



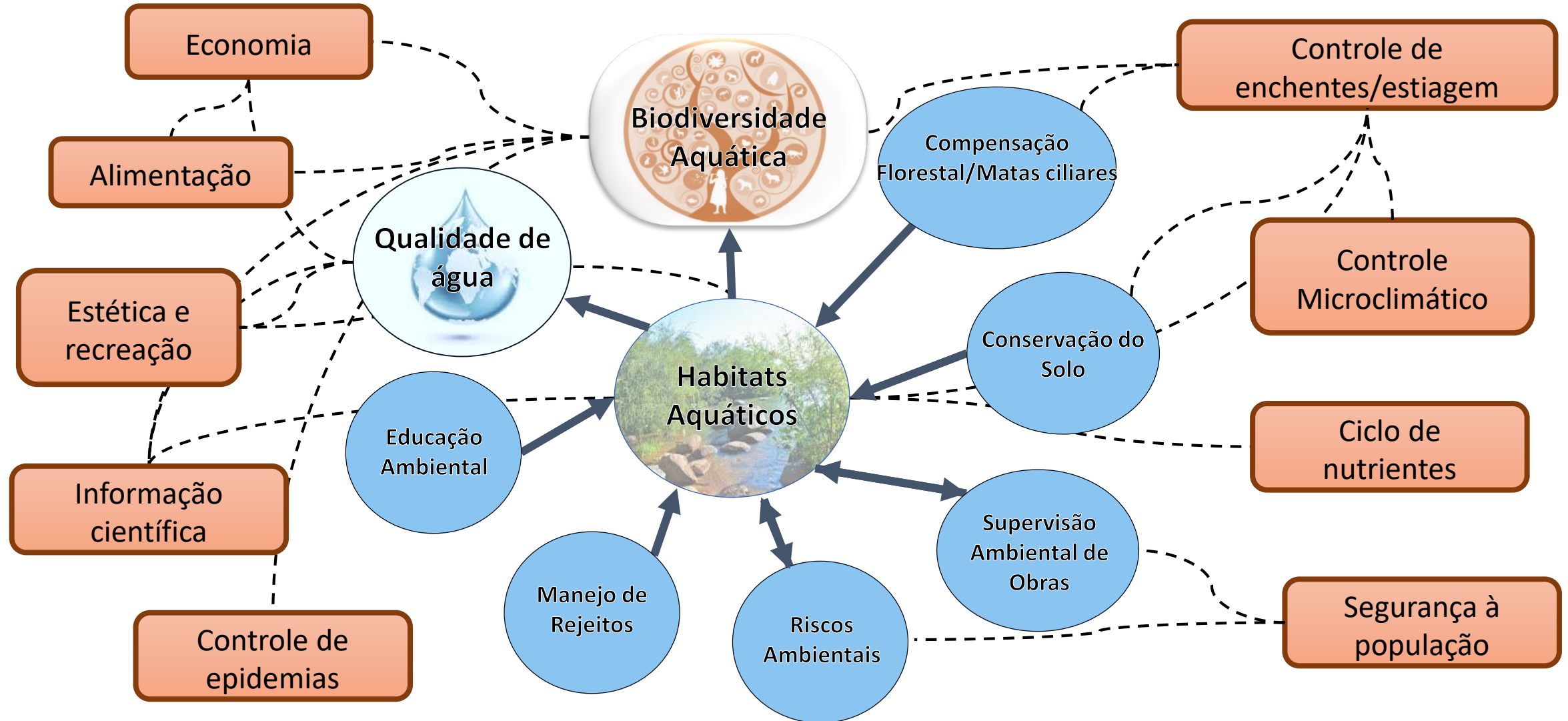
Impactos Humanos em Recursos Hídricos

Pós –Graduação em Geografia – DGEO

Prof. Ricardo Motta Pinto-Coelho

Aula 4 – Avaliação de Impactos Ambientais

Funções dos habitats aquáticos



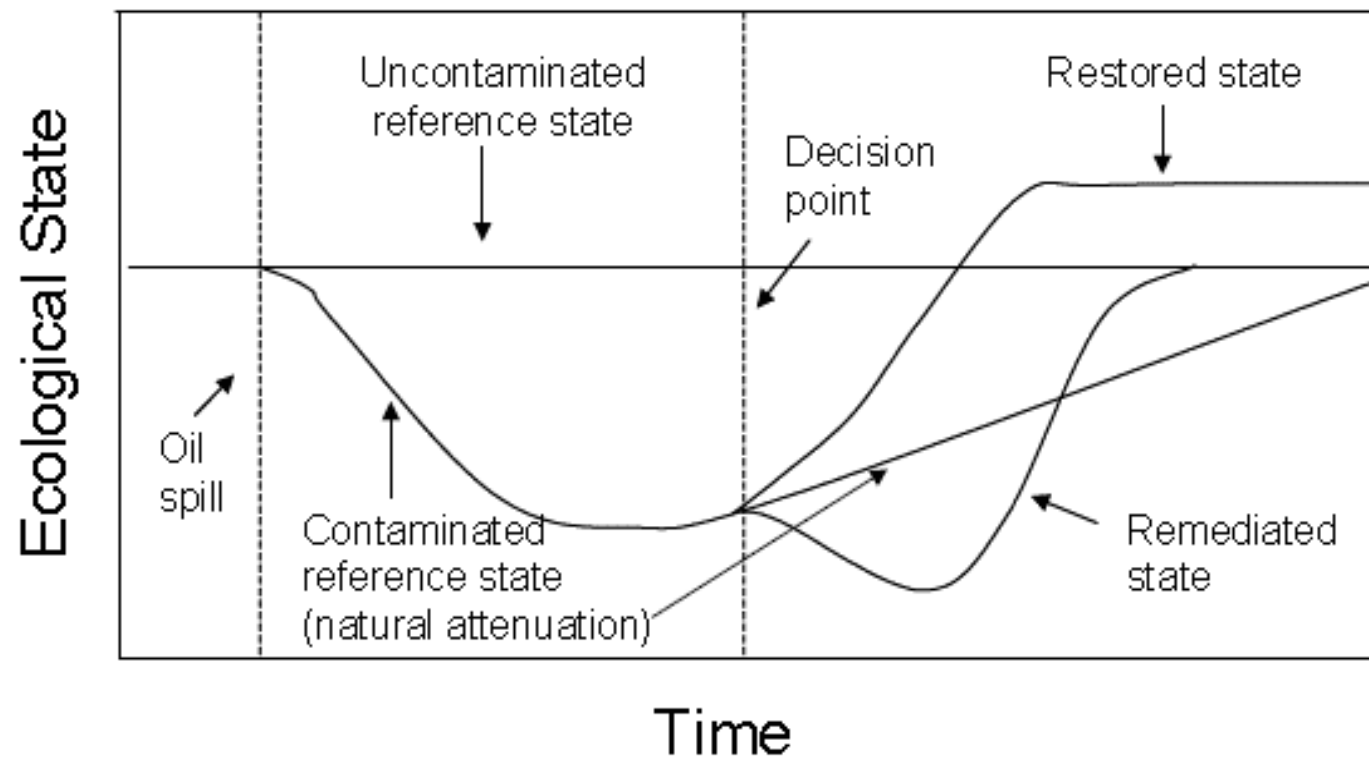
NEBA – Net Environmental Benefit Analysis

A Análise Líquida de Benefícios

Ambientais (NEBA) é uma metodologia que compara os benefícios ambientais líquidos entre diferentes opções alternativas de gestão.

É uma análise aplicada a ambientes geralmente contaminados ou impactados pelo homem.

Os benefícios ambientais líquidos são os ganhos em serviços ambientais ou propriedades ecológicas alcançadas pela remediação ou restauração ecológica, menos os efeitos adversos causados por por essas ações.



Trajetória da recuperação de um dado serviço ou propriedade ecológica com o tempo, após um distúrbio (ex: derramamento de petróleo). As condições que seriam esperadas na ausência do distúrbio. Trajetória esperada do estado remediado (igual ao que era antes) e do estado restaurado (melhor do que era antes).

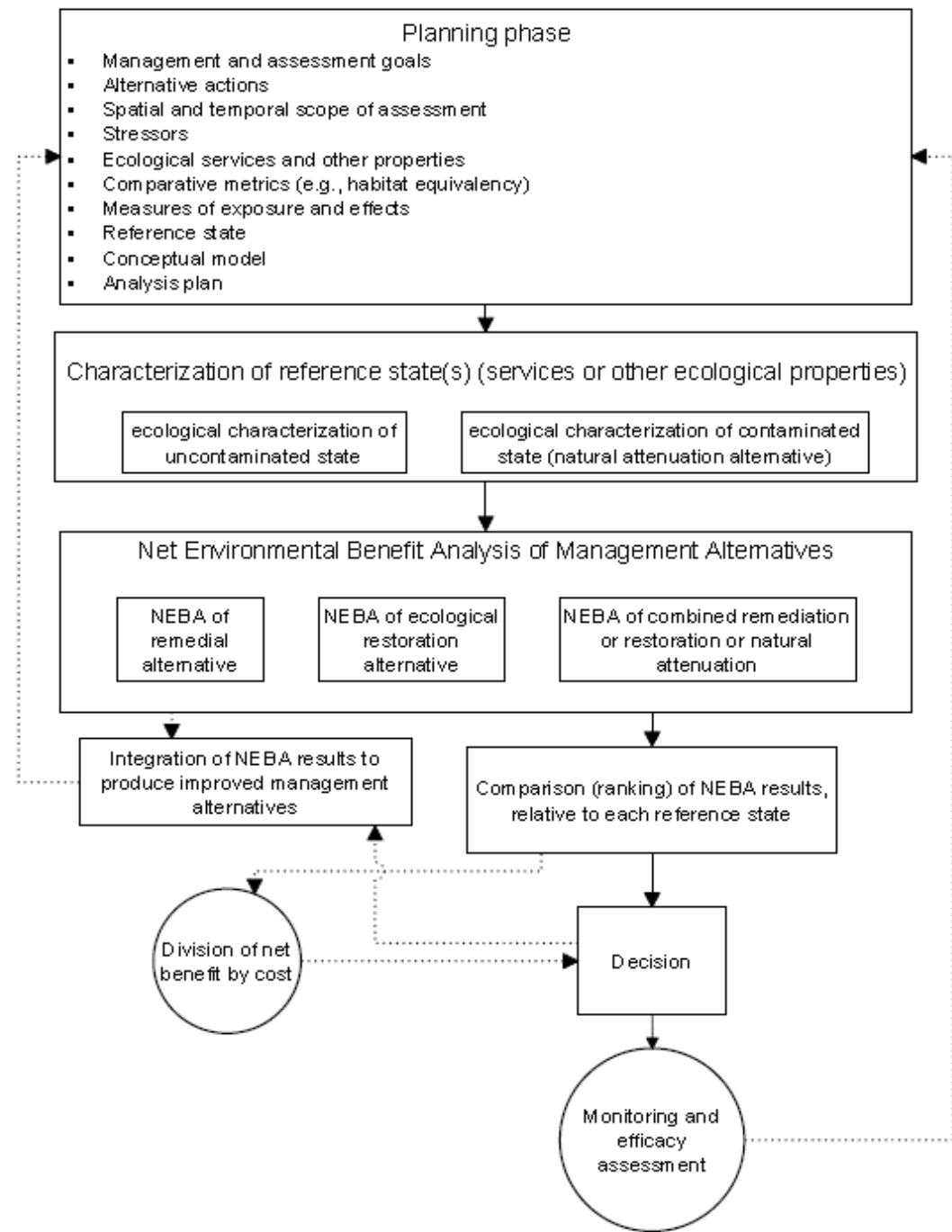
Estrutura NEBA

A estrutura inclui um plano defase, caracterização do estado de referência, NEBA de alternativas, comparação dos resultados da NEBA e possível caracterização de alternativas adicionais. Apenas os aspectos ecológicos das alternativas estão presentes.

A figura descreve a incorporação de considerações de custo, a decisão, o monitoramento e avaliação da eficácia da alternativa preferida, embora estes processos sejam externos à NEBA.

A fase de planejamento de uma NEBA inclui:

- definição das metas de avaliação; seleção de um conjunto limitado e viável de ações alternativas;
- definição das escalas temporal e espacial; identificação e avaliação de estressores de contaminantes e remediação;
- seleção de serviços e outras propriedades ecológicas de interesse; seleção das métricas e as respectivas metodologias de seu acesso para que seja feita a comparação de alternativas;
- seleção de um estado de referência;
- estabelecimento de uma ligação entre os estressores e os serviços (modelo conceitual);
- desenvolvimento de um plano de análise.



Alternativas da NEBA

A análise NEBA prevê as seguintes ações alternativas:

- atenuação,
- remediação tradicional,
- restauração ecológica direta, e
- uma combinação dessas alternativas.

A **atenuação** natural é a remediação através de processos naturais de diluição e degradação, sem adição de químicos ou de processos físicos. Esta alternativa baseia-se no cenário de "linha de base" e requer uma rigorosa mensuração dos riscos envolvidos.

A **remediação** consiste em aplicar várias técnicas tais como a escavação, a incineração, a queima, a reabilitação química, a biorremediação microbiana e a fitorremediação podem ser aqui. A idéia é buscar uma redução dos riscos, eliminando a contaminação ou reduzindo ativamente essa contaminação no meio ambiente. É muito importante acessar os perigos potenciais das intervenções de reparação.

A **restauração** ecológica é a restauração direta de certas entidades ecológicas (serviços ou outras propriedades) de populações, comunidades ou ecossistemas ou os seus habitats (zonas húmidas específicas, pradarias ou campos, florestas ou leitos de rios).

A NEBA NO TEMPO

O tipo de resultado que pode ser esperado de uma NEBA para cada serviço ou propriedade é apresentada na figura.

Neste exemplo hipotético, o estado de serviços ecológicos ou de outras propriedades é rapidamente degradado.

De toda forma, há uma melhora com o tempo (atenuação, remediação ou restauração). Essa melhora irá depender das alternativas ações de remediação adotadas.

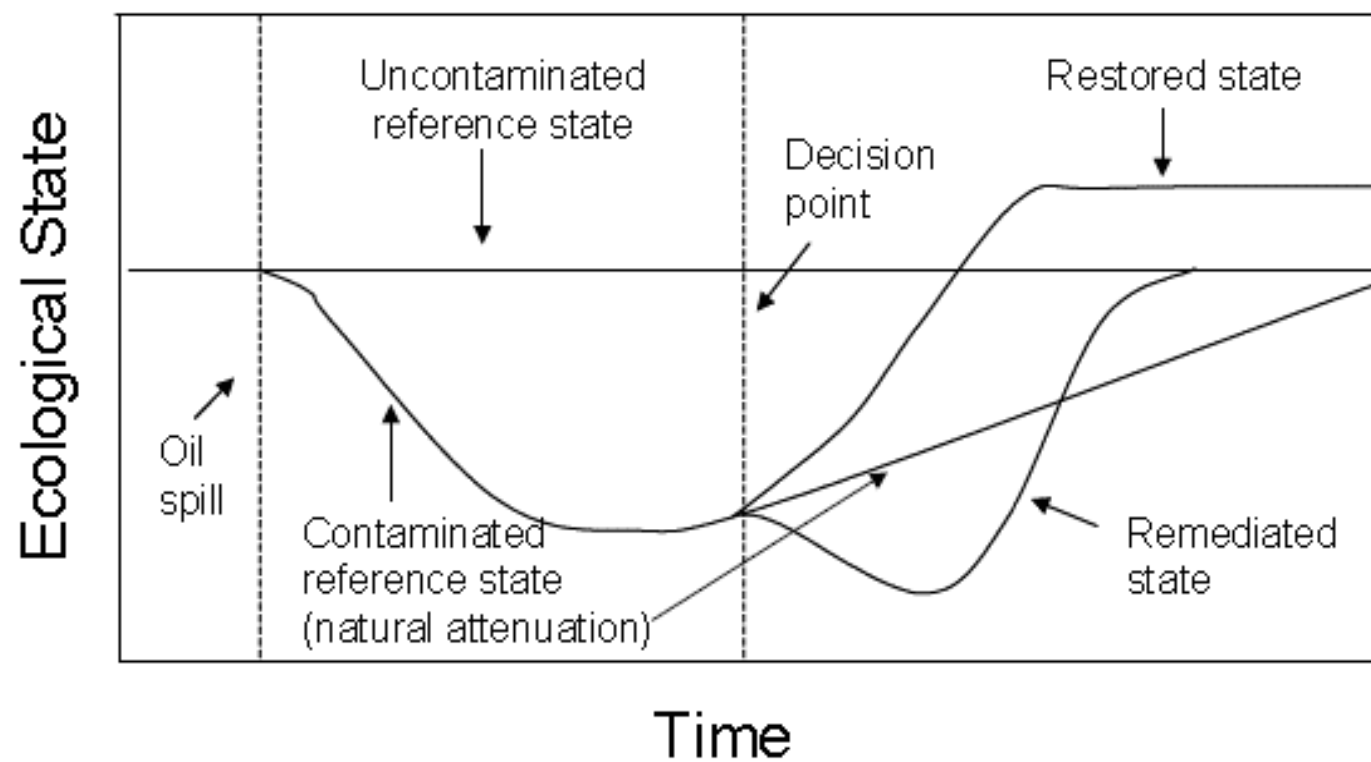


Fig. 2 – Trajetória da recuperação de um dado serviço ou propriedade ecológica com o tempo, após um distúrbio (ex: derramamento de petróleo). As condições que seriam esperadas na ausência do distúrbio. Trajetória esperada do estado remediado (igual ao que era antes) e do estado restaurado (melhor do que era antes).

NEBA: alternativas de gestão ambiental

Uma NEBA para locais contaminados (ex: quimicamente) envolve as seguintes alternativas de gestão:

- (1) deixar a contaminação no local;
- (2) Remover os contaminantes através da remediação tradicional;
- (3) melhoria do valor ecológico, através de restauração “in situ” ou “ex situ” que não envolve a remoção de contaminantes;
- (4) a combinação dessas alternativas.

Por que usar a NEBA?

A análise NEBA tem o potencial de ajudar os gestores de terras a evitarem que a restauração ecológica deixe de proporcionar um benefício ambiental líquido.

A NEBA pode evitar as duas principais causas de fracasso em programas de recuperação ecológica:

- (1) a ação de restauração ou restauração ecológica é ineficaz e não altera substancialmente o risco;
- (2) a alternativa de remediação causa impactos ambientais maiores do que os danos associados à contaminação.

A segunda causa de fracasso ocorre porque:

- a) A necessidade de remediação foi motivada pelo risco para a saúde humana, não pelo risco ecológico;
- b) As respostas do ambiente ao impacto causadas pela contaminação foram mal estimadas devido, por exemplo, a pressupostos conservadores;
- c) As lesões associadas à remediação não foram adequadamente tratadas.

Aplicações da NEBA

Áreas rochosas

Brejos

Aquíferos

Estuários

Mangues

Navios

Mangues

Corais

Table 1. Examples of NEBA

Example	Reference
Net environmental benefit (NEB) of excavation and rock washing treatment technology versus natural attenuation and approved treatments, Exxon Valdez oil spill	NOAA 1990
Quantification of wetland mitigation from petroleum pipeline construction	Nicolette et al. 2001
NEB of natural attenuation versus pump and treat technology versus air sparge/vapor extraction of volatile organic compounds in groundwater	J. Nicolette, CH2M Hill, confidential source
NEB of dredging versus not dredging an estuary, with quantification of restoration needed to offset uncertainty in risk assessment	Rubin et al. 2001
NEB of seagrass and mangrove restoration, following undisclosed disturbance at John's Island, Palm Beach County, Florida	S. Friant, Entrix, personal communication, May 23, 2002
NEB of the use of dispersant following the grounding of the <i>Sea Empress</i> in Great Britain	Lunel et al. 1997
Quantification of compensatory restoration of salt marsh vegetation on dredge material placed on a barrier island, given impacts from oil spill in Lake Barre, Louisiana	Penn and Tornasi 2002
Quantification of replacement habitat to compensate for coral reef injuries from vessel groundings	Milon and Dodge 2001

RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

A recuperação ecológica é um determinante fundamental do benefício ambiental líquido, mas é difícil de quantificar. A recuperação refere-se tipicamente à colonização, crescimento ou sucessão de uma unidade ecológica, após a remoção efetiva da pressão direta de um estressor.

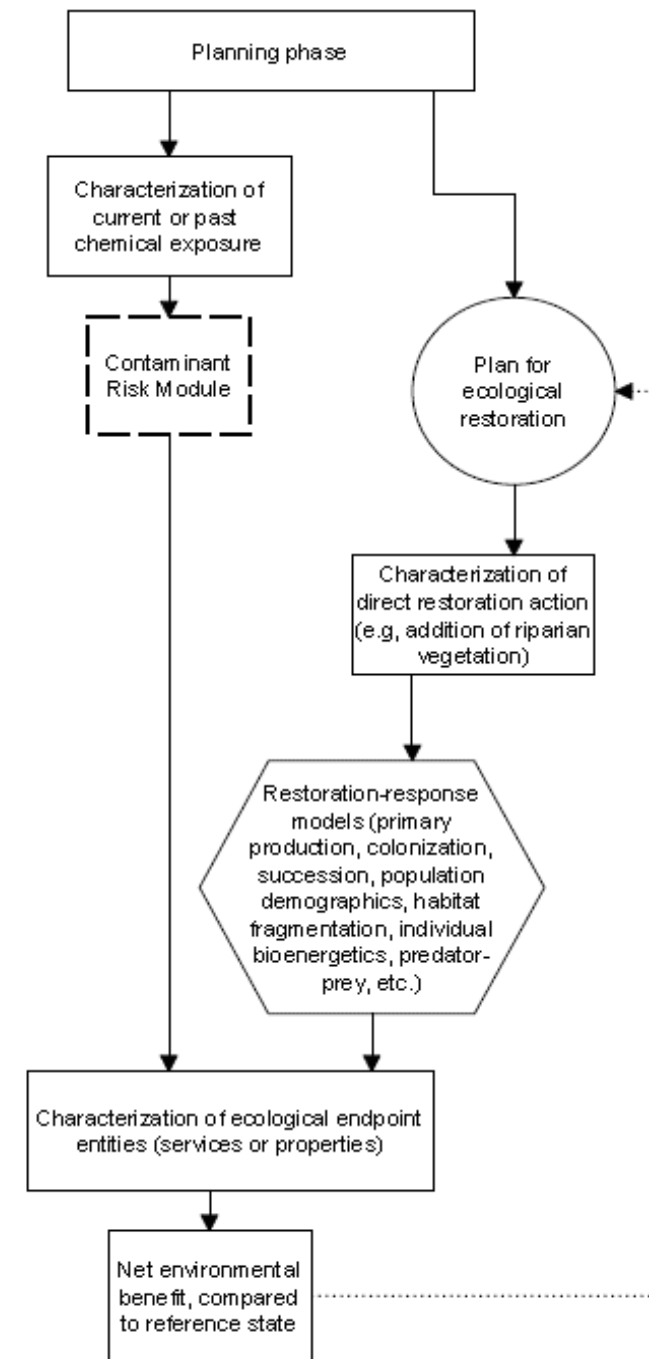
As estimativas de serviços ecológicos recuperados ou outras propriedades ecológicas requerem:

- (1) uma função que descreva o processo e
- (2) determinação do tempo aproximado para a recuperação.

A trajetória de recuperação é freqüentemente assumida como linear (NOAA 1995). Na realidade, a dinâmica de recuperação pode ser complexa, por exemplo, abrangendo a recuperação de processos, tais como compactação do solo, colonização e sucessão de vegetação.

A recuperação das propriedades da vegetação de arbustos, como composição e percentagem de cobertura do solo, ocorreria com a dinâmica temporal sigmoidal.

A dinâmica temporal de recuperação pode ser estimada através do monitoramento durante o período de avaliação, lembrando que dois pontos na curva nunca são suficientes para estabelecer a forma da curva.



DESAFIOS DAS AVALIAÇÕES COMPARATIVAS (NEBA)

Em **Primeiro** lugar , comparações de propriedades ecológicas sob atenuação, remediação e as alternativas de restauração requerem suposições que geralmente são difíceis de se validar. Considerando o risco envolvido, essas estimativas são em geral conservadoras da exposição e o prejuízo gerado independentemente da análise NEBA pode ser elevado (portanto, uma fase muito detalhada de planejamento para NEBA é sugerida).

Em **segundo** lugar, os avaliadores podem ser limitados pela incerteza dos modelos empíricos em que se baseiam.

Em **terceiro** lugar, a avaliação do risco ecológico de uma dada ação raramente resulta em um único valor para a magnitude do dano. É difícil comparar os benefícios líquidos entre alternativas (por exemplo, quanto deve aumentar a produtividade em um cenário de restauração para que essa alternativa seja recomendada).

Em **quarto** lugar, a incerteza tem um papel na avaliação ecológica comparativa. Em quinto lugar, comparar os efeitos presentes em um cenário com os efeitos futuros em outro, é muito difícil.

BIBLIOGRAFIA

Efroymsen, R.A., J.P. Nicolette & G.W. Suter II. 2003. A framework for Net Environmental Benefit Analysis for remediation or restoration of petroleum-contaminated sites. ORNL/TM-17, Environmental Div. National Technical Information Service, Springfield, VA, 22161, USA. 37 pgs.

HEA – Habitat Equivalent Analysis

A HEA é um método para determinar a magnitude ou a "escala" de ações de restauração compensatórias necessárias para compensar o público pelas perdas ocorridas.

A figura ilustra o fundamento conceitual de uma HEA, usando um exemplo de zonas húmidas. Na figura, um derramamento de óleo ocorrido no ano T reduz os serviços fornecidos pelo habitat impactado de zonas húmidas.

Os serviços de zonas húmidas permanecem no nível reduzido até ao ano Z, que seria quando os serviços ambientais começam a se recuperar.

O ecossistema retorna ao nível de base no ano X. A área A representa a perda ambiental ocorrida em virtude do distúrbio.

A figura ilustra a opção de alcançar o objetivo da HEA através de ações que visam alterar e melhorar alguns habitats não lesados perto daqueles que foram perturbados.

A literatura revisada por pares contém muito pouco material sobre a HEA. A base conceitual da HEA foi apresentada em dois artigos no início de 1994: Unsworth e Bishop (1994) e Mazzotta et al. (1994). Fonseca et al. (2000) e Penn e Tomasi (2002) são os únicos artigos onde a análise HEA foi publicada em revistas científicas referenciadas. Essas aplicações envolvem impactos em bancos de macrófitas marinhas causadas por pessoas que realizam caça a tesouros submersos e impactos em áreas úmidas causados por derramamento de óleo, respectivamente.

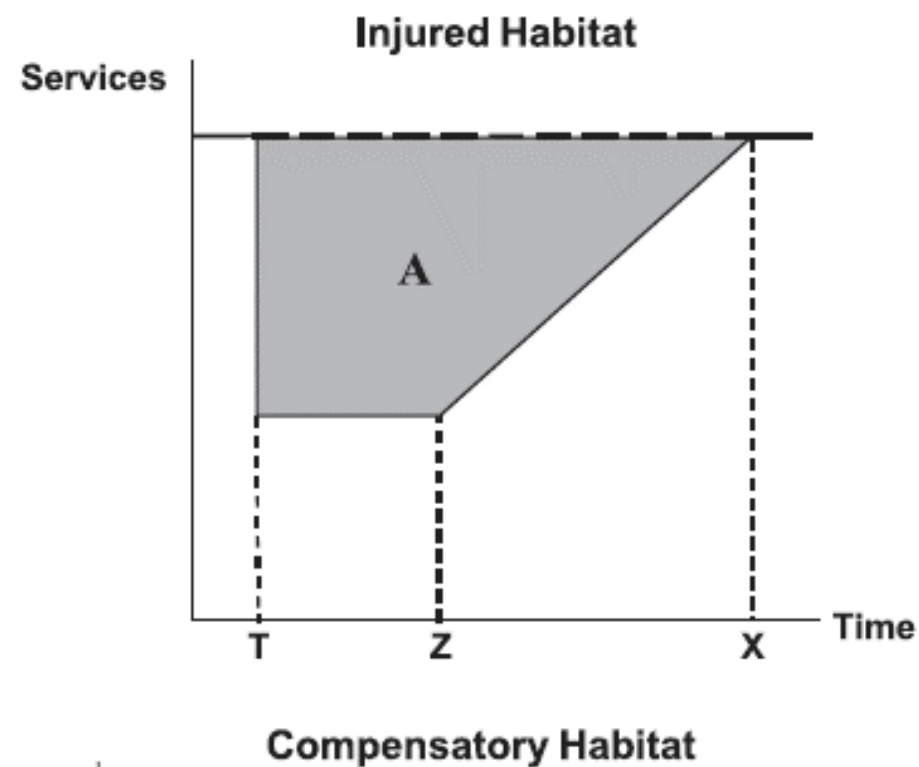


Fig. 1- Perdas de serviços ecológicos (area do polígono A) são equalizadas através de medidas compensatórias (áreas D-B).

A figura ao lado mostra que os serviços (S_D) providos por algum habitat anexo (habitar não úmido, ou seja habitat terrestre) situado nas proximidades do habitat afetado pelo distúrbio (habitat úmido).

No ano H, o habitat das terras secas é transformado em habitat das zonas húmidas. Os serviços do habitat das terras secas são perdidas começando no ano H e continuando até o ano L.

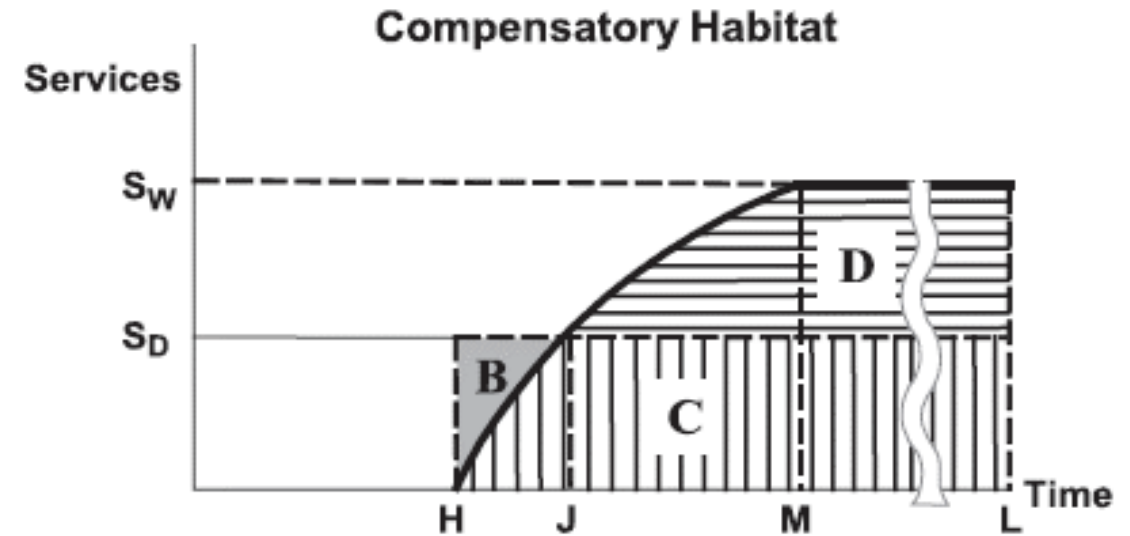
No entanto, o habitat de zonas húmidas recém-construído irá começar a fornecer alguns serviços de zonas húmidas no ano H, e, aos poucos, irá atingir o seu nível máximo de serviços (S_W) no ano M.

A partir do ano M até o ano L, o novo pântano construído continua proporcionando o nível de serviços, S_W .

A **perda agregada**, não descontada de serviços do habitat das zonas secas é representado pela área B mais a área C que é a soma do S_D de serviços do ano H ao ano L.

O **ganho agregado**, ou seja, os ganhos não descontados nos serviços da nova construção das zonas húmidas referem-se à área C mais a área D, que refere-se aos serviços de zonas húmidas do ano H para o ano L.

O objetivo da abordagem HEA é iniciar a recuperação compensatória de ações em número suficiente de hectares de habitat para alcançar a seguinte igualdade após os descontos:



A intenção de toda restauração compensatória é proporcionar ganhos em recursos naturais ao longo do tempo iguais ao serviço de recursos naturais perdidos decorrentes de um impacto até que os serviços retornem aos níveis basais (ou seja, o nível em que os serviços ecológicos estavam antes da lesão ou distúrbio).

Serviços Ecossistêmicos

```
graph LR; A[Serviços Ecossistêmicos] --- B[Serviços de Provisão  
(serviços de abastecimento)]; A --- C[Serviços de Regulação]; A --- D[Serviços Culturais]; A --- E[Serviços de Suporte]; B --- B1[Alimentos, água, madeira para combustível, fibras,  
bioquímicos, recursos genéticos]; C --- C1[Regulação climática, regulação de doenças, regulação  
biológica, regulação e purificação de água, regulação de  
danos naturais, polinização]; D --- D1[Ecoturismo e recreação, espiritual e religioso, estético e  
inspiração educacional, senso de localização, herança  
cultural]; E --- E1[Formação do solo, produção de oxigênio, ciclagem de  
nutrientes, produção primária];
```

Serviços de Provisão (serviços de abastecimento)

Alimentos, água, madeira para combustível, fibras,
bioquímicos, recursos genéticos

Serviços de Regulação

Regulação climática, regulação de doenças, regulação
biológica, regulação e purificação de água, regulação de
danos naturais, polinização

Serviços Culturais

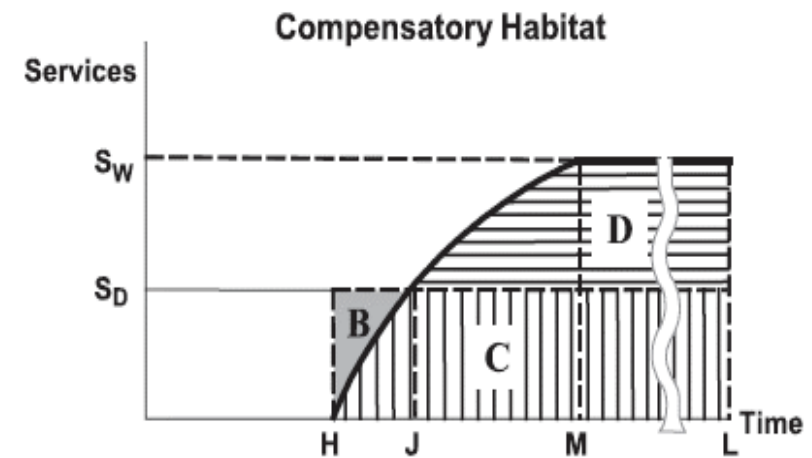
Ecoturismo e recreação, espiritual e religioso, estético e
inspiração educacional, senso de localização, herança
cultural

Serviços de Suporte

Formação do solo, produção de oxigênio, ciclagem de
nutrientes, produção primária

O objetivo da abordagem HEA é iniciar a **recuperação compensatória** (criação de novo habitat) de ações em número suficiente de hectares de habitat para alcançar a seguinte igualdade após os descontos:

$$A = (C + D) - (B + C) = D - B$$



A área A representa as perdas de serviço decorrentes do distúrbio e o resultado D-B representa será equalizada pelo ganho de serviços de restauração presentes nas ações compensatórias.

No artigo de Dunford, Gonn & Desvousges. 2004, é apresentada a estrutura matemática formal da HEA. Não é uma leitura complicada e pode-se acompanhar com relativa facilidade a formatação do modelo HEA em termos matemáticos. Por ora, apresentamos a equação principal do modelo que apresenta os principais parâmetros de entrada e o que se pretende com a análise HEA.

$$Q_R = \frac{Q_I \left[\sum_{t=T}^X (1 - \sigma'_t) \rho_t \right]}{\sum_{t=H}^L (\varphi'_t - \delta') \rho_t}$$

Onde:

QR = área (em ha) do novo habitat criado para compensar os impactos no habitat original

QI = área (em há) do habitat afetado pelo distúrbio

H = ano da criação do novo habitat criado para compensar a perda do habitat original

L: último ano da criação do novo habitat

X: ano em que a área afetada retorna a linha de base

T: ano em que ocorreu o distúrbio

$\rho, \sigma, \beta, \varepsilon, \varphi, \delta$ = parâmetros que refletem mudanças nos habitats

A tabela, a seguir, lista
os inputs do modelo
HEA

HEA input parameters

Service loss parameters for injured habitat

Number of injured acres (Q_t)

Year of injury (T)

Level of services in injury year (relative to baseline services) (σ_T')

Year recovery starts (Z)

Year services reach maximum recovery level (X)

Services at maximum recovery (relative to baseline services) (σ_X')

Shape of recovery function (σ_t' for t between Z and X)

Service gain parameters for compensatory restoration project

Year project starts (H)

Year net service gains start (J)

Initial level of net services (relative to baseline at injured habitat)
($\varphi_J' - \delta'$)

Year when maximum service level reached (M)

Maximum service level (relative to baseline at injured habitat)
(φ_M')

Shape of maturity function (φ_t' for t between J and M)

Year service gains end (L)

Discount Rate (d)

BIBLIOGRAFIA

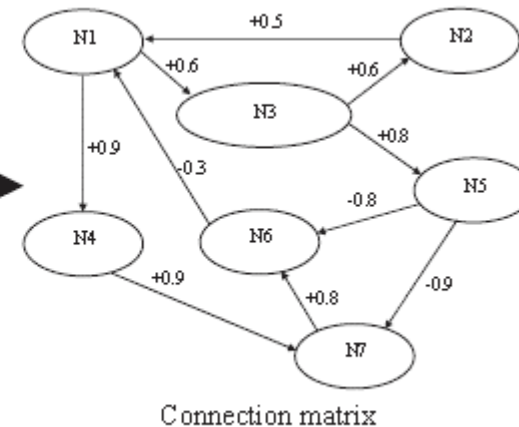
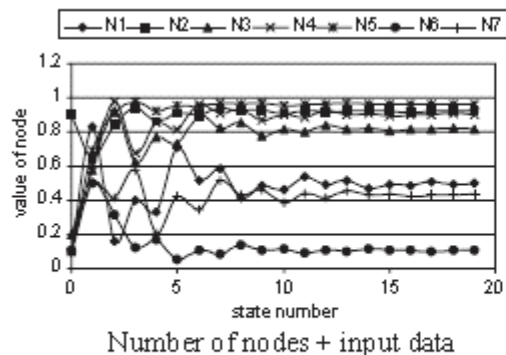
Dunford, R., T.C. Ginn & W.H. Desvousges. 2004. The use of habitat equivalent analysis in natural resource damage assessments. *Ecological Economics*, 48: 49-70.

Fuzzy Mapping

Fuzzy Mapping

Os mapas cognitivos difusos (FCMs) são uma ferramenta muito conveniente, simples e poderosa para simulação e análise de sistemas dinâmicos. Eles foram originalmente desenvolvidos em 1980 por Kosko, e desde então aplicados com sucesso a numerosos domínios como engenharia, medicina, controle e assuntos políticos. Sua popularidade decorre da simplicidade e transparência do modelo.

Os mapas genéricos foram significativamente reforçados por Kosko, que introduziu FCMs. O mais significativo nessa melhoria está na maneira de refletir as relações causais. Em vez de usar somente o sinal, cada associado possui um número (peso) que determina o grau de relação causal considerada. Isto por sua vez, permite a implementação de conhecimento sobre a força da relação, que agora pode ser descrita por um termo fuzzy, como fraco, médio, forte ou muito forte. Em outras palavras, um peso do bordo dirigido do nó A para o nó B quantifica o quanto o conceito A causa em B. A força da relação entre os dois nós (isto é, o valor do peso) é normalmente normalizada para o intervalo $[-1, 1]$. O valor de -1 representa uma relação perfeitamente negativa, $+1$ uma relação copletamente positiva. O número zero significa nenhum efeito causal.



O modelo FCM foi aplicado em muitas áreas diferentes para expressar o comportamento dinâmico de um conjunto de conceitos propostos.U

Um resumo da literatura relatado em modelos de literatura e suas características básicas são apresentados na Tabela 1.

Example applications of FCMs

Reference	Application area	# Nodes	Density (%)	Weight precision
[23]	Public health issues	7	24	0.1
[42]	Heat exchanger model	5	50	0.025
[42]	Supervisor model for heat exchanger performance	5	75	0.001
[40]	Plant supervisor model	9	25	0.01
[20,21]	Industrial control	5	60	0.1
[25]	Crime and punishment model	7	36	1
[25]	EMU taxes and transfers model	6	27	1
[17]	Virtual squad of soldiers	10	34	0.01
[25]	EMU and the risk of war model	8	30	0.5
[1,3]	Simple model of a country	5	35	0.2
[45]	E-business company	7	40	0.1
[5]	Strategy formation model	6	33	0.01
[36]	Evidence of multiple suspicious events	6	20	0.2
[43]	Process control model	5	40	0.01
[41]	System for direct control of a process	8	23	0.01

As características incluem o número de nós no modelo relatado, densidade que expressa a relação de pesos não-zero ao número total de pesos. A precisão refere-se ao valor mínimo que dois pesos podem assumir. Quanto menor a precisão, mais precisamente um dado sistema pode ser descrito por meio do modelo FCM. Por outro lado, baixos valores de precisão tornam o processo de estimar os pesos mais difíceis e subjetivos.

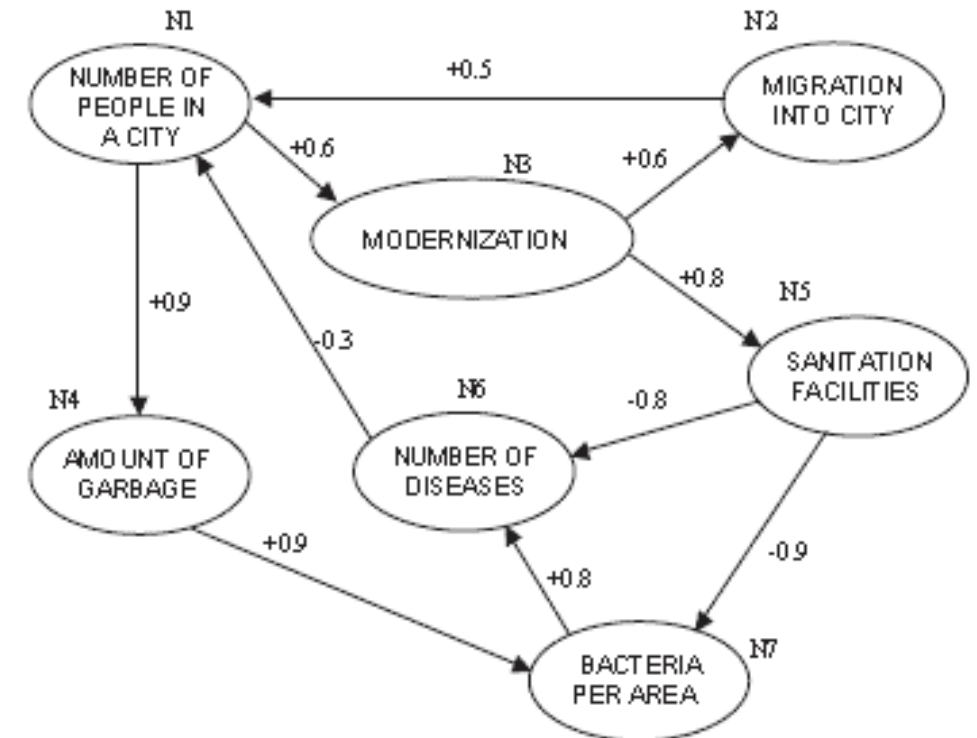
Conforme ilustrado na Tabela 1, torna-se bastante evidente que as FCMs são geralmente relativamente pequenas e tipicamente Consistem de 5-10 nós. O tamanho pequeno é o resultado do desenvolvimento manual de tais mapas onde normalmente de confia no conhecimento especializado.

Observamos que as relações mútuas entre um grande número de conceitos são difíceis de compreender, analisar e descrever, o que resulta em dificuldades substanciais na construção dos mapas correspondentes.

Como resultado, um modelo FCM é totalmente descrito por conjunto de nós (conceitos) e arestas (relações causa-efeito), representadas por pesos, entre elas. Para além da representação gráfica, para fins computacionais, o modelo pode ser definido por uma matriz quadrada, chamada matriz de conexão, que armazena todos os valores de peso para arestas entre conceitos representados por linhas e colunas.

O sistema com n nós pode ser representado por $n \times n$ conexões na matriz. Um exemplo de modelo FCM e sua matriz de conexão são mostrados na Fig. 1.

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
N1	0	0	0.6	0.9	0	0	0
N2	0.5	0	0	0	0	0	0
N3	0	0.6	0	0	0.8	0	0
N4	0	0	0	0	0	0	0.9
N5	0	0	0	0	0	-0.8	-0.9
N6	-0.3	0	0	0	0	0	0
N7	0	0	0	0	0	0.8	0



A equação abaixo (Eq. - 1) descreve um modelo funcional de FCM, que é utilizado para realizar simulações da dinâmica do sistema. A simulação consiste em computar o estado do sistema, que é descrito por um vetor de estado, sobre um número de sucessivas interações. O vetor de estado especifica os valores atuais de todos os conceitos (nós) em uma dada interação. O valor de um dado nó é calculado a partir dos valores da interação anteriores dos nós, que influenciam no nó dado através da relação causa-efeito.

$$\forall i \in \{1, \dots, n\}, \quad C_i(t+1) = f \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n e_{ji} C_j(t) \right).$$

Uma função de transformação é usada para confinar (grampear) a soma ponderada a um determinado intervalo, que é normalmente definido para $[0, 1]$. A normalização dificulta a análise quantitativa, mas permite comparações entre nós, que podem ser definidos como ativos (valor de 1), inativo (valor de 0) ou ativo em um certo grau (Valor entre 0 e 1). Três funções de transformação mais utilizadas são mostradas abaixo:

- bivalent

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0, \\ 1, & x > 0, \end{cases}$$

- trivalent

$$f(x) = \begin{cases} -1, & x \leq -0.5, \\ 0, & -0.5 < x < 0.5, \\ 1, & x \geq 0.5, \end{cases}$$

- logistic

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-Cx}},$$

Aplicando a função de transformação de saída discreta (por exemplo, função bivalente ou trivalente), a simulação aponta para um valor de vetor de estado fixo, que é chamado de padrão oculto ou atrator de ponto fixo, ou mantém o ciclo compreendido entre um número de valores de vetor de estado, que é conhecido como um ciclo limite. Usando uma saída contínua (Por exemplo, função logística), o atrator de ponto fixo e o ciclo limite, bem como o atrator caótico pode aparecer. O atrator caótico é quando a FCM continua a produzir diferentes valores de vetor de estado para ciclos sucessivos.

A FIG. 2 mostra um exemplo de uma simulação de atrator de ponto fixo. Em resumo, a simulação de um FCM resulta em uma seqüência de vetores de estado, que especificam o estado do modelado nas sucessivas interações. Os resultados da simulação permitem a observação de cada conceito valor, que representa o grau de sua existência, ao longo do tempo.

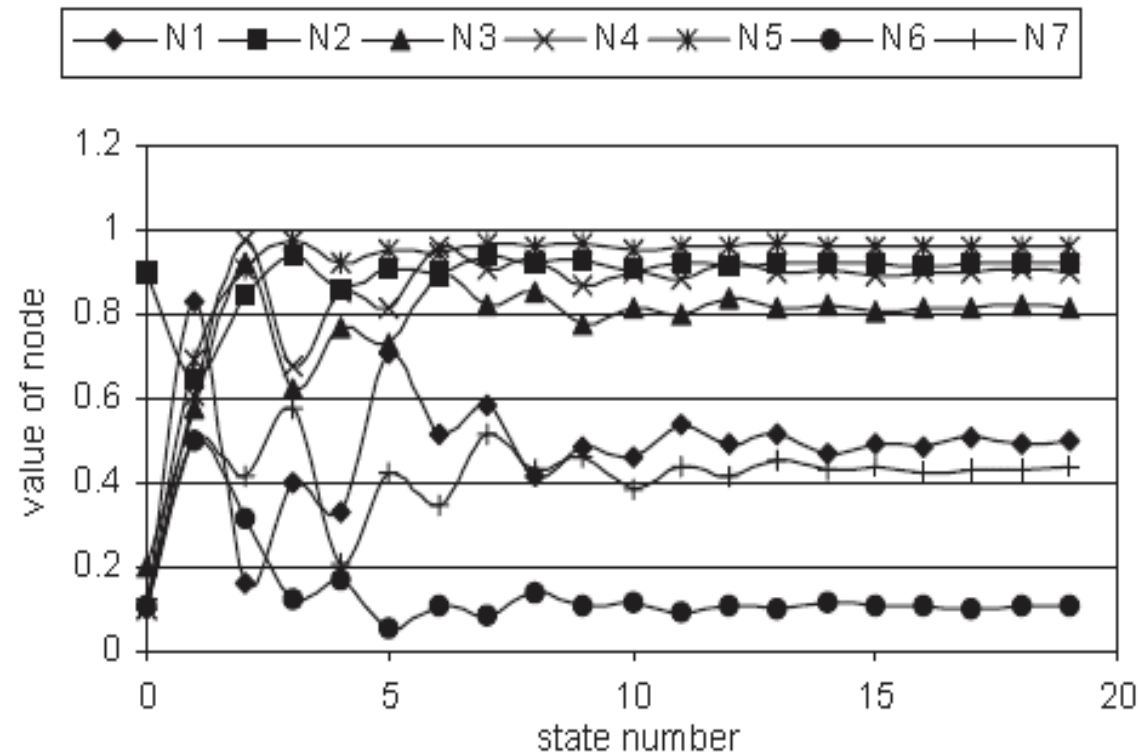


Fig. 2 – Exemplo de dados de entrada do modelo.

O Fuzzy Mapping foi possível com o desenvolvimento de métodos computacionais para a aprendizagem da matriz de conexão funcional, ou seja, de relacionamentos casuais (arestas) e sua força (pesos) com base em dados históricos. Deste modo, o conhecimento especializado é substituído por um conjunto de dados históricos e um procedimento computacional que é capaz de estimar automaticamente a matriz de conexões.

Vários algoritmos para aprender a estrutura do modelo FCM tem sido propostos recentemente. Em geral, são utilizados dois paradigmas principais de aprendizagem, sendo um deles, a aprendizagem hebbiana e uma série de algoritmos genéticos.

O processo de aprendizagem atualiza gradualmente valores de pesos de todas as arestas que existem no FCM até que a matriz de conexão desejada é encontrada. Em geral, os pesos das arestas de saída para um dado conceito são modificados quando o valor de conceito correspondente muda. A seguir, apresentamos um diagrama para um método computacional que “aprende” a encontrar a matrix de conexão desejada.

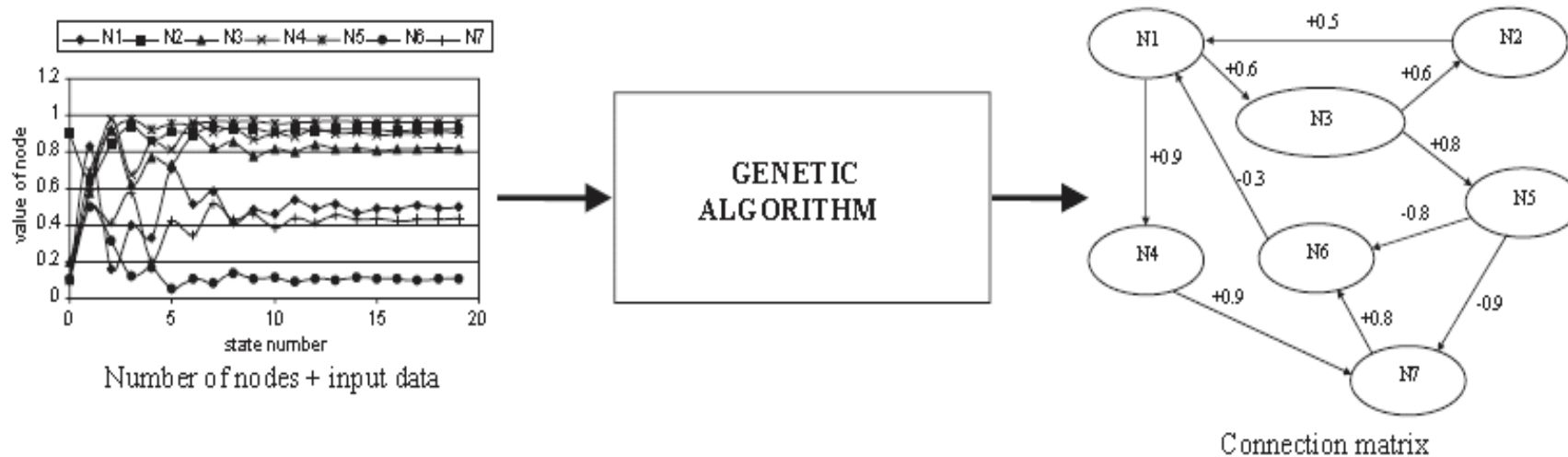
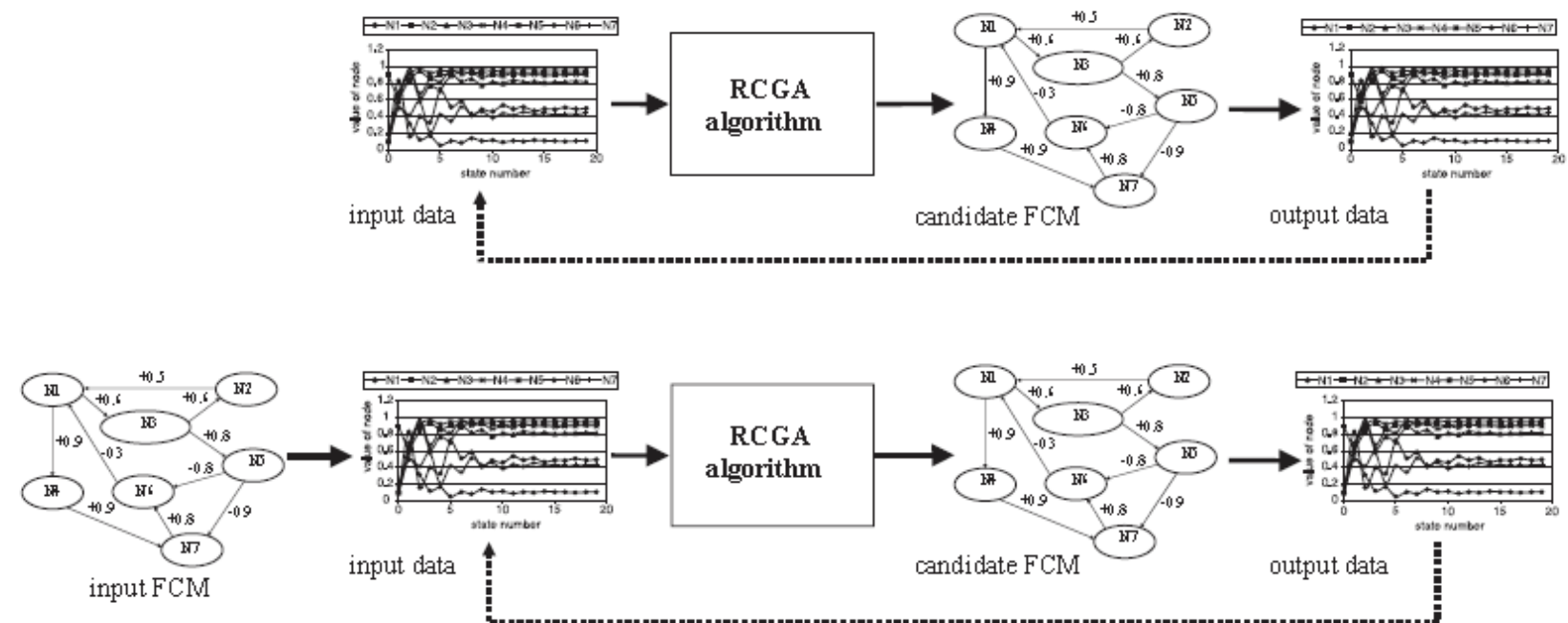


Fig. 3- Um diagrama ilustrando o método computacional de aprendizagem visando a obtenção de uma matrix de conexão final.

O objetivo do método de aprendizagem proposto é eliminar a intervenção humana durante o desenvolvimento de um modelo FCM. Esse processo é realizado explorando informações de dados históricos para modelo FCM expresso através de uma matriz de conexão que é capaz de imitar os dados. Os dados de entrada (históricos) compreendem uma sequência de vectores de estado, ao longo do tempo. O comprimento dos dados é definido como o número de interações (pontos) dos dados históricos fornecidos. Os dados de entrada são usados para calcular um modelo FCM, aplicando um procedimento de aprendizagem que utiliza algoritmos, dentre eles o RCGA (= *real code geentic algorithm*) (Kurgan & Reformat, 2005). Não vamos entrar aqui no formalismo das operações matriciais necessárias, mas podemos ilustrar algumas possibilidades de uso dessa abordagem de FCM pelo método da aprendizagem (Fig. 4).

Fig. 4 – Diagrama ilustrando possibilidades de uma montagem de um modelo de FCM baseado em experimentação.



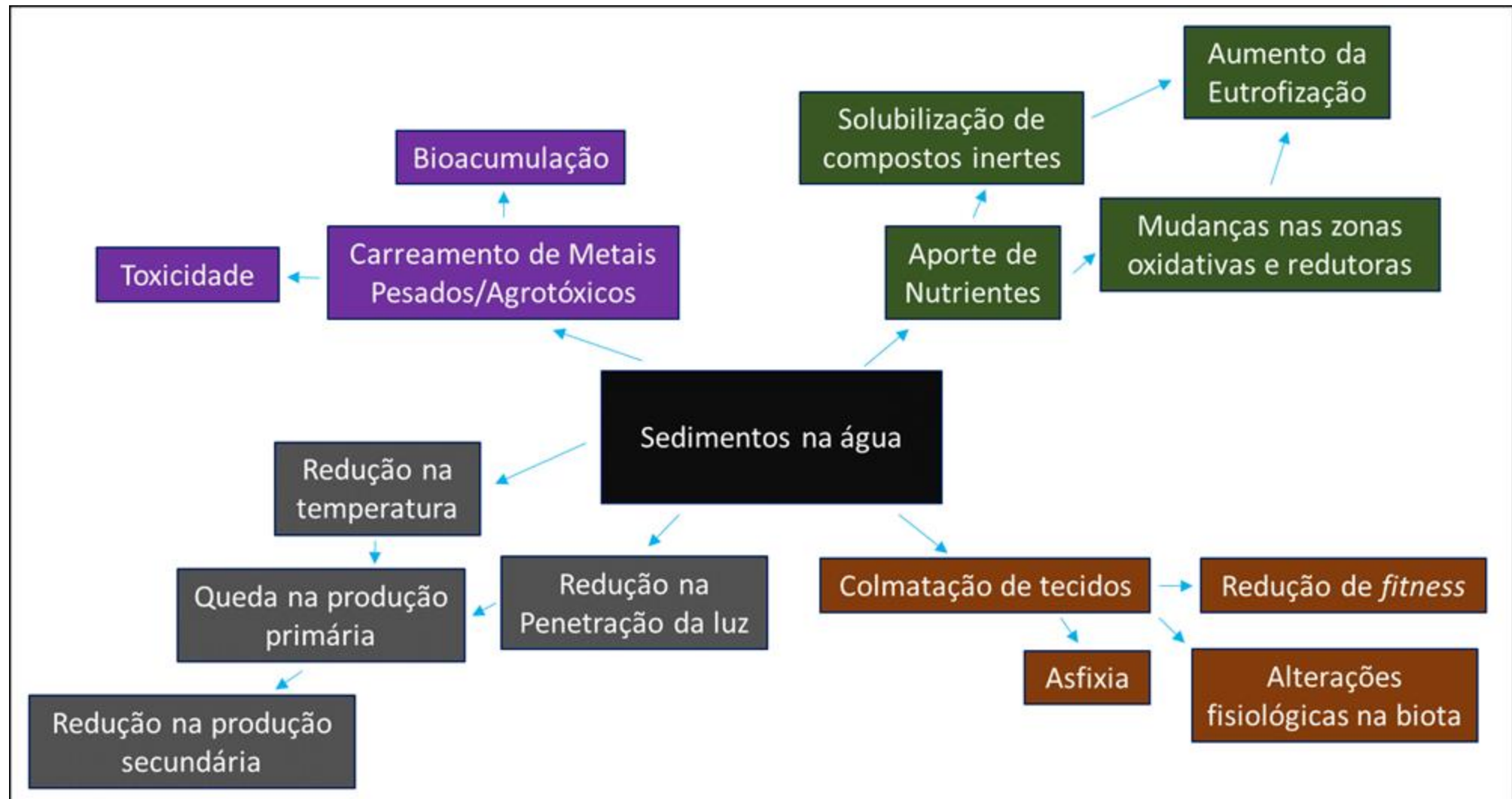


Figura 50. Sugestão esboçada para a utilização de Fuzzy mapping considerando turbidez da água.

BIBLIOGRAFIA

Stach, W., L. Kurgan, W. Pedrycz & M. Reformat. 2005.

Genetic learning of fuzzy cognitive maps. Fuzzy Sets and Systems, 153: 371-401.



Muito Obrigado !

Ricardo Motta Pinto Coelho
Impactos Humanos em Recursos Hídricos
Programa de Pós Graduação em Geografia - PPGeo
Departamento de Geociências – DGEO
Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ
E-mail: rpcoelho@ufs.br

Web site:
http://www.rmpceologia.com/disciplinas/impactos/impactos_rmpc_ufsj.htm