

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/350889873>

# Metodologia de Planejamento Ambiental Rápido: desenvolvendo estratégias para a educação de planejadores

Article in *Journal of Education for Sustainable Development* · September 2020

CITATIONS

0

READS

16

2 authors:



**Vitor Vasconcelos**

Universidade Federal do ABC (UFABC)

164 PUBLICATIONS 149 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Sandra Momm**

Universidade Federal do ABC (UFABC)

35 PUBLICATIONS 71 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Empowering climate resilience, CARE - ERASMUS [View project](#)



Análise das dinâmicas territoriais e transformações na paisagem nas cabeceiras da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (SP) - CNPq Universal [View project](#)

# Metodologia de Planejamento Ambiental Rápido: desenvolvendo estratégias para a educação de planejadores

**Vitor Vieira Vasconcelos** (corresponding author)

Professor at the Federal University of ABC (UFABC)

Alameda da Universidade, s/n, , São Bernardo do Campo, São Paulo State, Brazil, 09606045

[Vitor.v.v@gmail.com](mailto:Vitor.v.v@gmail.com)

**Sandra Irene Momm Schult**

Professor at the Federal University of ABC (UFABC)

Alameda da Universidade, s/n, , São Bernardo do Campo, São Paulo State, Brazil, 09606045

[sandra.momm@gmail.com](mailto:sandra.momm@gmail.com)

**Essa é uma versão traduzida para o Português pelos autores do artigo original publicado em Inglês:**

Vasconcelos, V. V.; Momm, S. Rapid environmental planning methodology: developing strategies for the planners' education. *Journal of Education for Sustainable Development* 14:2 (2020): 271–296. <https://doi.org/10.1177%2F0973408220980853>

**Resumo:** O diagnóstico rápido e suas derivações são métodos úteis para engajamento de atores locais, padronização de atividades de monitoramento e fiscalização, além de fornecerem subsídios, de forma expedita, para etapas posteriores de planejamento. Este artigo propõe um avanço a partir das metodologias de diagnóstico ambiental rápido, transformando-o em “planejamento ambiental rápido”, ao incluir outras etapas, como cenarização e formulação de diretrizes e utilizá-lo em processos na formação de planejadores. Com essa dupla finalidade – de método para o planejamento e de base para a aprendizagem – inclui temas e técnicas relacionadas com a formação do planejador ambiental. Para a etapa de diagnóstico utilizou-se a matriz conceitual do modelo Pressão-Estado-Resposta, e incluiu-se uma etapa de valoração participativa dos serviços ecossistêmicos, com elaboração do perfil de oferta e demanda e avaliação de tendências futuras. A etapa de cenarização incluiu a metodologia XLRM (Externalidades, Ações, Métricas e Relações), cenários tendenciais e exploratórios de avaliação de proposições frente a incertezas, além da formulação de linhas do tempo e narrativas. A formulação de diretrizes, na etapa propositiva do processo de planejamento, incluiu projetos de intervenção e zoneamento de diretrizes de uso e ocupação do solo. A metodologia foi avaliada como recurso didático para ensino de graduação, com aplicação em uma bacia hidrográfica em São Bernardo do Campo, São Paulo. Os resultados indicaram um bom potencial de aprendizado pelos estudantes e como método efetivo de planejamento

**Palavras chave:** Planejamento ambiental; Diagnóstico Ambiental Rápido; Métodos Participativos; Educação Ambiental; Cenários, Serviços Ecossistêmicos; ensino de planejamento

## 1. INTRODUÇÃO

A elaboração de diagnósticos rápidos (ou expeditos) remonta à metodologia de diagnóstico rural participativo, por meio do qual extensionistas rurais realizavam um levantamento preliminar de informações sobre a propriedade agrícola, para em seguida guiar suas recomendações (Chambers, 1994). Esses diagnósticos possuíam forte enfoque participativo, com base na colaboração com os

agricultores e sua família, em uma estratégia de contato com o conhecimento local, bem como de envolvimento e diálogo com o beneficiário da política extensionista. Esses métodos foram depois adaptados para aplicação no planejamento urbano e desenvolvimento econômico em geral (Brose, 2001). Buarque (2008, p.69) comenta que “as diversas variantes de *diagnóstico participativo* representam uma técnica de envolvimento da sociedade num processo dialógico de análise da realidade e de interação entre o sujeito e o objeto, com um forte conteúdo pedagógico”.

Posteriormente, as metodologias de diagnóstico rápido tiveram amplo desenvolvimento na área ambiental, enfocando levantamentos de priorização de áreas de conservação para a biodiversidade (Alonso et al., 2011) e na avaliação de ecossistemas aquáticos ribeirinhos (Parsons et al., 2002). O programa de avaliação de ecossistemas aquáticos na Austrália (Parsons et al., 2002) permitiu incluir estudantes e a população local, que aprendia sobre os ecossistemas e seus impactos ambientais, e em seguida colaborava no monitoramento desses ambientes. Mais recentemente, essas metodologias de diagnóstico rápido têm sido adaptadas para outros contextos, tais como delimitação e conservação de áreas úmidas (Fenesty et al., 2007), recifes de coral (Lang et al., 2010), áreas de recarga de aquíferos (Vasconcelos et al., 2013), cavernas (Donato et al., 2014) e valoração de serviços ecossistêmicos (Neugarten et al., 2016). O uso de listas de verificação padronizadas de campo também possui um longo histórico de uso na identificação e caracterização de riscos geotécnicos (Carvalho et al., 2007) e da necessidade de auxílio humanitário (OCHA, 2013), no contexto de dos instrumentos de gestão de riscos de desastres.

Nas metodologias de diagnóstico ambiental rápido, podem ser identificados algumas características frequentes, além da já citada ênfase em participação comunitária. Geralmente, a metodologia envolve uma preparação de dados secundários em escritório, uma visita de um dia (ou algumas horas) ao local estudado, e uma posterior sistematização dos dados em escritório novamente (Fenesty et al., 2007). O levantamento de informações normalmente é realizado em pontos representativos (ou seja, não é um levantamento de amostragem sistemática extensiva) e em geral é focado em informações qualitativas visuais (embora alguns casos possam contar com instrumentos de medição simples) guiados por uma escala de níveis graduais. A repetição sistemática do procedimento de diagnóstico rápido permite estender o monitoramento de forma padronizada ao longo do espaço e do tempo, mesmo quando realizado por equipes diferentes.

O diagnóstico ambiental rápido pode ser uma ferramenta importante como um levantamento preliminar, de forma a planejar melhor a alocação de recursos para diagnósticos posteriores mais aprofundados (Alonso et al., 2011). Eles também são úteis para uniformização de procedimentos de visitas de campo de profissionais de fiscalização ambiental, garantindo eficiência e equidade na avaliação de impactos (Vasconcelos, 2014). Os diagnósticos rápidos também têm sido utilizados como recursos didáticos de educação ambiental, desde o ensino básico (Guimarães et al., 2017) até o nível superior (Callisto et al., 2002). Nesses casos, a metodologia permite guiar a atenção dos estudantes para aspectos relevantes durante o trabalho de campo, além de fornecer uma base de dados para análise a partir da sistematização da coleta dos diferentes grupos.

Nas últimas décadas, outras metodologias de característica expedita e participativa também têm sido desenvolvidas e difundidas para instrumentos de planejamento, para além dos diagnósticos ambientais. Um exemplo são técnicas participativas de construção e avaliação de cenários (WRI, 2016), elaborados a partir de oficinas com a população e atores relevantes, bem como extensões dessas oficinas para tomada de decisão participativa quanto a formulação de projetos, acordos, diretrizes, normas e alocação de recursos orçamentários (Antunes et al., 2006). Tais práticas participativas permitem integração dos conhecimentos (formais e informais) dos diferentes atores

interessados, criam oportunidades de reflexão, diálogo e integração para cooperação futura, e conferem legitimidade às decisões acordadas (McKenzie et al., 2012).

Neste artigo, pretende-se estender o conceito de diagnóstico ambiental rápido para o de planejamento ambiental rápido, incorporando não apenas o diagnóstico, mas também ferramentas de cenarização e formulação de diretrizes. Apresentam-se os resultados de aplicação dessa metodologia como recurso didático para ensino de planejamento ambiental em nível de graduação, a partir de um caso de exemplo na bacia hidrográfica do campus de São Bernardo do Campo da Universidade Federal do ABC.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Contexto pedagógico**

A metodologia apresentada foi desenvolvida a partir de 2014 na disciplina de Planejamento e Política Ambiental, que é integrante da grade curricular dos bacharelados de Planejamento Territorial (obrigatória), e opcional para o bacharelado em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal do ABC - UFABC. Este artigo apresenta os resultados de aplicação do método para os anos de 2017 e 2018 nessa disciplina. Essa prática envolveu 4 turmas, com 76 alunos, divididos em 7 grupos em 2017 e 8 grupos em 2018.

As aulas foram intercaladas entre a sala de oficinas (mesas que permitem atividades coletivas com mapas) e o laboratório de geoprocessamento (computadores individuais). Nas atividades da sala de oficina, privilegiou-se o aprendizado de técnicas participativas que, embora aplicadas dentro de cada grupo, em um contexto real de aplicação poderiam envolver outros atores interessados no planejamento ambiental da área de estudo. Nas atividades do laboratório de geoprocessamento, foram utilizados apenas programas de acesso livre, tais como QGis 3.0, Saga GIS 6.3 (Böhner et al., 2006), Geosster 3.5, Google Earth, e Google Sheets. Os recursos pedagógicos (slides, fichas de atividades e bases de dados) utilizados estão disponíveis no endereço <https://vitorvieiravasconcelos.wordpress.com/planejamento-e-politica-ambiental/>.

Considerando os cursos de graduação envolvidos, grande parte dos alunos usualmente cursaram as disciplinas de Biodiversidade, Estudos do Meio Físico, e Cartografia e Geoprocessamento, que fornecem bases para um melhor aproveitamento dessa disciplina. Na disciplina de Planejamento e Política Ambiental, antes da aplicação do método de planejamento ambiental rápido, os alunos passam por um módulo teórico-prático sobre gestão de recursos naturais, incluindo tópicos como serviços ecossistêmicos, políticas de gestão de recursos comuns e gestão de bacias hidrográficas. Esses conceitos foram aplicados em atividades práticas como River Basin Game (Hoekstra, 2012), modelagem sistêmica de manejo de recursos bióticos por planilhas e no sistema Insight Maker (Fortmann-Roe, 2008), planejamento sistemático de unidades de conservação com software Marxan (Game e Grantham, 2008), e gestão de informações hidrológicas com os softwares WEAP (Sieber et al., 2005) e o jogo SimBasin (Craven et al., 2017), e valoração de serviços ecossistêmicos com o jogo Trade-Off (Verutes e Rosenthal, 2014).

### **2.2. Área de estudo para o exercício de planejamento ambiental**

A área de estudo escolhida é a microbacia urbana do córrego adjacente ao campus de São Bernardo do Campo (Figura 1), até o exutório no ponto em que um vertedouro drena o curso de água para canalização subterrânea. O tamanho da bacia foi selecionado de modo a poder ser percorrido em uma manhã pelo trajeto de campo, e de poder ser visualizada completamente a partir de seus

pontos mais altos, facilitando a apreensão e a análise pelos estudantes. Em virtude de estar localizada próximo ao ambiente de estudo diário, também se tornou possível que os estudantes pudessem retornar à área de forma independente para complementar suas observações, no decorrer da disciplina. Nesse sentido, os estudantes possuíam simultaneamente o papel de técnico e de usuário do espaço.



Figura 1. Microbacia Hidrográfica de Estudo, com rota de campo e localização de áreas representativas fotografadas

A área foi escolhida por apresentar uma diversidade de contextos de ocupação, incluindo residências urbanas, espaços institucionais públicos (universidade, estacionamento e área de manejo de material de construção), além de cobertura vegetal com presença de espécies exóticas e nativas (Figura 1). Entre 2004 e 2018, a microbacia passou por processos significativos de modificação do uso e ocupação do solo, incluindo a transformação de uma área de descarte de resíduos sólidos de construção para o novo campus da Universidade Federal do ABC. A porção residencial, embora tenha se mantido estável em termos de área, passou por um processo de verticalização significativa, além de uma pequena diminuição nas áreas verdes internas aos lotes. Durante a construção do campus, houve uma tentativa de reintrodução de espécies nativas, mas posteriormente gramíneas e leguminosas exóticas dominaram o ambiente. O córrego da bacia recebe esgoto in-natura advindo das residências e da universidade, bem como resíduos sólidos carregados pela enxurrada.

### 2.3. Etapas operacionais

O método consiste nas seguintes etapas, que são explicadas nas respectivas subseções a seguir:

1. Elaboração dos dados secundários
  - I. Avaliação das imagens de satélite
  - II. Avaliação de bacia hidrográfica (elevação e hidrografia)

2. Trabalho de campo
  - I. Fichas de campo
  - II. Registros de croquis, fotos e GPS
3. Diagnóstico
  - I. Georreferenciamento das fotografias
  - II. Discussão pós-campo
  - III. Mapeamento de uso e ocupação do solo
  - IV. Mapas de pressão-estado-resposta
  - V. Valoração dos serviços ecossistêmicos
4. Cenários
  - I. XLRM (Externalidades, Ações, Relacionamentos e Métricas)
  - II. Cenários tendenciais e propositivos
5. Diretrizes
  - a. Projetos e intervenções
  - b. Zoneamento de uso e ocupação do solo
6. Relatório Final e Apresentação

### *2.3.1. Elaboração dos dados secundários*

Antes da aplicação em campo, os estudantes tiveram duas aulas, de 2 horas cada, para trabalhar com os dados cartográficos sobre a área de estudo. Primeiramente, visualizaram a área de estudo por meio de imagens de satélite de alta resolução, de diferentes períodos (2004, 2011 e 2018) disponíveis no sistema Google Earth, discutindo as principais mudanças na cobertura e uso do solo. Em seguida exportaram essas imagens para registro e georreferenciamento no programa QGis. No programa QGis, também visualizaram os dados de elevação (modelo digital de elevação e curvas de nível) e a hidrografia, e delimitaram manualmente a bacia hidrográfica.

Na aula seguinte, os alunos utilizaram o programa SAGA GIS para visualização tridimensional das imagens de satélite sobre o modelo digital de elevação, geração de um modelo digital hidrológicamente consistente, delimitação automática de bacia hidrográfica, e elaboração de mapas de distância horizontal e vertical a cursos de água. Além dos dados trabalhados em aula, foram fornecidos aos alunos mapas de declividade, curvatura e intensidade de radiação solar, elaborados no software SAGA GIS a partir do modelo de elevação digital (Figura 2).

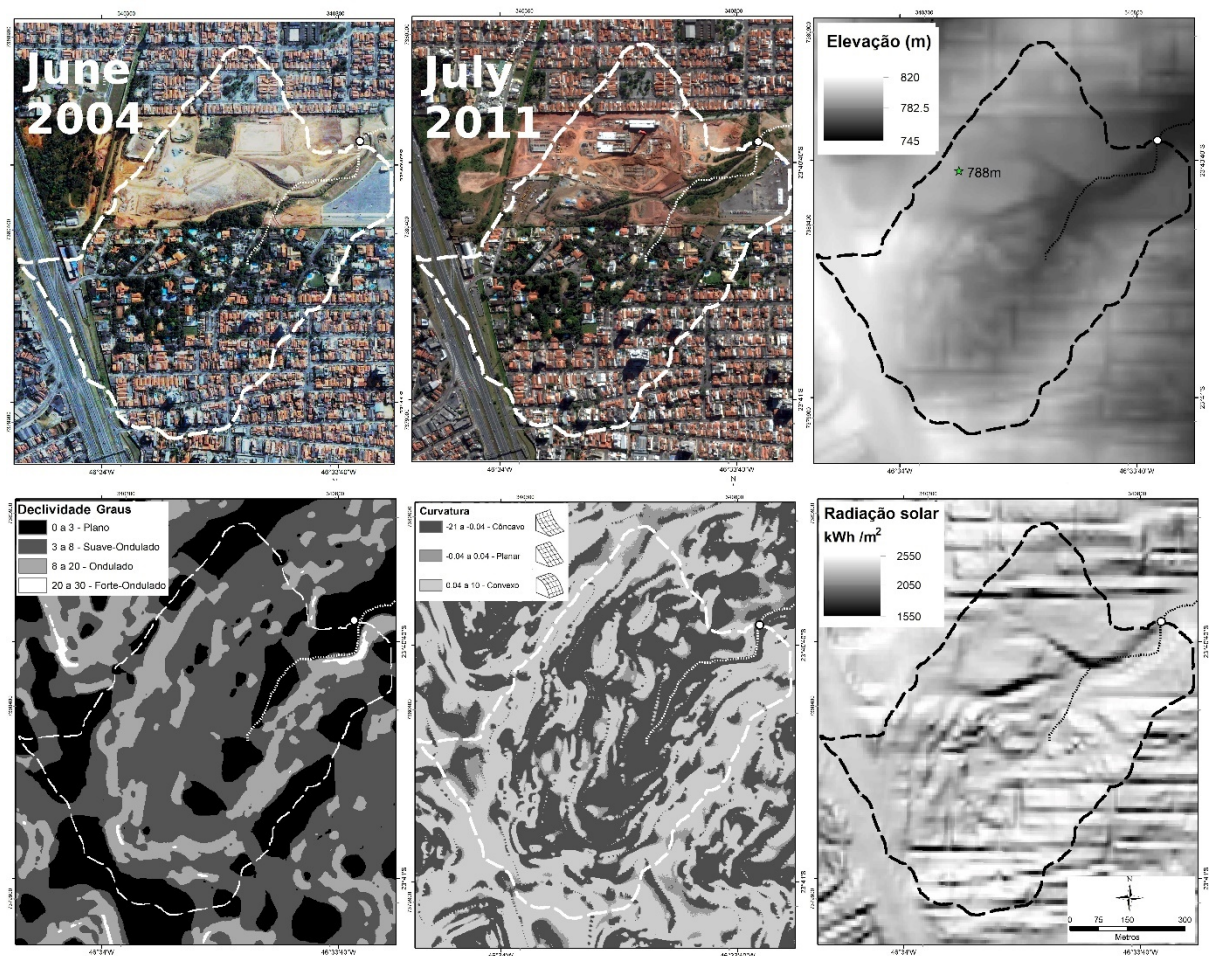


Figura 2 – Material cartográfico produzido para apoio às atividades de campo

### 2.3.2. Planilha de diagnóstico rápido

Em contraste com muitos dos métodos de diagnóstico ambiental rápido desenvolvidos na literatura, geralmente baseados em um ecossistema específico (rios, áreas úmidas, cavernas), O estudo procurou abarcar uma maior diversidade de ambientes que ocorrem em uma bacia hidrográfica, incluindo a interação dos ecossistemas com a ocupação humana, de forma pertinente a ao contexto de estudos territoriais e de zoneamentos ambientais (SILVA, SANTOS, 2011). Em virtude disso e, também, do contexto didático da aplicação, outro contraste é que os métodos de diagnóstico rápido na literatura geralmente são bastante baseados em atribuição de pesos ou níveis qualiquantitativos, e neste caso optou-se por uma planilha que apenas fornecesse os aspectos a serem considerados em campo, mas que desse liberdade aos alunos sobre a forma de caracterização dos dados.

Como arcabouço teórico para o método de diagnóstico rápido, utilizou-se o esquema de Pressão-Estado-Resposta (PER), endossado pela OCDE (1994), tendo como base sua aplicação prévia em zoneamentos ambientais de bacias hidrográficas (Silva, Santos, 2011). A motivação para escolha desse esquema foi a sua harmonização com o conceito de desenvolvimento sustentável, e seu amplo uso em diversas políticas de monitoramento ambiental. Considerou-se também que, desde a proposição do PER, outros esquemas mais complexos têm sido desenvolvidos a partir dele, tais como “Fatores de Mudança” (ou *driving forces*) – “Pressão” – “Estado” – “Impacto” – “Resposta” (Kristensen, 2003). Todavia, adotou-se o PER devido a sua maior simplicidade, para facilidade de aprendizado e aplicação para os estudantes.

A planilha de diagnóstico expedito, portanto, dividiu os seus aspectos os grupos de Pressão, Estado e Resposta, conforme disposto na Tabela 1. Os fatores PER guardam relação com o conteúdo teórico discutido na primeira parte da disciplina (gestão e apropriação de recursos comuns) (BERKES, 2005; OESTEREICH, 2001; FENNY et al., 2001) e trazem conceitos disciplinares oriundos do planejamento territorial e ambiental. Dentre os fatores de estado, o levantamento de fauna e de riscos geotécnicos foi simplificado, tanto por limites das habilidades dos alunos, quanto por já serem foco de outras disciplinas de sua grade curricular. Nos itens de flora, os aspectos foram baseados nos critérios para classificação de estágios sucessionais de Mata Atlântica da Resolução Conama nº 1, de 1994, embora sejam critérios gerais que possam ser aplicados a outras fitofisionomias. Os aspectos relacionados a ecossistemas aquáticos foram baseados nos diagnósticos rápidos existentes para esse tema na literatura acadêmica (Parsons et al., 2002; Callisto et al., 2002).

Além da planilha (Tabela 1) com os aspectos a serem observados, os alunos receberam uma outra planilha em branco para anotações, em que descreveram o código do aspecto da Tabela 1 e escolheram a forma de descrevê-lo. Os alunos também foram orientados a relacionar as descrições da tabela com anotações sobre os mapas e com o desenho de croquis de campo.

### 2.3.3. *Trabalho de campo*

Anteriormente ao trabalho de campo, cada aluno imprimiu as bases cartográficas (em papel A4) e as planilhas de campo. Os alunos com smartphones instalaram aplicativos de GPS, medição de declividade e medição de altura. Os alunos sem smartphones receberam aparelhos de GPS da universidade.

O roteiro de campo (Figura 1) iniciou-se com uma caminhada à base de uma elevação de relevo na área central da microbacia para analisar aspectos relacionados à instabilidade geotécnica e a áreas de preservação permanente em áreas declivosas. Em seguida, foram apresentadas a dinâmica de espécies vegetais invasoras (gramíneas e leguminosas) sobre os espaços que anteriormente haviam sido degradados no histórico de ocupação da área. Conseqüente, os alunos subiram essa elevação central, permitindo a visualização completa da bacia e a interpretação dos mapas. O roteiro de campo permitiu passar pelos diversos ambientes, desde o divisor de águas até o exutório, para caracterização dos diversos elementos de pressão, estado e resposta. Foi dada atenção especial para os impactos de infiltração e drenagem da água, regimes de apropriação dos recursos naturais e espaço físicos, bem como impactos ambientais por resíduos sólidos e efluentes líquidos.

### 2.3.4. *Diagnóstico*

#### 2.3.4.1. Discussão pós-campo

Após o trabalho de campo, os alunos compartilharam suas fotografias em nuvem. Na semana seguinte, os alunos realizaram o georreferenciamento das fotografias com a rota de GPS por meio do programa Geosetter 3.5 e exportaram a rota com as fotografias em formato KML para visualização e realização de roteiro virtual no programa Google Earth.

Essa atividade permitiu retomar as memórias do campo e rediscutir os principais aspectos observados. Para isso, foram apresentadas algumas discussões teóricas sobre abordagens em planejamento ambiental como as da ecologia urbana (McPHEARSON et.al, 2006), da ecologia humana (BEGOSSI, 1993), da ecologia política (LITTLE, 2006) e da de paisagem (METZGER, 2001) e foi estimulada a discussão sobre como aplicar esses conteúdos teóricos ao que foi observado em campo. No fim da atividade, os alunos aprenderam a realizar um mapeamento da ocupação e cobertura do solo na bacia hidrográfica, utilizando o programa QGIS.



Tabela 1 – Aspectos a serem observados no diagnóstico ambiental rápido

PER	ITEM	DESCRIÇÃO	SUBITEM	DESCRIÇÃO	
P	P1	Ocupação	P1.1	Densidade populacional (verticalização vs. horizontalização)	
			P1.2	Densidade edílica (construídos vs. vazios – taxa de ocupação - % dos lotes construídos e impermeabilizados)	
			P1.3	Regime de acesso e apropriação do espaço e de serviços ecossistêmicos (privado, público, comum, livre)	
			P1.4	Intervenções de drenagem (calhas, retificações de canal, impermeabilização de canal, cobertura do canal, barragens)	
			P1.5	Uso do solo (atividades econômicas e sociais, renda)	
	P2	Poluição	P2.1	Efluentes líquidos (difusa ou pontual)	
			P2.2	Resíduos sólidos (difusa ou pontual)	
E	E1	Flora	E1.1	% de cobertura vegetal	
			E1.2	Presença de estratos (arboreo, arbustivo, herbáceo)	
			E1.3	Fechamento de dossel (sombreamento)	
			E1.4	Riqueza de espécies (nativas, exóticas)	
			E1.5	Diâmetro médio do tronco à altura do peito	
			E1.6	Altura média	
			E1.7	Serapilheira (espessura e continuidade)	
			E1.8	Presença de lianas (cipós) e epífitas (orquídeas e bromélias)	
			E1.9	Presença de líquens, musgos e cogumelos	
	E2	Fauna	E2.1	Riqueza taxonômica (pássaros, mamíferos, répteis, insetos, peixes)	
			E2.2	Abundância de espécimes	
	E3	Estabilidade de encostas	E3.1	Erosão	
			E3.2	Deslizamentos	
	E4	Cursos de água	E4.1	Vegetação ripária (nativa, exótica, ausente)	
			E4.2	Cobertura de dossel sobre o leito	
			E4.3	Presença de plantas aquáticas	
			E4.4	Matéria orgânica no leito (folhas e galhos)	
			E4.5	Fauna aquática	
			E4.6	Estabilidade/Erosão na calha do curso de água	
			E4.7	Assoreamento do leito	
			E4.8	Resíduos sólidos no leito	
			E4.9	Transparência	
			E4.10	Odor	
			E4.11	Oleosidade	
			E4.12	Material em suspensão	
			E4.13	Largura da lâmina d'água	
	R	R1	Conservação de Áreas Protegidas	R1.1	Encostas com mais de 45 graus
				R1.2	Topos de morros (encosta maior que 25 graus em elevação de mais de 100 metros de altura)
				R1.3	Margens de corpos d'água
				R1.4	Entorno de nascentes
				R1.5	Outras
		R2	Áreas em recuperação	Nativas ou exóticas	
		R3	Tratamento de esgoto		
R4		Reforço de taludes			
R5		Coleta de resíduos sólidos	Normal ou seletiva		
R6		Controle do uso do solo *	Municipal/Estadual/Federal – legislação/fiscalização		
R7	Planos/Programas/Projetos Ambientais *	Municipal/Estadual/Federal – privados/públicos/organizações/individuais			
R8	Atores engajados *	Cidadãos/lideranças/organizações envolvidas em ações de proteção e recuperação do ambiente			

\* Itens dependentes de pesquisa documental ou com informantes

#### 2.3.4.2. Pressão, Estado e Resposta

Em seguida, foram formados grupos de 4 a 5 alunos, e cada grupo ficou responsável por apresentar o Plano Ambiental sobre a bacia hidrográfica, ao fim do curso. A primeira atividade do grupo foi discutirem entre si as suas planilhas de diagnóstico rápido, e montarem uma planilha de consenso. Nessa planilha, também foi acrescentada uma coluna extra, em que os alunos descreviam a tendência do elemento de pressão, estado ou resposta no decorrer do tempo (crescente, estável ou decrescente).

Para completar o diagnóstico, cada grupo elaborou três mapas, um de pressão, outro de estado e outro de resposta. Para elaborar os mapas, foram fornecidos mapas em branco (apenas com a bacia hidrográfica) em papel vegetal em tamanho A4, com localização e escala idênticos aos utilizados pelos alunos em campo, de forma que eles pudessem sobrepor o papel vegetal sobre os demais mapas. Foi escolhida essa técnica de sobreposição de camadas em papel vegetal devido a sua utilidade em oficinas de mapeamento participativo, que os alunos poderão utilizar em sua vida profissional. Os alunos tiveram liberdade para escolher a forma de representação espacial dos elementos de pressão estado e resposta, de forma a estimular a sua criatividade, desde que os mapas atendessem aos critérios de serem tecnicamente consistentes e serem amigáveis para apresentação para tomadores de decisão e para lideranças comunitárias.

#### 2.3.4.3. Valoração de serviços ecossistêmicos

Como prática de valoração participativa de serviços ecossistêmicos, simulou-se uma oficina com atores interessados na bacia. A valoração foi realizada apenas a partir de graus de importância, sem lastro monetário, em virtude da ausência de dados financeiros para a área de estudo. Todavia, a abordagem de níveis de importância é coerente com a visão de uma linha de autores (Toman, 1998; Chee, 2004; Gómez-Baggethun e Ruiz-Péres, 2011) que defende que o valor dos serviços ecossistêmicos não deve ser reduzido a termos financeiros.

Cada aluno recebeu uma ficha que o identificava como pertencendo a um dos seguintes grupos: moradores, poder público, iniciativa privada, ou comunidade acadêmica. Primeiramente, cada aluno escreveu quais seriam os quatro serviços ecossistêmicos mais relevantes para o seu grupo, identificando a sua função (provisão, regulação, cultural, ou de suporte) conforme o esquema conceitual da Avaliação dos Ecossistemas do Milênio (MEA, 2003). Em seguida, foi realizada uma discussão com toda a sala, de forma a listar 10 serviços ecossistêmicos que fossem mais relevantes para todos os grupos.

Foi utilizado uma planilha colaborativa (Google Sheets), de forma que cada aluno poderia inserir suas informações em uma tabela coletiva a partir de seu computador, e os resultados conjuntos (tabelas e gráficos) eram visualizados instantaneamente por toda a classe no projetor, sintetizadas por funções que coletavam os dados de cada participante na tabela coletiva. Primeiramente, foi utilizado a técnica de ranqueamento, em que cada aluno organizou a lista de serviços ecossistêmicos entre 1 (o mais importante) até 10 (o menos importante), e eles foram então escalonados em relação ao ranking médio. Para este e para os demais métodos de valoração utilizados, também foram elaborados gráficos com o desvio padrão dos pesos, que funcionou como indicador tanto da discordância/consenso entre os atores quanto da incerteza relativa à valoração de cada serviço ecossistêmico.

Os quatro serviços ecossistêmicos com melhor posição no ranking foram selecionados para a etapa seguinte, de valoração pelo método de Processo Hierárquico Analítico (Saaty, 1981). Cada aluno comparou esses serviços par a par, escolhendo quantas vezes um era mais (ou menos) importante do

que o outro. Seguindo as recomendações de Saaty (1981), foi calculado o Coeficiente de Consistência, e os alunos que tiveram esse coeficiente maior do que 0,1 tiveram a chance de revisar seus pesos atribuídos, até encontrar um balanceamento coerente. O valor final de cada serviço ecossistêmicos foi calculado pela média geométrica dos pesos, como recomendado por Saaty (1981), além de ser calculado o seu respectivo desvio-padrão.

Em seguida, os alunos simularam o perfil de atendimento dos serviços ecossistêmicos, com base na proposta conceitual de Paetzold et al. (2010). Para tanto opinaram sobre a oferta (em relação a uma referência de um ecossistema natural) e a porcentagem de atendimento da demanda desses serviços, conforme a referência da tabela 2. A demanda pelos serviços ecossistêmicos foi calculada indiretamente a partir da oferta e da porcentagem de atendimento da demanda, pela equação 1. O dano ambiental (% de degradação em relação ao ambiente natural) e a demanda não atendida (demanda menos oferta) foram calculados pelos algoritmos da Tabela 3.

Tabela 2 – Referências para perfil de oferta e demanda por serviços ecossistêmicos.

Oferta	> 100% = oferta maior que o ecossistema natural
	100% = ecossistema natural
	0% = ecossistema totalmente degradado
Atendimento da demanda	> 100% = oferta maior que a demanda
	100% = atendimento de toda a demanda
	0% = nenhum atendimento da demanda

$Demanda = Oferta * (100 / \text{'Atendimento da Demanda'})$	Equação 1
--	-----------

Tabela 3 – Algoritmos de cálculo do dano ambiental e da demanda não atendida

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Dano</b> Se <math>Oferta &lt; 100</math>, então: <math>Dano = (100 - Oferta)</math> Senão, <math>Dano = 0</math></li> <li>• <b>Demanda Não Atendida</b> Se <math>(Demanda - Oferta) &gt; 0</math>, então: <math>Demanda Não Atendida = (Demanda - Oferta)</math> Senão, <math>Demanda Não Atendida = 0</math></li> </ul>
--

Foi elaborado um gráfico com o valor de importância relativo ao dano em cada serviço ecossistêmico e o valor de importância do não atendimento das demandas. Para esse cálculo, o valor atribuído para cada serviço ecossistêmico no Processo Hierárquico Analítico foi multiplicado, respectivamente, pela porcentagem de dano e pela porcentagem de demanda não atendida. Para calcular o desvio padrão desses valores, foram utilizadas as equações 2 e 3 de propagação de incertezas, conforme sugerido por Palmer (2002) e Hart e Peidle (2013), combinando os desvios-padrões dos valores dos serviços com os desvios padrões da oferta e da demanda.

Equação 2 - Propagação de desvio-padrão pela multiplicação de duas variáveis

(ex: dano multiplicado pelo valor, ou oferta multiplicada pela tendência de mudança)

$\sigma_f \approx  f  \sqrt{\left(\frac{\sigma_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_B}{B}\right)^2 + 2\frac{\sigma_{AB}}{AB}}$ <p>Onde:</p> <p><math>A</math> = Média da variável A      <math>\sigma_f</math> = Desvio-padrão de A * B  <math>B</math> = Média da variável B      <math>\sigma_A</math> = Desvio-padrão de A  <math> f </math> = módulo de A * B      <math>\sigma_B</math> = Desvio-padrão de B     <math>\sigma_{AB}</math> = Covariância entre A e B</p>	Equação 2
---	-----------

Equação 3 - Propagação de desvio-padrão pela subtração de duas variáveis  
(ex: Demanda futura – Oferta futura = Demanda não atendida futura)

$\sigma_f = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2\sigma_{AB}}$ <p>Onde:</p> <p><math>\sigma_f</math> = Desvio-padrão de A - B  <math>\sigma_A</math> = Desvio-padrão de A  <math>\sigma_B</math> = Desvio-padrão de B  <math>\sigma_{AB}</math> = Covariância entre A e B</p>	Equação 3
---	-----------

Consequente, os alunos opinaram sobre as tendências de variação (%) para a oferta e a demanda, em um horizonte futuro hipotético de 5 anos, conforme os parâmetros do Tabela 4. Com esses dados, foi possível elaborar cenários futuros sobre qual seria o valor do impacto em cada serviço ecossistêmico e o valor de não atendimento das demandas (Equação 4). Para a propagação das incertezas do cenário presente (incluindo o desvio-padrão das estimativas de variação futura), foram utilizadas as equações 2 e 3.

Tabela 4 – Referência para tendências nos cenários futuros

Variação (%)	Mudança em 5 anos
200	Triplica
100	Dobra
0	Mantém-se estável
-50	Diminui pela metade
-100	Acaba totalmente

Cenário futuro = Cenário Atual * (1 + Tendência/100)	Equação 4
--	-----------

2.3.5. Cenários

O método participativo de elaboração de cenários partiu de um contexto simulado em que os alunos assumiram o papel de gestores do poder público municipal, com o objetivo de maximizar a oferta dos serviços ecossistêmicos para a população, em um horizonte de planejamento de 45 anos. Essa delimitação de contexto foi importante para delimitar o que seriam fatores externos (ações não controladas pelos atores) e internos (ações controladas pelos atores).

A prática começou com a metodologia XLRM (Lempert et al., 2003), em que os alunos, em cada um de seus grupos, identificaram os fatores externos (incertezas e tendências), ações (para atendimento do objetivo), e métricas (indicadores de monitoramento) mais relevantes na área de estudo. Em seguida, desenharam um diagrama mostrando as principais relações entre esses elementos identificados.

Na etapa seguinte, cada grupo identificou qual seria a incerteza e a ação mais relevante, e fizeram o cruzamento de 4 possibilidades de cenários de forma a avaliar os efeitos da implementação ou não da ação frente à concretização ou não da incerteza, no formato sugerido por Ampomah e Devisscher (2013) e WRI (2016). Em seguida, foi elaborada uma linha do tempo para cada cenário, no formato sugerido por Ampomah e Devisscher (2013) e WRI (2016), em que cada grupo identificou as principais alterações a cada 15 anos. Por fim, foi elaborada uma narrativa para cada uma das quatro linhas do tempo, permitindo descrevendo a história do cenário de forma humanizada, conforme sugerido por Couclelis (2005).

De forma a completar a prática de cenários, cada grupo foi orientado a desenhar dois mapas, um com o cenário tendencial e outro com o cenário propositivo para a bacia hidrográfica, utilizando o mesmo esquema de superposição de camadas de papel vegetal já utilizado no diagnóstico. Antes de iniciarem os desenhos, os alunos receberam uma instrução básica de técnicas de mapeamento de cenários e de coremática (Brunnet, 1980; Lardon e Piveteau, 2005; Laurini et al., 2006), porém também tiveram liberdade para escolher a forma de representação espacial a ser utilizada.

#### *2.3.6. Diretrizes*

Na etapa de diretrizes, cada um dos grupos listou projetos e intervenções propostos para a bacia hidrográfica, caracterizando seus respectivos objetivos e atores envolvidos. Em seguida, usaram essa lista como legenda para desenhar a representação espacial desses projetos e intervenções na forma de um mapa, utilizando a técnica de camadas de papel vegetal.

Em seguida, cada um dos grupos fez um segundo mapa com uma proposta de zoneamento de diretrizes e/ou regulação do uso e ocupação do solo para a bacia. Na legenda, cada zona delimitada foi detalhada com suas características (ambientais e socioeconômicas) e com as normas, recomendações e políticas públicas propostas.

#### *2.3.7. Relatórios final e apresentação*

Por fim, cada grupo preparou um relatório articulando os produtos gerados no decorrer da disciplina, e realizaram a apresentação para a classe. Embora não fosse obrigatório, para o relatório final alguns grupos passaram as informações dos produtos cartográficos do papel vegetal para bases de sistema de informação cartográfica. No fim do curso, os estudantes avaliaram o aprendizado de forma individual e coletiva.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. Diagnóstico**

### 3.1.1. Trabalho de campo e mapas de Pressão-Estado e Resposta

A Figura 3 mostra um exemplo de croqui desenhado pelos alunos no trabalho de campo. Grande parte dos croquis enfocaram as mudanças dos tipos de fitofisionomias ao longo do perfil topográfico, o que demonstrou relacionamento com as informações cartográficas de distância vertical em relação à hidrografia.

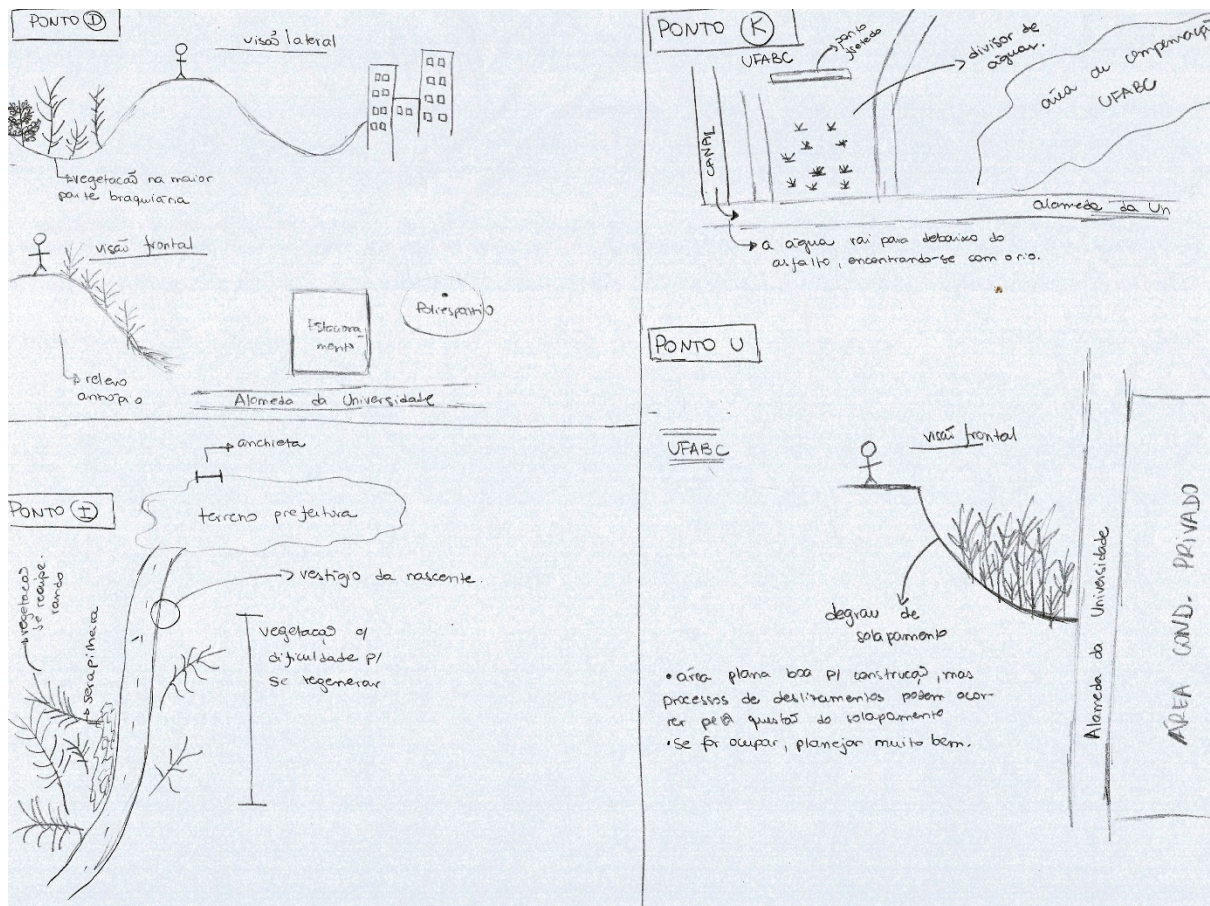


Figura 3 – Croquis de campo

A figura 4a mostra um exemplo de mapa de ocupação e cobertura do solo, realizado por um dos grupos. As figuras 4b a 4d mostram exemplos de mapas de diagnóstico de pressão, estado e resposta. Observa-se a variedade de modos de representação, incluindo desenho livre, técnicas de justaposição sobreposição de polígonos temáticos e elementos pontuais, bem como graduação em níveis.

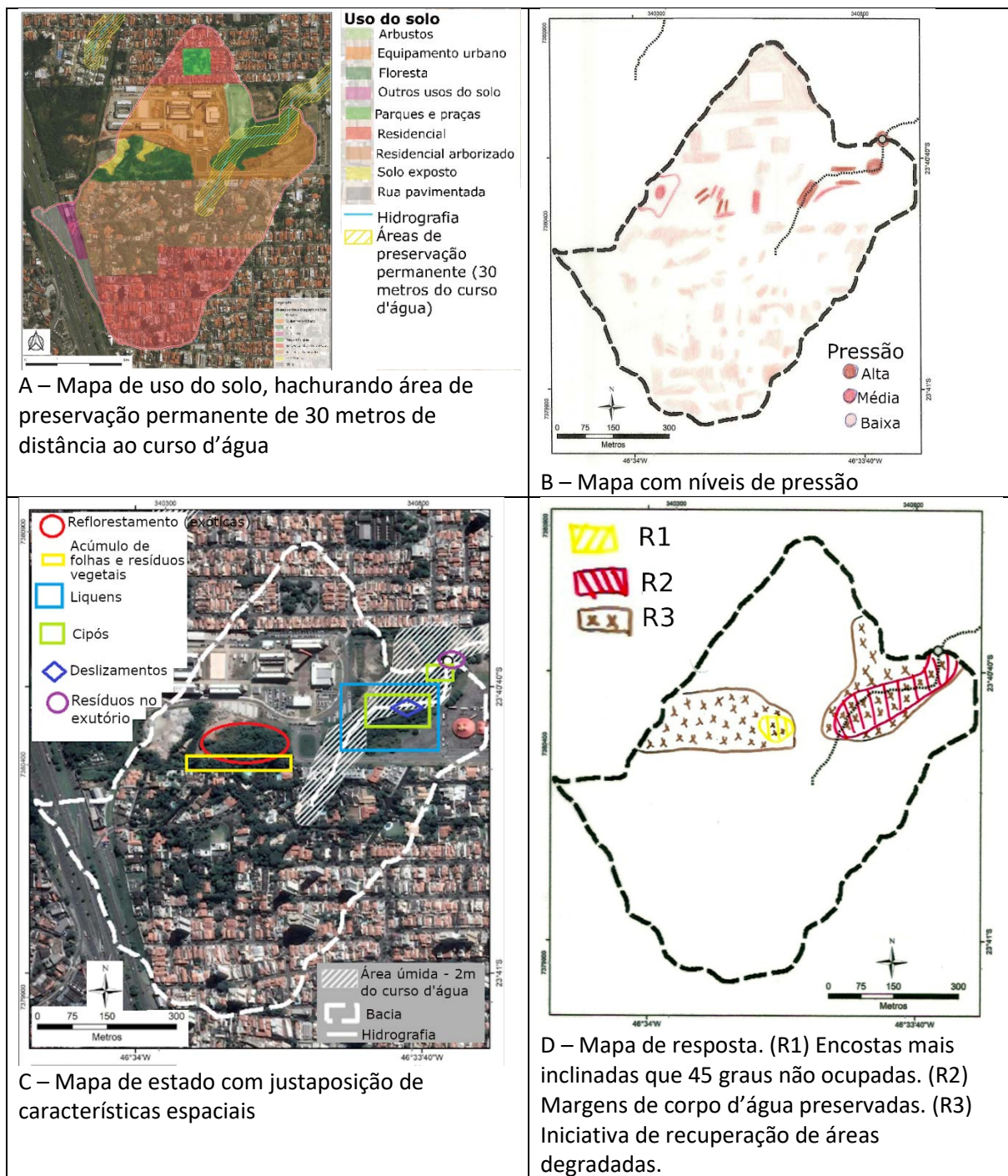


Figura 4 - (A) Mapa de uso do solo; (B) Mapa de pressão; (C) Mapa de estado; (D) Mapa de resposta.

### 3.1.2. Valoração dos serviços ecossistêmicos

A Tabela 5 mostra os 10 serviços mais relevantes escolhidos por consenso (diálogo) em classe. Nesse caso, observa-se que os quatro serviços mais valorizados pelo ranqueamento (Figura 5) foram, em ordem crescente de importância, “qualidade da água”, “controle de enchente pela cobertura do solo”, “árvores regulando o clima e poluição” e “controle de vetores de doenças”, e por isso foram selecionados para o método de processo analítico hierárquico. No ranqueamento, os serviços de recreação e de educação ambiental obtiveram maior desvio-padrão (maior desacordo entre os participantes), enquanto os demais tiveram desvios-padrões semelhantes.

Tabela 5 - 10 serviços ecossistêmicos mais relevantes escolhidos por consenso entre os grupos

Serviços Ecossistêmicos		Função
1	Recreação	Cultural
2	Frutos	Provisão
3	Árvores regulando poluição e clima	Regulação
4	Qualidade da água	Regulação
5	Controle de erosão pela vegetação	Regulação/Suporte
6	Controle de enchente pela cobertura do solo	Regulação
7	Controle de vetores de doenças	Regulação
8	Educação ambiental	Cultural
9	Recarga de água	Provisão
10	Autodepuração da poluição no rio	Suporte

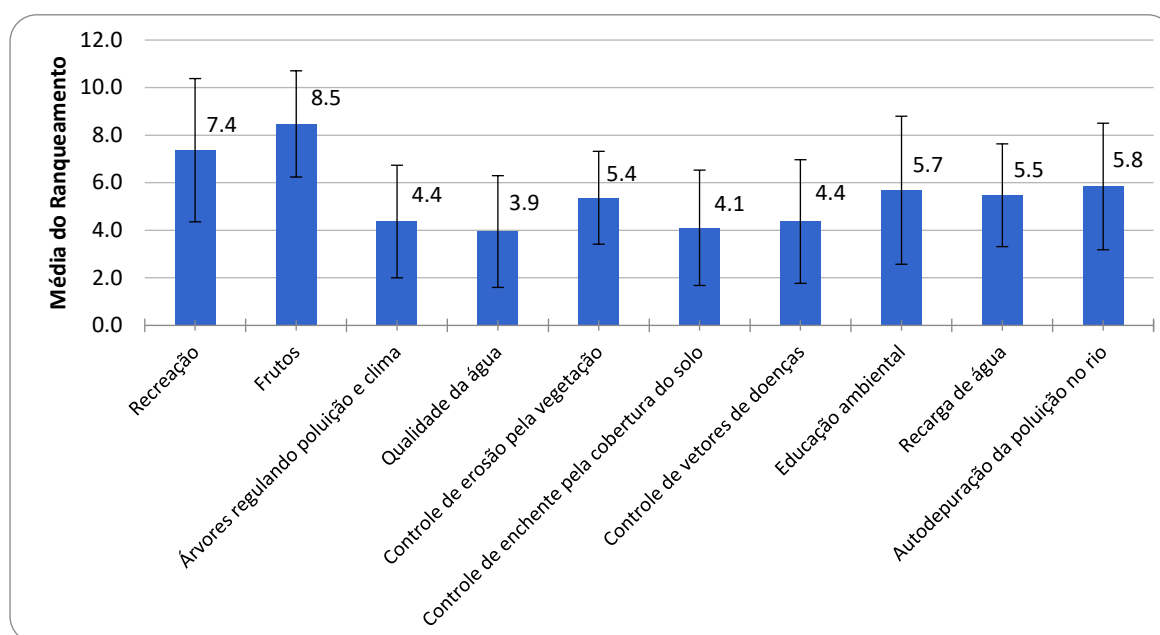


Figura 5 - Ranqueamento médio dos serviços ecossistêmicos. Os serviços com menor número são os mais relevantes. As linhas pretas correspondem ao desvio-padrão, em ambas as direções a partir da média.

No Processo Analítico Hierárquico (Figura 6), houve uma mudança na ordem de importância dos serviços, com o “controle de vetores de doença” tornando-se mais importante do que “árvores regulando o clima e poluição”. O perfil de oferta e de demanda (Figura 7a) mostra que a “qualidade da água” foi a mais degradada, em relação ao ecossistema original, sendo que a demanda pelo serviço é a mais alta entre os quatro serviços analisados. Observa-se que houve um desvio-padrão (Figura 7b) muito menor para a oferta do que para a demanda de cada serviço ecossistêmico, indicando que há um menor consenso e maior incerteza quanto à demanda social pelos serviços, em comparação com a avaliação de sua oferta.

Em relação à tendência para os próximos cinco anos (Figura 7c), o posicionamento médio dos participantes é de que a oferta dos quatro serviços diminuiria, enquanto a demanda aumentaria. O serviço “qualidade da água” é o que sofreria a variação mais drástica, agravando a sua situação, como pode ser observado no gráfico do perfil de oferta e demanda do cenário futuro de 5 anos (Figura 7e). A propagação do desvio-padrão para o cenário futuro, acumulando o desvio-padrão do perfil atual e da tendência de mudança (Figura 7d) pelas equações 2 e 3, aponta uma incerteza ainda maior relacionada à demanda pelos serviços ecossistêmicos no cenário futuro.



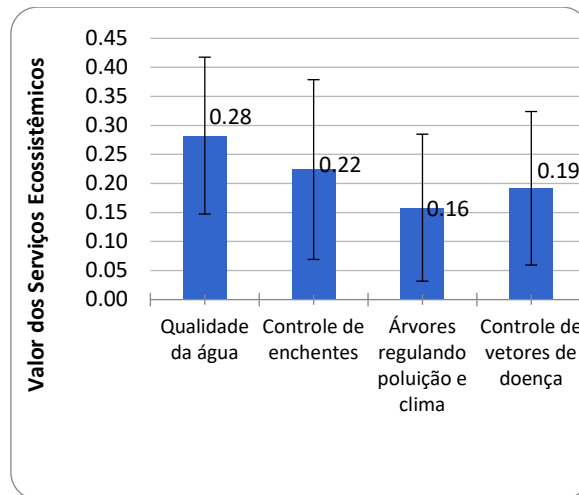
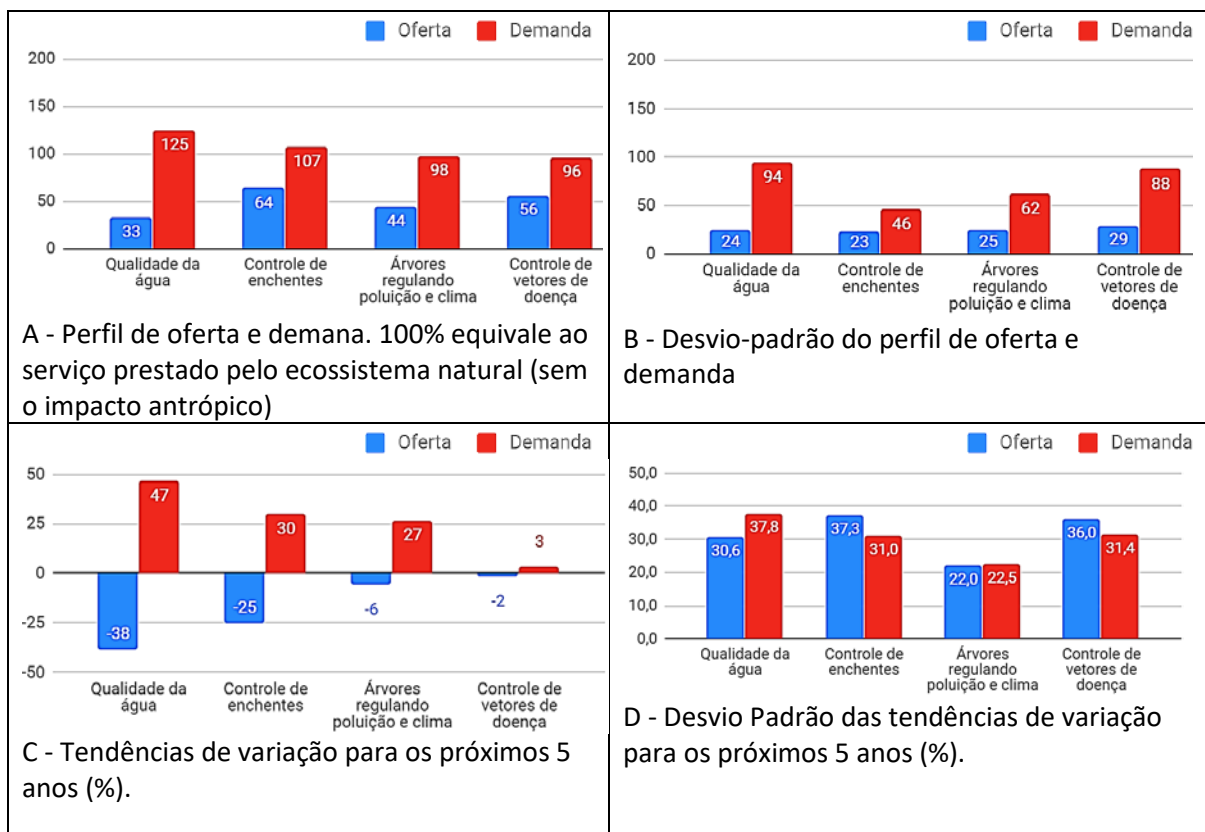
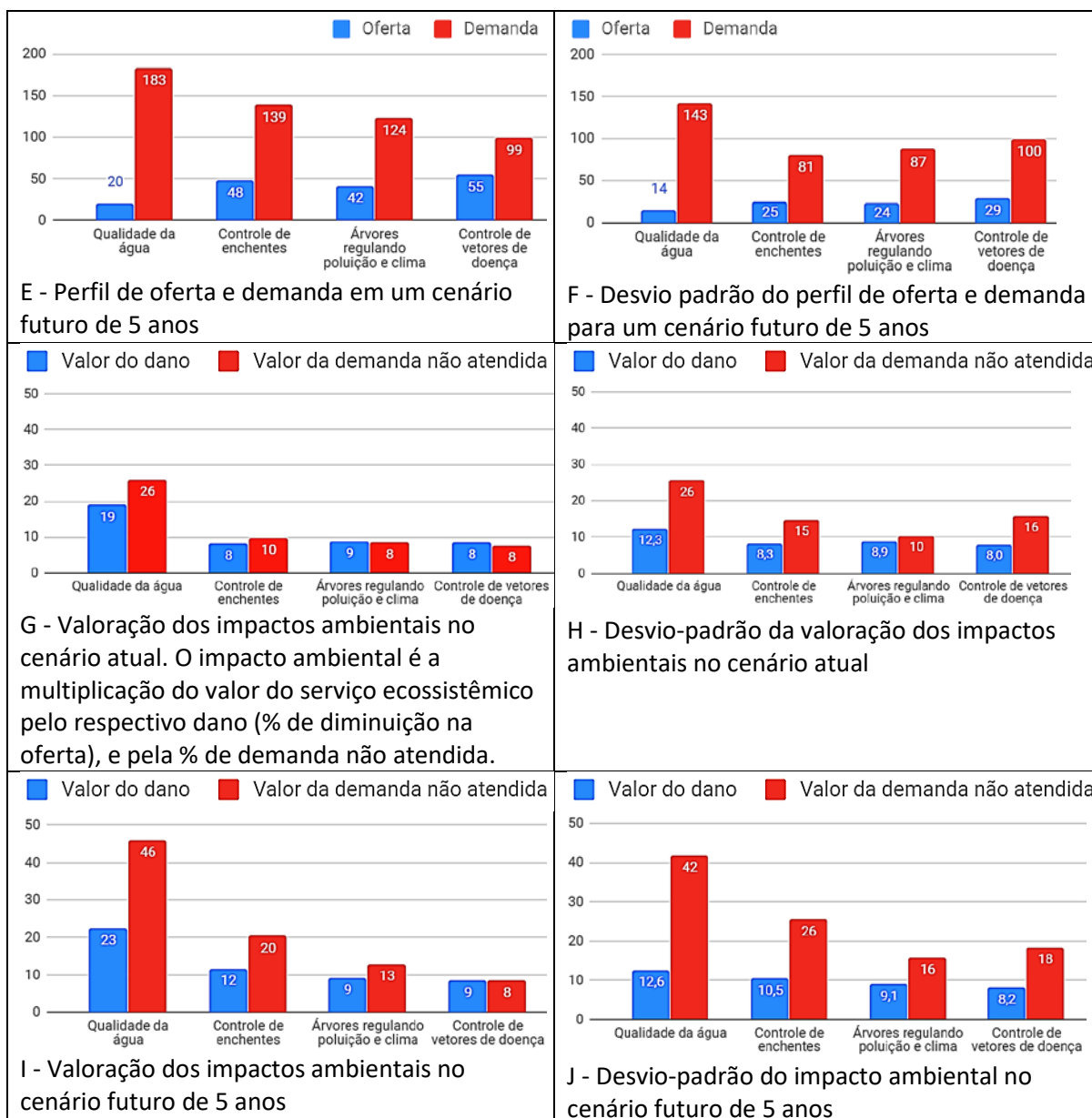


Figura 6 - Valoração dos serviços ecossistêmicos pelo método Processo Hierárquico Analítico. Os serviços com maior valor são os mais relevantes. As linhas pretas correspondem ao desvio-padrão, em ambas as direções a partir da média.

Na valoração dos impactos ambientais, coerentemente, o serviço de “qualidade da água” apresentou os maiores valores (Figura 7g), pois foi tanto o mais valorizado no Processo Hierárquico Analítico quanto teve o perfil de oferta e demanda mais crítico. Todavia, a propagação do desvio-padrão (Figura 7h) aponta que o valor da demanda não atendida para a qualidade da água é o de menor consenso/certeza entre os demais serviços. No cenário futuro para valoração dos impactos ambientais (Figura 7i), a demanda não atendida da “qualidade da água” se torna ainda mais crítica, embora também aumente o seu desvio padrão (incerteza e falta de consenso) (Figura 7j), ao acumular o desvio-padrão tanto (1) da valoração por processo analítico hierárquico, quanto (2) do perfil de oferta e demanda, quanto (3) da tendência de variação.





### 3.2. Cenários

A Tabela 6 e a Figura 8a mostram um exemplo de preenchimento da metodologia XLRM por um dos grupos. A quantidade de chuva, relacionada às mudanças climáticas, foi uma incerteza frequentemente citada. Entre as tendências, as mais citadas são a pressão por ocupação da área e a consequente pressão pela conversão das áreas de cobertura vegetal para uso antrópico. Muitas das ações envolveram projetos de saneamento, regeneração de áreas degradadas, educação ambiental e serviço de coleta de resíduos sólidos. As métricas, por sua vez, concentraram-se em indicadores de qualidade e quantidade da água e de cobertura vegetal remanescente.

A figura 8b, por sua vez, mostra um exemplo de construção dos cenários exploratórios. A figura 8c mostra um exemplo das linhas do tempo e suas respectivas narrativas. Essas etapas permitiram aprofundar a reflexão sobre os impactos das ações e das incertezas ao longo do tempo.

Tabela 6 – Identificação XLRM das externalidades, métricas e ações

		<b>Tendência</b>	<b>Caracterização</b>
<b>Externalidades</b>		Pressão social por adensamento populacional e densidade edilícia	Tendência de crescimento
		Diminuição da cobertura vegetação	Tendência de crescimento. Pressão proporcional a demanda por adensamento na área
		<b>Incerteza</b>	<b>Caracterização</b>
		Mudanças climáticas	Incerteza sobre como se dará e como efetivamente afetará a área da bacia e entornos
		Qualidade da água lançada na bacia	Incerteza sobre crescimento ou decréscimo, variará dependendo da quantidade de água que der entrada no sistema, da quantidade de esgoto, de tratamento, dentre outros fatores
<b>Métricas</b>		<b>Indicador</b>	<b>Como mensurar</b>
		Qualidade da água da bacia	Testes ao longo de toda a bacia e numa escala temporal. Verificar e criar parâmetros comparativos para a obtenção de resultados sobre oleosidade, odor, transparência e quantidade de materiais em suspensão na água
		Densidade edilícia e cobertura vegetal	Mensuração através da verificação periódica da taxa de impermeabilização e cobertura vegetal da área
<b>Ações</b>		Tratamento de esgoto e conservação de nascentes protegidas (margens de corpos d'água e entorno de nascentes).	
		Controle do uso do solo através de legislação e fiscalização	

Figura 8a – Relações

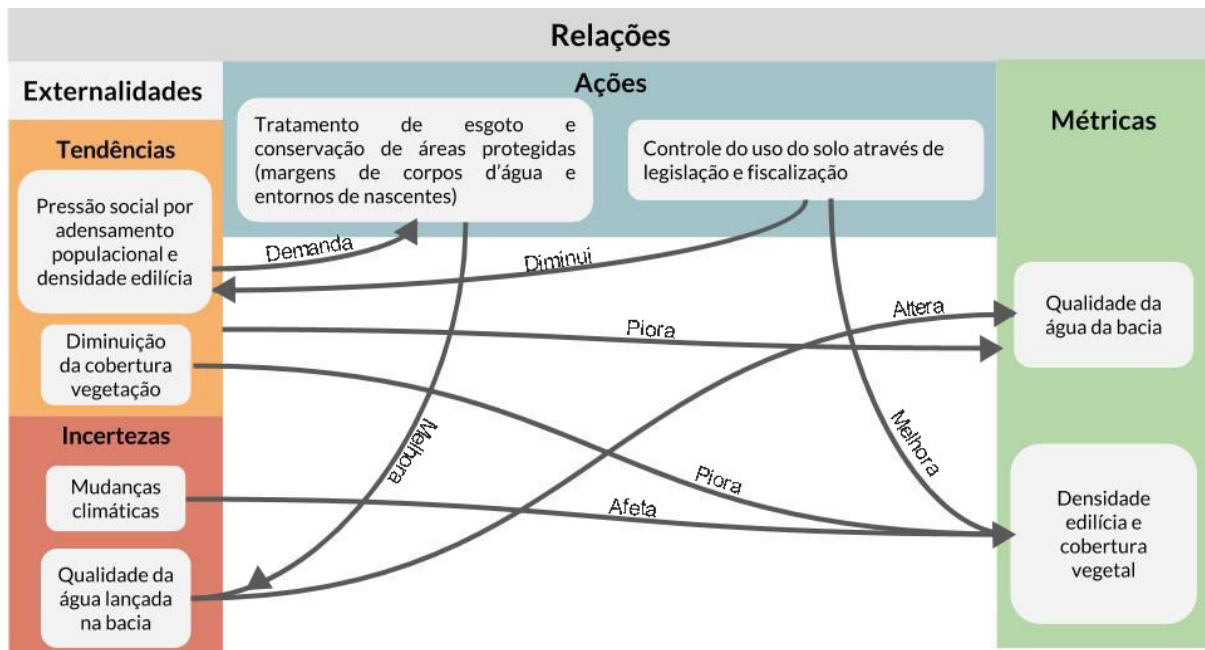
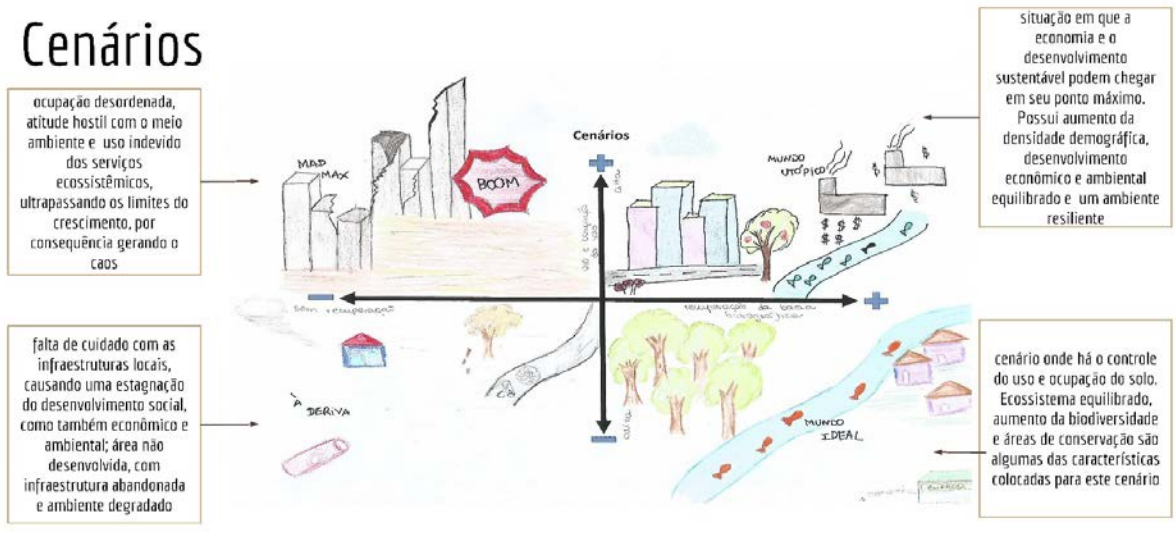


Figura 8 B – Cenários



Ocupação desordenada e o uso do meio ambiente; uso inadequado dos serviços ecossistêmicos, ultrapassando os limites do crescimento e gerando o caos. **Cenários**

Um mundo onde econômica e o desenvolvimento sustentáveis podem chegar em seu ponto máximo.

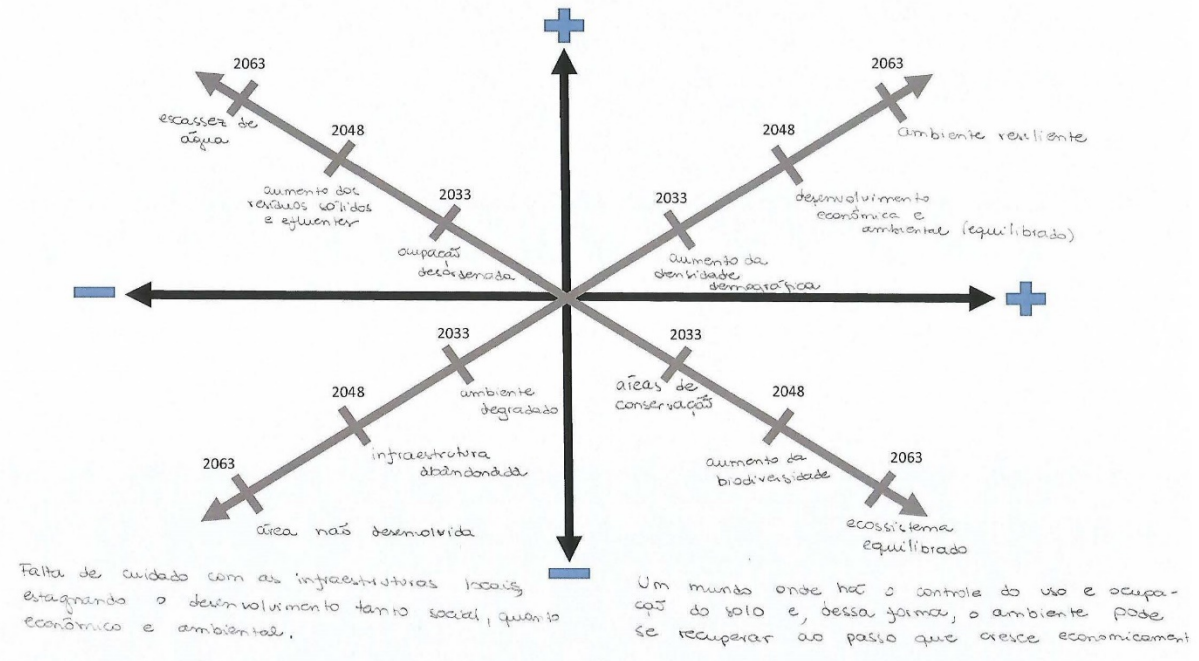
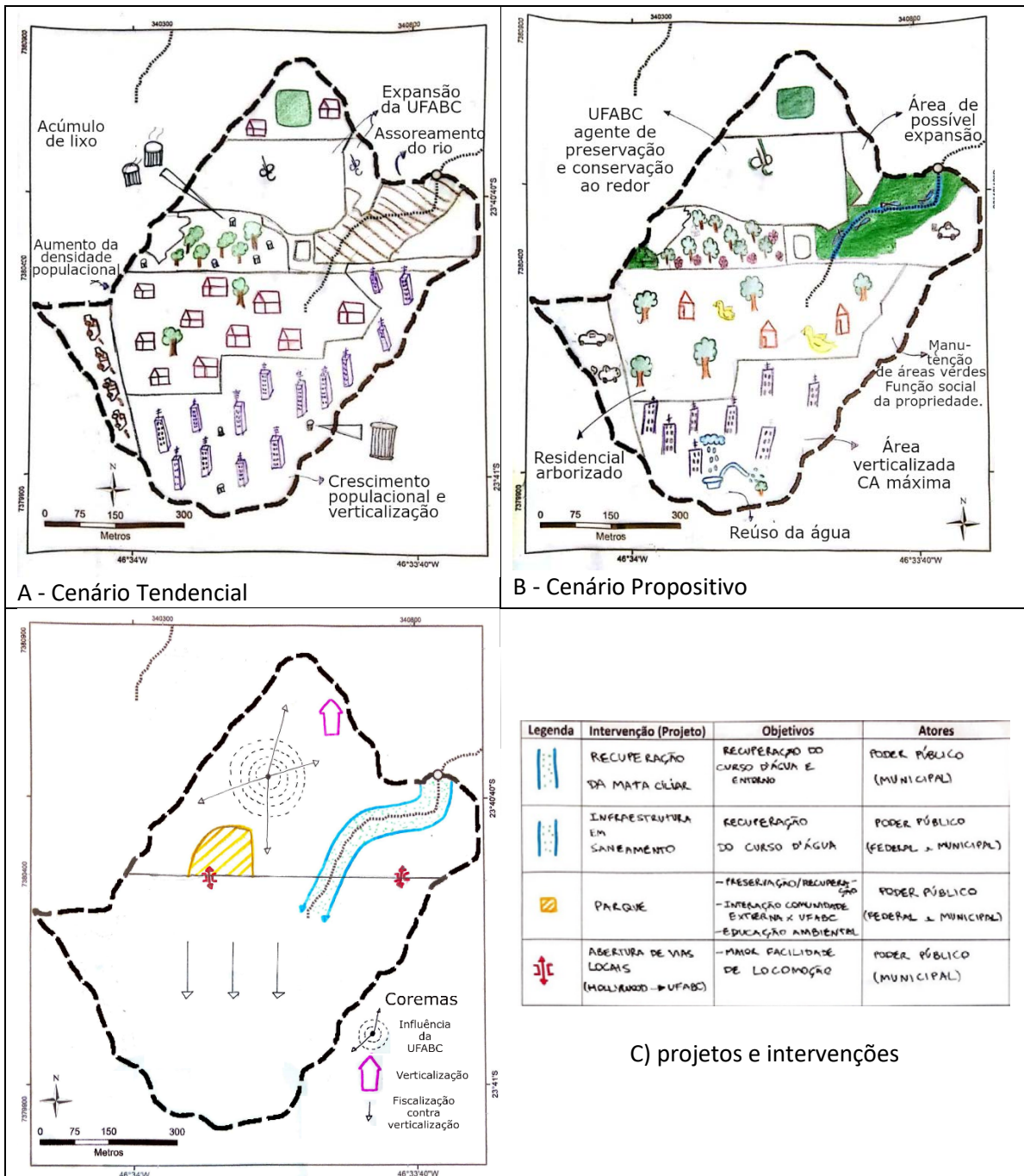
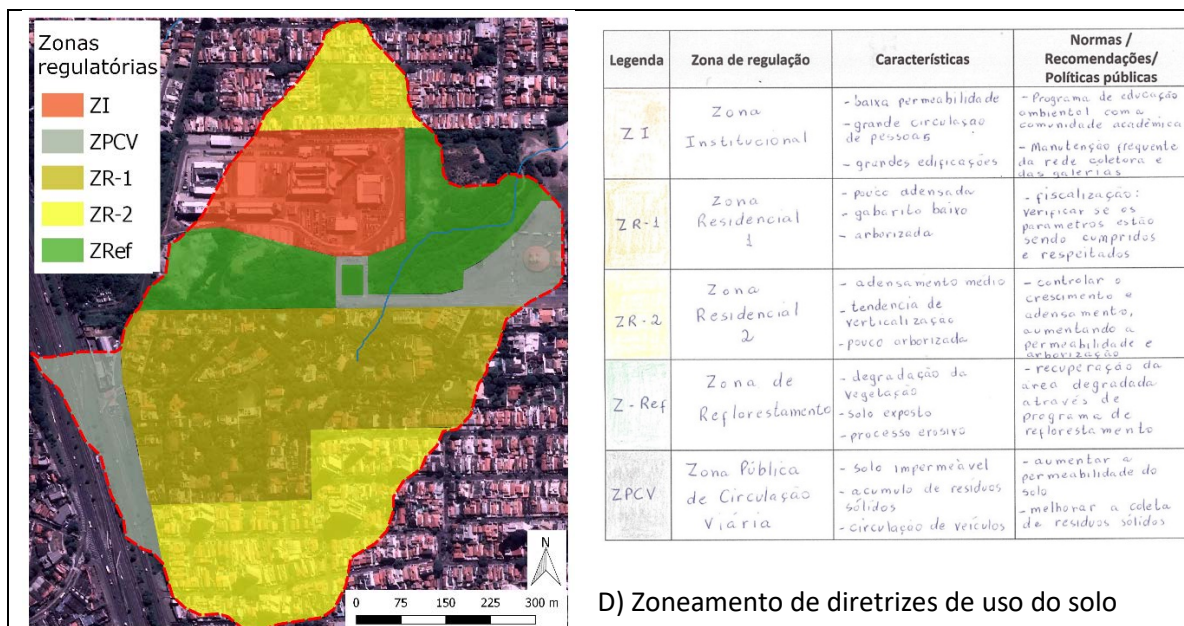


Figura 8c - Linha do tempo e narrativa para os cenários exploratórios

As figuras 9a e 9b mostram exemplos de mapas de cenários tendenciais e propositivos. Entre os grupos, foi encontrada novamente uma variedade das formas de representação espacial, incluindo desenho livre, símbolos coremáticos, mapeamento de mudança de uso do solo, mudança nos elementos de pressão/estado/resposta, mudança no fornecimento de serviços ecossistêmicos, ou combinações desses métodos. Nos cenários propositivos, destacaram-se frequentes propostas de regeneração de vegetação com vistas à criação de áreas verdes que aumentem a conectividade dos fragmentos existentes. Também houve propostas de modificação das vias de acesso como modo de possibilitar um maior acesso aos serviços ecossistêmicos e aos espaços urbanos.

Figura 9 – (A) Cenário tendência; (B) Cenário propositivo; (C) Mapa com os projetos e intervenções propostos; (D) Zonas regulatórias





### 3.3. Diretrizes

As figuras 9c e 9d mostram exemplos de mapeamento de projetos e diretrizes, respectivamente. Muitos grupos propuseram a construção de redes coletoras de esgoto, em alguns casos incluindo também a construção de uma estação de tratamento. Propostas de áreas verdes, como parques lineares ao longo dos cursos de água, também foram frequentes. Em relação às diretrizes, seguindo o conteúdo teórico discutido ao longo do curso, muitos os grupos preocuparam-se com a preservação de áreas de preservação permanente de margens de rio e de encostas declivosas. As diretrizes frequentemente incluíram, também parâmetros urbanísticos para conter a impermeabilização do solo e o adensamento populacional, este último especialmente em função das consequências indiretas de aumento da carga de esgoto lançado.

## 4. CONCLUSÕES

Na avaliação participativa feita ao final do curso, envolvendo professores e estudantes, foi citada a efetividade de aprendizado utilizando formas de análise sistemática e sistêmica das informações a partir da complexidade vivenciada no trabalho de campo. Na avaliação foi considerada que a abordagem prática do plano ambiental, combinada com as discussões teóricas, permitiu aplicar e refletir sobre a realidade do planejamento ambiental. Também foi citada a aplicação e aprimoramento das habilidades de cartografia e de uso de sistemas de informações geográficas utilizadas em outras disciplinas dos cursos de Bacharelado em Planejamento Ambiental e Engenharia Ambiental Urbana.

Como recorte de estudo foi escolhido por ser de uso e convívio diário dos estudantes, avalia-se que essa opção permitiu para eles um repertório e vivência como usuários, além da proximidade para as atividades de campo. A visão sistemática e sistêmica com base na metodologia e no conteúdo da disciplina de um espaço vivenciado rotineiramente, permitiu que os estudantes vivenciassem a mudança de percepção sobre o ambiente conhecido e o ambiente estudado e planejado. Em um processo real de planejamento do espaço, é indispensável a participação de diferentes atores com diferentes visões e valores. Em um processo de formação de planejadores, dado o curto tempo de uma disciplina e das questões operacionais e éticas de envolver atores, é difícil promover esse intercâmbio e experiência. A solução encontrada da área de estudo onde os

alunos têm um duplo papel – de técnicos e usuários – e a simulação de atores na valoração ecossistêmica, foi um caminho para sensibilizá-los para esse componente tão fundamental em processos reais de planejamento e gestão territorial e ambiental.

Além do uso como recurso didático, o método desenvolvido neste artigo apresenta potencial de aplicação em casos reais de planejamento. As atividades coletivas foram pensadas de forma a poder ser realizadas durante oficinas com os atores interessados sobre a área. Os programas utilizados são de uso livre, diminuindo os custos no processo de elaboração dos planos.

Entende-se que o método utilizado pode ser adaptado para outros locais e contextos de planejamento ambiental, a depender da escala de estudo, pertinência de temáticas específicas, das bases de dados disponíveis, do número de atores envolvidos, do horizonte de tempo para elaboração do planejamento e dos recursos financeiros e humanos disponíveis. Além disso, entende-se que o planejamento ambiental demanda um aprendizado contínuo, e que os estudantes, ao aplicarem essas técnicas posteriormente em contextos profissionais, serão deparados com situações que demandarão novos conhecimentos. Para tanto, existe toda uma literatura sobre técnicas de diagnósticos rápidos, métodos participativos, valoração de serviços ecossistêmicos, avaliação de cenários e formulação de diretrizes, que pode ser ajustada e incorporada à metodologia proposta neste artigo. Como um exemplo, caso haja um lastro de valoração monetária para pelo menos um dos serviços ecossistêmicos avaliados, é possível propagar o valor monetário para os demais, com base nas relações de proporção de valor obtidas pelos métodos de ranqueamento ou de processo analítico hierárquico.

## 5. REFERÊNCIAS

- Alonso, L. E., Deichmann, J. L., McKenna, S. A., Naskrecki, P., & Richards, S. J. (2011). *Still counting... biodiversity exploration for conservation: the first 20 years of rapid assessment program*. Conservation International.
- Ampomah, G., & Devisscher, T. (2013). *Adaptation Toolkit: Guidebook for researchers and Adaptation Practitioners Working with Local Communities*, Stockholm Environment Institute, Sweden. <https://www.climatelearningplatform.org/adaptation-toolkit-guidebook-researchers-and-adaptation-practitioners-working-local-communities>
- Antunes, P., Santos, R., & Videira, N. (2006). Participatory decision making for sustainable development—the use of mediated modelling techniques. *Land use policy*, 23(1), 44-52. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2004.08.014>
- Begossi, A. (1993). Ecologia Humana: Um Enfoque Das Relações Homem-Ambiente. *Interciencia*, 18(1), 121-132.
- Berkes, F. (2005) Sistemas sociais, sistemas ecológicos e direitos de apropriação de recursos naturais. In Vieira, P.F., Berkes, F. & Seixas, C.S. (Ed.), *Gestão Integrada e Participativa de Recursos Naturais. Conceitos, métodos e experiências*, APED, Florianópolis.
- Böhner, J., McCloy, K. R., & Strobl, J. (2006). *SAGA: analysis and modelling applications* (No. 115). Goltze.
- Brose, M. (Org.) (2001). *Metodologia Participativa: uma introdução a 29 instrumentos*, Tomo Editorial, Porto Alegre.
- Brunet, R. (1980). La composition des modeles dans l'analyse spatial. *L'espace géographique*, 4, 253-265. <https://doi.org/10.3406/spgeo.1980.3572>
- Buarque, S.C. (2008). *Construindo o desenvolvimento local sustentável*, Garamond, Rio de Janeiro.
- Callisto, M., Ferreira, W., Moreno, P., Goulart, M. & Petrucio, M. (2002). Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14(1), 91-98. <http://jbb.ibict.br/handle/1/708>



- Carvalho, C. S., Macedo, E. S. D., & Ogura, A.T. (2007). *Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios*. Ministério das Cidades, Brasília. <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>
- Chambers, R. (1994). The origins and practice of participatory rural appraisal. *World development*, 22(7), 953-969. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(94\)90141-4](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90141-4)
- Chee, Y. E. (2004). An ecological perspective on the valuation of ecosystem services. *Biological conservation*, 120(4), 549-565. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.03.028>
- Couclelis, H. (2005). "Where has the Future Gone?" Rethinking the Role of Integrated Land-Use Models in Spatial Planning. *Environment and Planning*, 37(8), 1353-1371. <https://doi.org/10.1068/a3785>
- Craven, J., Angarita, H., Perez, G.C., & Vasquez, D. (2017). Development and testing of a river basin management simulation game for integrated management of the Magdalena-Cauca river basin. *Environmental Modelling & Software*, 90, 78-88. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.01.002>
- Donato, C. R., Ribeiro, A. D. S., & Souto, L. D. S. (2014). A conservation status index, as an auxiliary tool for the management of cave environments. *International Journal of Speleology*, 43(3), 315-322. <http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.43.3.8>
- Fennessy, M. S., Jacobs, A. D., & Kentula, M.E. (2007). An evaluation of rapid methods for assessing the ecological condition of wetlands. *Wetlands*, 27, 543-60. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2007\)27\[543:AEORMF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2007)27[543:AEORMF]2.0.CO;2)
- Feeny, D., Berkes, F., McCay, B. J., & Acheson, J. M. (1990). The tragedy of the commons: twenty-two years later. *Human ecology*, 18(1), 1-19. <https://doi.org/10.1007/BF00889070>
- Fortmann-Roe, S. (2014). Insight Maker: A general-purpose tool for web-based modeling & simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 47, 28-45. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2014.03.013>
- Game, E. T., & Grantham, H.S. (2008). *Marxan user manual*. Univ. of Queensland, St Lucia, QLD, Australia, and Pacific Marine Analysis and Research Association, Vancouver, BC, Canada. [http://marxan.net/downloads/documents/Marxan\\_User\\_Manual\\_2008.pdf](http://marxan.net/downloads/documents/Marxan_User_Manual_2008.pdf)
- Gómez-Baggethun, E., & Ruiz-Pérez, M. (2011). Economic valuation and the commodification of ecosystem services. *Progress in Physical Geography*, 35(5), 613-628. <https://doi.org/10.1177/0309133311421708>
- Guimarães, A., Rodrigues, A. S. L. & Malafaia, G. (2017). Rapid assessment protocols of rivers as instruments of environmental education in elementary schools. *Ambiente & Água*, 12(5), 801-813. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1996>
- Hart, R., & Peidle, J. (2013). A Summary of Error Propagation, *Physical Sciences 3*, Harvard. [http://ipl.physics.harvard.edu/wp-uploads/2013/03/PS3\\_Error\\_Propagation\\_sp13.pdf](http://ipl.physics.harvard.edu/wp-uploads/2013/03/PS3_Error_Propagation_sp13.pdf).
- Hoekstra, A. Y. (2012). Computer-supported games and role plays in teaching water management. *Hydrology and earth system sciences*, 16(8), 2985-2994. <https://doi.org/10.5194/hess-16-2985-2012>
- Kristensen, P. (2003). *EEA core set of indicators*. European Environment Agency. <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/europe/monitoring/StPetersburg/EEA%20Core%20Set%20of%20Indicators%20rev2EECCA.pdf>
- Lang, J. C., Marks, K. W., Kramer, P. A., Kramer, P. R., & Ginsburg, R.N. (2010). Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment Protocols, Version 5.4. In *Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment*, Institute for Tropical Marine Ecology. [https://www.researchgate.net/publication/265148106\\_Agrra\\_protocols\\_version\\_54](https://www.researchgate.net/publication/265148106_Agrra_protocols_version_54)
- Lardon S., & Piveteau V. (2005). Méthodologie de diagnostic pour le projet de territoire : une approche par les modèles spatiaux. *Géocarrefour*, 80(2), 75-90. DOI: [10.4000/geocarrefour.980](https://doi.org/10.4000/geocarrefour.980)
- Laurini, R., Milleret-Raffort, F., & Lopez, K. (2006). *A primer of geographic databases based on chorems*. OTM Confederated International Conferences, Springer, Berlin, Heidelberg, 1693-1702. [https://doi.org/10.1007/11915072\\_75](https://doi.org/10.1007/11915072_75)
- Lempert, R. J., Popper, S. W., & Bankes, S.C. (2003). *Shaping the Next One Hundred Years: New Methods for Quantitative, Long-term Policy Analysis*, RAND Corporation, Santa Monica. [http://www.rand.org/pubs/monograph\\_reports/MR1626.html](http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1626.html)
- Little, P. E. (2007). Political ecology as ethnography: a theoretical and methodological guide. *Horizontes*

- Antropológicos*, 3. [http://socialsciences.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-71832007000100012](http://socialsciences.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-71832007000100012)
- McPhearson, T., Pickett, S. T., Grimm, N. B., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T., ... & Qureshi, S. (2016). Advancing Urban Ecology toward a Science of Cities, *BioScience*, 66(3), 198-212. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw002>
- McKenzie, E., Rosenthal, A., Bernhardt, J., Girvetz, E., Kovacs, K., Olwero, N., & Toft, J. (2012). *Developing scenarios to assess ecosystem service tradeoffs: Guidance and case studies for InVEST users*, World Wildlife Fund, Washington, DC. [https://c402277.ssl.cf1.rackcdn.com/publications/344/files/original/InVEST\\_Guide\\_high\\_resolution\\_FINAL.pdf?1345734126](https://c402277.ssl.cf1.rackcdn.com/publications/344/files/original/InVEST_Guide_high_resolution_FINAL.pdf?1345734126).
- MEA - Millennium Ecosystem Assessment (2003). *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*, Island Press. <https://www.unenvironment.org/resources/report/ecosystem-and-human-well-being-framework-assessment>
- Metzger, J. P. (2001). O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*, 1(1-2), 1-9. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>
- Neugarten, R. A., Honzák, M., Carret, P., Koenig, K., Andriamaro, L., Cano, C. A., Grantham, H. S., Hole, D., Juhn, D., McKinnon, M., & Rasolohery, A. (2016). Rapid assessment of ecosystem service co-benefits of biodiversity priority areas in Madagascar, *PLoS one*, 11(12), p.e0168575. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168575>
- OCHA (2013). *Disaster response in Asia and the Pacific: A guide to international tools and services*, United Nations, Bangkok. [https://www.unocha.org/sites/unocha/files/ROAP\\_DisasterGuide.pdf](https://www.unocha.org/sites/unocha/files/ROAP_DisasterGuide.pdf)
- OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development (1994). *Environmental Indicators*, Paris.
- Oestereich, J. (2000). Land and property rights: some remarks on basic concepts and general perspectives. *Habitat International*, 24(2), 221-230. [https://doi.org/10.1016/S0197-3975\(99\)00040-5](https://doi.org/10.1016/S0197-3975(99)00040-5)
- Paetzold, A., Warren, P. H., & Maltby, L. (2010). A framework for assessing ecological quality based on ecosystem services, *Ecological Complexity*, 7(3), 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.11.003>
- Palmer, M. (2002). Propagation of Uncertainty through Mathematical Operations. *Fluid Mechanics, Experimental Techniques*, MIT, Massachusetts. [http://web.mit.edu/fluids-modules/www/exper\\_techniques/2.Propagation\\_of\\_Uncertaint.pdf](http://web.mit.edu/fluids-modules/www/exper_techniques/2.Propagation_of_Uncertaint.pdf)
- Parsons, M., Thoms, M., & Norris, R. (2002). *Australian river assessment system: AusRivAS physical assessment protocol*, Commonwealth of Australia and University of Canberra, Canberra. <https://ausrivas.ewater.org.au/protocol/download/protocol-1.pdf>
- Saaty, T. L. (1981) *Decision Making for leaders: The analytical hierarchy process for decisions in a complex world*, Lifetime Learning Publications.
- Silva, J. S. V., & Santos, R. F. (2011). *Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari*, Embrapa, Campinas. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/69899/1/Livro-JVila-InfotecaOut2012.pdf>
- Sieber, J., & Purkey, D. (2015). *Water evaluation and planning system (WEAP): User guide*, Stockholm Environment Institute, Boston. [https://www.weap21.org/downloads/WEAP\\_User\\_Guide.pdf](https://www.weap21.org/downloads/WEAP_User_Guide.pdf)
- Toman, M. (1998). Why not to calculate the value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological economics*, 25(1), 57-60.
- Vasconcelos, V. V., Martins Junior, P. P., & Hadad, R. M. (2013). Methodology for rapid assessment of aquifer recharge areas. *Geologia USP*, 13(2), 69-96. <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2013000200005>
- Vasconcelos, V. V. (2014). *Recarga de Aquíferos. Subsídios à Gestão Hídrica e Ambiental – Bacia do Rio Paracatu SF7*, PhD Thesis, UFOP, Ouro Preto. Série D, Vol. 30, No. 55. <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/3590>
- Verutes, G. M., & Rosenthal, A. (2014). Using simulation games to teach ecosystem service synergies and trade-offs. *Environmental Practice*, 16(3), 194-204. <http://dx.doi.org/10.1017/S1466046614000222>

WRI – World Resources Institute (2016). *Participatory Scenario Development*, UNDP, UNEP.  
<http://www.gcfreadinessprogramme.org/sites/default/files/Participatory%20Scenario%20Development%20Tool%20and%20Guidance.pdf>