_urb) 0 %
gah	gha_nac	descentralizada e participativa 0 %	inoperante 0 %	? (gha_nac) 0 %	
	gha_est	gestão integrada 0 %	mais fiscalização ambiental 0 %	estagnada 0 %	? (gha_est) 0 %
	ges_mun	consciente do problema social 0 %	dependente do poder econômico 0 %	paternalista 0 %	? (ges_mun) 0 %
ator_soc	set_prod	comprometido com a bacia 0 %	conivente c/ as questões ambientais 0 %	? (set_prod) 0 %	
	soc_civ	capacitada 0 %	atuante 0 %	cooptada pelo coronelismo político 0 %	? (soc_civ) 0 %

FIGURA 10 – Espaço morfológico com preferências e restrições do cenário sustentável. Fonte: Elaboração do autor a partir de tratamento de dados no *software MORPHOL*.

Table of scenarios					
Domains	Variables	Hypotheses			
		H1	H2	H3	H4
ati_prod	expl_mad	Incremento 0 %	estagnação 0 %	Adequação ambiental 0 %	? (expl_mad) 0 %
	agro_pec	Verticalização da produção 0 %	Recuperação de áreas degradadas 0 %	maior conflito socioambiental 0 %	? (agro_pec) 0 %
	min	Identificação de novas áreas 0 %	adequação ambiental da atividade 0 %	assoreamento e contaminação 0 %	? (min) 0 %
	carvao	Diminuição drástica 0 %	aumento da produção 0 %	maior fiscalização ambiental 0 %	? (carvao) 0 %
alt_amb	desm	Aumento 0 %	Estagnação 0 %	agricultura sem uso do fogo 0 %	? (desm) 0 %
	eros_sed	reabilitação do solo 0 %	assoreamento dos corpos d'água 0 %	? (eros_sed) 0 %	
	deg_nasc	proteção ambiental 0 %	fiscalização ambiental 0 %	diminuição de água à jusante 0 %	? (deg_nasc) 0 %
	imp_urb	controlado 0 %	investimento em saneamento 0 %	falta de água e de esgotamento 0 %	? (imp_urb) 0 %
gah	gha_nac	descentralizada e participativa 0 %	inoperante 0 %	? (gha_nac) 0 %	
	gha_est	gestão integrada 0 %	mais fiscalização ambiental 0 %	estagnada 0 %	? (gha_est) 0 %
	ges_mun	consciente do problema social 0 %	dependente do poder econômico 0 %	paternalista 0 %	? (ges_mun) 0 %
ator_soc	set_prod	comprometido com a bacia 0 %	conivente c/ as questões ambientais 0 %	? (set_prod) 0 %	
	soc_civ	capacitada 0 %	atuante 0 %	cooptada pelo coronelismo político 0 %	? (soc_civ) 0 %

FIGURA 11 – Espaço morfológico com preferências e restrições do cenário tendencial negativo. Fonte: Elaboração do autor a partir de tratamento de dados no *software MORPHOL*.

Desta forma, são apresentados os seguintes cenários da bacia, conforme Quadro 3:

CENÁRIO TENDENCIAL DE CRISE ECONÔMICA SOCIOAMBIENTAL

Com o histórico de estagnação do setor florestal na região do arco do fogo da Amazônia, muitas madeireiras e serrarias funcionam de forma precária e ilegal. A pecuária acirra o ciclo de desmatamento e o uso improdutivo das fazendas. Como consequência, aumenta os conflitos pela terra e pela disponibilidade hídrica. Sem a fiscalização ambiental necessária, a atividade de carvoaria ganha destaque como um dos elementos de maior impacto social e ambiental, pois aumenta o desmatamento e a degradação das áreas de preservação permanente. A exploração mineral na bacia intensifica-se sem o controle ambiental, o que prejudica a tanto a qualidade da água, quanto o assoreamento do rio.

CENÁRIO ESTRATÉGICO DE SUSTENTABILIDADE DA BACIA DO RIO ARARANDEUA

O modelo de desenvolvimento adotado na bacia hidrográfica da bacia do rio Ararandeuá visa a sustentabilidade dos recursos hídricos. As atividades produtivas agregam valor ambiental aos seus produtos, com a extração vegetal diversificada através de projetos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas pela pecuária. Com isso há diminuição gradual da atividade de carvoejamento na região, possibilitada pelas alternativas econômicas de turismo, agroecologia e piscicultura. A mineração destinada para construção civil impulsiona a economia local, adequada às normas de licenciamento ambiental. Entretanto, preocupa a possibilidade de contaminação e de impactos

<p>Devido à falta de controle ambiental, os laticínios e matadouros localizados nas áreas de cabeceira da bacia, despejam seus efluentes industriais <i>in natura</i> nos corpos d'água, fato que tem diminuído a produção de água para jusante da bacia, além de prejudicar outras atividades produtivas (como agricultura familiar, criação de peixes, turismo e pesca) e a comunidade que necessita de água de qualidade suficiente para a satisfação das necessidades domésticas. Tais impactos colaboram com a falta de planejamento urbano, sem infra-estrutura de saneamento básico para população urbana e rural, o que agrava a situação ambiental da bacia e prejudica a população, que fica sem acesso à água potável.</p> <p>Com a Gestão Pública Municipal dependente do poder econômico e político dos donos de carvoarias, pecuaristas e atores sociais conservadores da região, pratica o paternalismo histórico com os munícipes. De forma isolada, a gestão ambiental e hídrica no âmbito do Estado do Pará e Maranhão é conivente com os problemas ambientais da região. E no âmbito federal a Política de Recursos hídricos torna-se inoperante, pois os mecanismos de gestão não se aplicam à realidade regional. Além disso, a sociedade civil está desorganizada para o desafio de promover o desenvolvimento da bacia do Rio Ararandeuá.</p>	<p>desta atividade.</p> <p>Com a diminuição das alterações ambientais na bacia, novas práticas agrícolas sem o uso do fogo e manejo florestal substituem o desmatamento e as queimadas. A reversão de processos erosivos na área urbana e rural foi possibilitada pela reabilitação do solo, dando nova vida aos corpos d'água da bacia com a diminuição do assoreamento. As principais nascentes da bacia, localizadas no Estado do Maranhão, estão protegidas e a fiscalização ambiental se faz presente no sentido de controlar a qualidade dos efluentes industriais dos laticínios e matadouros que são despejados à montante do rio Ararandeuá. Na área urbana, grande investimentos são realizados em infra-estrutura de saneamento com o objetivo de fornecer água em qualidade e quantidade suficiente para população do município de Rondon do Pará. Além disso, o déficit de esgotamento sanitário diminui e a cidade possui mais qualidade de vida e oportunidade de trabalho e renda.</p> <p>Um sistema de gestão ambiental e hídrica no âmbito nacional bem estruturado e atuante consegue, junto com os Estados do Pará e Maranhão, gerenciar a bacia do rio Ararandeuá de forma integrada com os usuários e sociedade civil. Os municípios de Rondon do Pará, Goianesia do Pará e Açailândia, conscientes dos problemas ambientais unem-se para proteger a bacia do rio Ararandeuá, dirimindo conflitos pelo uso da água e fortalecendo o papel do município como orientador do desenvolvimento local, com atores sociais comprometidos com a região e organizações não-governamentais atuantes no processo de gestão ambiental e hídrica.</p>
--	--

Quadro 3 - Cenários produzidos como resultados da pesquisa*

*Elaboração do autor.

A análise morfológica se apresentou como uma ferramenta adequada para organizar o campo morfológico dos cenários possíveis, permitindo sua construção, uma vez definidas as hipóteses para cada variável pertinente. No entanto, para a construção dos cenários finais, o aplicativo *MORPHOL* não se demonstrou tão eficiente, já que apresentou limitações para definir as restrições necessárias à redução do número de cenários possíveis. Além disso, o aplicativo computacional mostrou-se inoperante para tarefas de simulação computacional.

Esses tipos de abordagens requerem alto grau de atenção e sensibilidade por parte do analista que está aplicando o suporte metodológico proposto a um caso de estudo. Parte-se do princípio de que esse analista tem um alto grau de conhecimento do sistema hídrico em estudo, ou que, pelo menos, esteja muito bem assessorado, para garantir a verossimilhança dos cenários gerados ao final.

6. Considerações Finais

Na presente pesquisa, foi proposta a elaboração de um suporte metodológico para o planejamento em recursos hídricos no âmbito da bacia hidrográfica utilizando prospecção de informações para a construção de cenários estratégicos. Formulou-se, nesse caso, a hipótese, segundo a qual, a metodologia integrada preconizada por Godet (1993) pudesse ajudar a construir cenários de recursos hídricos em um determinado território delimitado por uma bacia hidrográfica, incorporando dimensões sociais, ambientais e econômicas e com isso contribuir com o processo decisório relativo à gestão de recursos hídricos e de meio ambiente.

Para a base deste processo metodológico, buscaram-se metodologias que ajudassem a mudar a percepção do decisor e que pudessem levá-lo a reconhecer a situação futura, para tomar decisões no presente, com vistas à amadurecer o processo de planejamento e gestão de recursos hídricos numa bacia hidrográfica.

Com este trabalho, verificou-se a importância da aplicação de uma visão estratégica à gestão dos recursos hídricos, indicando-se uma série de vantagens advindas de uma postura antecipatória com relação à gestão da água e do meio ambiente.

Esta pesquisa reforça a necessidade de integrar as análises de planejamento com base em cenários utilizando o método integrado (análise estrutural, análise de atores e análise morfológica) em conjunto com mapas de caracterização da bacia para as situações dadas. Isto significa realizar projeções em mapas, constituindo uma compreensão mais concreta para a situação projetada. Neste caso, há a necessidade de integrar o mapeamento estratégico, abordado neste trabalho, com o mapeamento físico da bacia, para posteriormente criar mapas das situações futuras.

Com relação ao caso de estudo apresentado, acredita-se que o suporte metodológico proposto pôde apresentar outras perspectivas para a gestão dos recursos hídricos nesse território, propiciando uma visão mais ampla do sistema hídrico em estudo e uma possibilidade de elaborar estratégias e ações eficazes e mais eficientes. Neste sentido, existe a oportunidade de os gestores deixarem uma postura puramente reativa (bombeiro), para passar a adotar posturas preventivas (prevenido) e aproveitar oportunidades em que possa ter uma postura pró-ativa (conspirador), com respeito à gestão dos recursos hídricos.

Recomenda-se a continuidade deste tipo de investigação, principalmente no que se refere à avaliação comparativa entre métodos de construção de cenários. Observa-se a necessidade de promover estudos sobre as várias concepções teóricas de planejamento, como o planejamento normativo baseado na análise custo-benefício e planejamento comunicativo para explicar questões de pesquisas ainda negligenciados para abordagens nas áreas de recursos hídricos, saneamento básico e meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, Monique. (2004). Um Olhar Cognitivo sobre o Lugar de Trabalho: Avaliação de Desempenho em Ambiente de escritório, Estudo de Caso em Empresa de Advocacia. Mestrado em Arquitetura. PROARQ/FAU/UFRJ. Rio de Janeiro.
- ACKOFF, R. (1981). *Creating the Corporate Future: Plan or Be Planned For*. New York: John Wiley & Sons.
- ANSOFF, I., (1965). *Estratégia Empresarial*, McGraw-hill, S. Paulo, 1977, (Trad. ed. 1965)
- BANCO MUNDIAL. (2003). *Estratégias de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Brasil*. Autor: Francisco José Lobato da Costa. Áreas de Cooperação com o Banco Mundial. Série Água Brasil. 1ªed. Brasília.
- BAGANHA JUNIOR, L. G., [BARP, A. B.](#) & BARP, W. J. (2007). Informational cognitive model applied to the water resources management. In: Brebbia, C. A.; Katsifarakis, K. L.. (Org.). *River Basin Management IV*. 1ed.Wessex: WIT Transactions on Ecology and the Environment, 2007, v. 104, p. 21-29.
- BIGGS, N., LLOYD, L & WILSON, R. (1976). *Graph Theory 1736–1936*. Claredon Press, Oxford.
- BRASIL. (1997). Lei Nacional de Recursos Hídricos nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.
- BRASIL. (2003). Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em <file:///C:/Users/Rafael/Downloads/resolucao_32--.pdf>. Acesso em 14 de abril de 2007.
- BUARQUE, Sérgio C. (2001). *Metodologia e Técnicas de Construção de Cenários Globais e Regionais*. IPEA/PNUD - (mimeo) – Recife/Brasília.
- CACELA FILHO, F. C. (2007) Reflexo da degradação ambiental e sua relação com a gestão hídrica na bacia hidrográfica do rio Ararandeua-PA. Qualificação de Mestrado. PPGEC/UFPA. Belém.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1999). *Modelagem de sistemas ambientais*. São Paulo: Edgard Blucher, 1ªedição.
- DURANCE, F. & GODET, M. (2007). *La prospective territoriale. Pour quoi faire? Coment Faire. Cahiers du LIPSOR*, CNAM. Série Recherche n.07.

- EDEN, C. & ACKERMANN, F. (1998). Making Strategy. *The Journey of Strategic Management*, London: Sage Publications.
- FEARNSIDE, P. M. (1999). Cattle, Deforestation And Development In The Amazon: An Economic, Agronomic And Environmental Perspective. *Environmental Conservation*, v.26, n.3, p.238 - 240.
- FEOFIOFF, P., KOHAYAKAWA, Y. & WAKABAYASHI, Y. (2011). Uma Introdução Sucinta à Teoria dos Grafos. IME/USP. São Paulo.
- GODET, M. (1993). Manual de Prospectiva Estratégica: da Antecipação à Ação. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1993.
- GODET, M. (2000). A Caixa de Ferramentas da Prospectiva Estratégica. Lisboa. CEPES.
- GODET, M., & ROUBELAT, F. (1996). Creating the future: the use and misuse of scenarios. *Long range planning*, vol. 29, n°2, April.
- LANNA, A. E. L. (1999). Gestão das Águas. 235 p. Mimeo. 1999.
- ONKAL, D., ZEYNEP, K. & SAYIM, M. Sinan Gönül. (2013). Scenarios as channels of forecast advice, *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 80. 2013. 772–788.
- LEFF, E. (2003). A geopolítica da biodiversidade e o desenvolvimento sustentável: Economização do mundo, racionalidade ambiental e reapropriação social da natureza. In: MARTINS, R. C. e VALÊNCIO, N. F (Orgs.). *Uso e Gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais*. São Carlos. Ed. RiMa.
- LEVY, Pierre. (1999). Cibercultura. São Paulo, Editora 34.
- LIPSOR. (2004). Laboratoire d’investigation em Prospective Stratégie et les logiciels de prospective stratégique. Guide méthodologique du travail em commun – Elaborer une stratégie prospective et elaborer dès scénarios,. Disponível em: < www.3ie.org >. Acesso em 20 jun. 2004
- LUCCHESI, C. L. (1979). Introdução à Teoria dos Grafos. *12º Colóquio Brasileiro de Matemática*. IMPA (Instituto de Matemática Pura e Aplicada).
- MACKAY, Brad. & MCKIERNAN, Peter. (2010). Creativity and dysfunction in strategic processes: The case of scenario planning. *Futures* 42, 271–281.
- Ministério de Meio Ambiente-MMA. (2008). MMA divulga lista dos municípios que mais desmataram em 2007. Disponível em <www.mma.gov.br/noticias>. Acesso em 24/01/2008.
- MONTEIRO, M. A., SILVA, R. P. & AMARAL, M. D. (2006). Desmatamento na Amazônia Brasileira: desocultando o papel da produção de carvão vegetal nas mudanças espaciais recentes. *III Encontro da ANPPAS*. Brasília. 2006.
- PARÁ. (2008). Resolução nº 4, de 3 de setembro de 2008 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em <http://www.sema.pa.gov.br/wp-content/uploads/2012/09/Resolucao_CERH_n_04.pdf>. Acesso em 9 de dezembro de 2008.
- POIRIER, Lucien. (1985). Les Voix de la Stratégie, Paris, Fayard.

RIBEIRO, M. P. M. (2001). Planejando por cenários: uma ferramenta para a era do conhecimento. *Revista Científica das Faculdades SPEI*, ano 2, n. 2, p. 20-26.

SILVA, A. M. (2003). Gestão de conflitos pelo uso da água em bacias hidrográficas urbanas. Mestrado em Engenharia Civil. Dissertação. PPGED/UFPA. Belém.

TUCCI, C.E.M. (2004). Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Brasil. Global Water Partnership.

TUNDISI, J. G. (2003). Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, 2003. 248p.

ZUGMAN, Fábio. Teoria dos Jogos: uma introdução à disciplina que vê a vida como uma sequência de jogos e Alguns conceitos e aplicações da “matemática das ciências sociais”. Disponível em <www.iced.org.br/artigos/teoria_jogos_fabio_zugman.PDF>. Acesso: 14/08/2005.

METHODOLOGICAL INNOVATIONS FOR CONSTRUCTION OF STRATEGIC SCENARIOS IN RIVER BASIN

Abstract

The central question in this survey is to investigate the theory and methodology of creation and simulation strategic scenarios of water in basin. This theory is based on three elements of linear algebra: matrices, graph and games theory. The integration was used by methods of structural, of social actors and morphological analysis for planning and water management. To facilitate the understanding, the simulation brought important contributions through three software: MICMAC (matrix of impact Cross - multiplication applied to the classification), MACTOR (actors, objectives and ratios) and MORPHOL (morphological matrix). The field of study is the river basin Ararandeuá, characterized by predominantly practice deforestation in the Amazon, with high incidence of conflicts by use of water. The work demonstrates the need for water use planning should consider the dynamic social, economic and environmental territory on the vision of sustainable development. From the field work carried out under the search could create and simulate scenarios river basin Ararandeuá. Between scenarios created are two alternative for management of water resources: the scenario sustainable and scenario trend of exploitation of natural resources.

Keywords: Scenarios; River basin; Water management and sustainability.

Data do recebimento do artigo: 12/02/2014

Data do aceite de publicação: 15/09/2014