

# Impactos Humanos em Recursos Hídricos

Pós –Graduação em Geografia – DGEO

Prof. Ricardo Motta Pinto-Coelho

**Aula 5** – Análise de Riscos Ambientais

# A avaliação de riscos ambientais

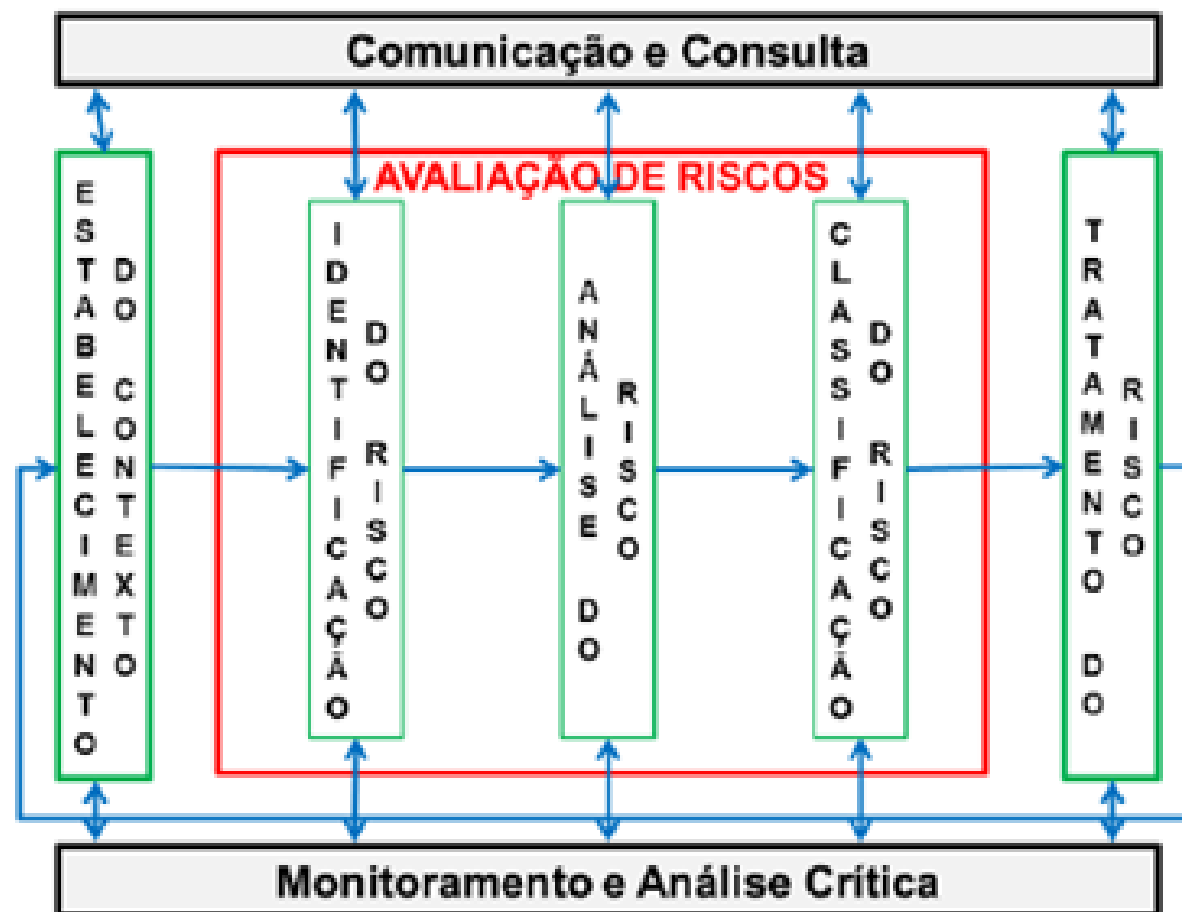
Trata-se de uma análise sistêmica que visa à identificação e avaliação dos riscos reais ou potenciais ao meio ambiente, a partir dos ativos de um determinado empreendimento.

Entende-se como riscos ambientais, aqueles capazes de impactar a estrutura e os processos ecológicos um determinado ambiente natural, uma unidade ecológica, tal como um ecossistema ou escalas maiores tais como, por exemplo, uma dada bacia hidrográfica.

# Fases do Processo

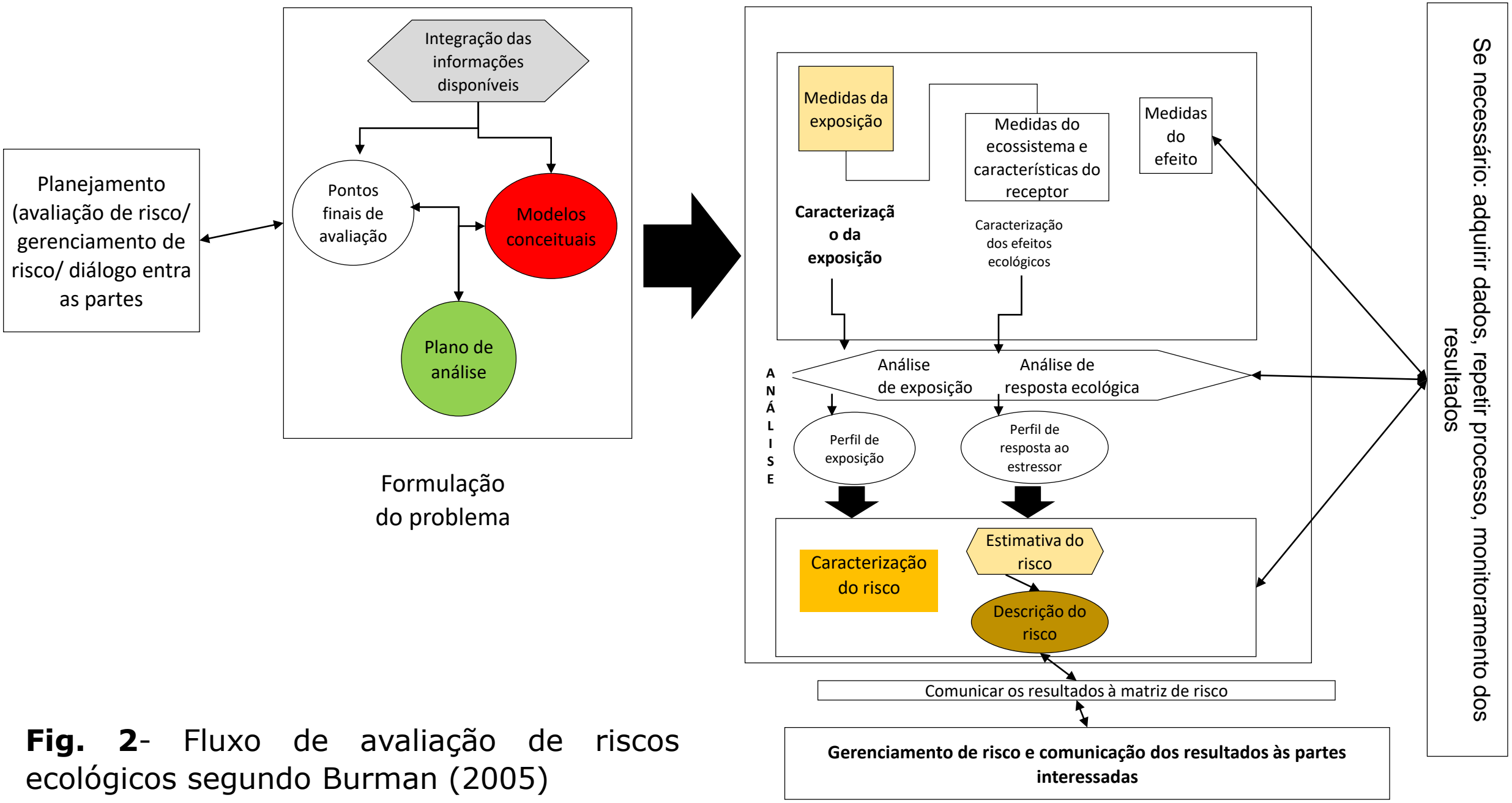
1. Contextualização e histórico do empreendimento.
2. Descrição do ambiente físico (substrato: atmosfera, solo, água superficial e subterrânea, ou seja aquíferos).
3. Descrição do capital biológico: principais unidades ecológicas envolvidas (indivíduos, populações e ecossistemas).
4. Inventários dos bens paleontológicos, arqueológicos, antropológicos, históricos e culturais envolvidos.
5. Descrição e contextualização do meio sócio-econômico atual onde os riscos ambientais se manifestam: estado da federação, municípios, unidades de conservação, populações naturais, etc.
6. Base legal e avaliação de toda a documentação pertinente.
7. Descrição detalhada de todas as ações da empresa que podem gerar efeitos ambientais.
8. Descrição das categorias de severidade dos efeitos gerados.
9. Tipologia das categorias de riscos e suas probabilidades de ocorrência.
10. Medidas de prevenção, remediação, compensação e recuperação dos ativos ambientais e sociais afetados.

Figura 1 Fluxo Geral de Avaliação de Riscos – ISO 31000



Fonte: ISO 31000 adaptado por PM Analysis.

**Fig. 1** Fluxo geral de avaliação de riscos usado no documento da Renova



**Fig. 2-** Fluxo de avaliação de riscos ecológicos segundo Burman (2005)

Uma comparação entre os dois fluxogramas apresentados nas figuras 1 e 2, que contém, respectivamente, o fluxo geral de avaliação de riscos proposto, pelos documentos da RENOVA acima citados e aquele proposto por Burgman (2005), deixa claro:

1) a inexistência de um MODELO CONCEITUAL ECOLÓGICO e de MEDIDAS AMBIENTAIS no primeiro fluxograma. Essas medidas podem ser classificadas, por sua vez, em três diferentes tipos de abordagens QUANTITATIVAS: MEDIDAS DE EXPOSIÇÃO, MEDIDAS DE CARACTERÍSTICAS ECOSSISTÊMICAS e MEDIDAS DE EFEITOS.

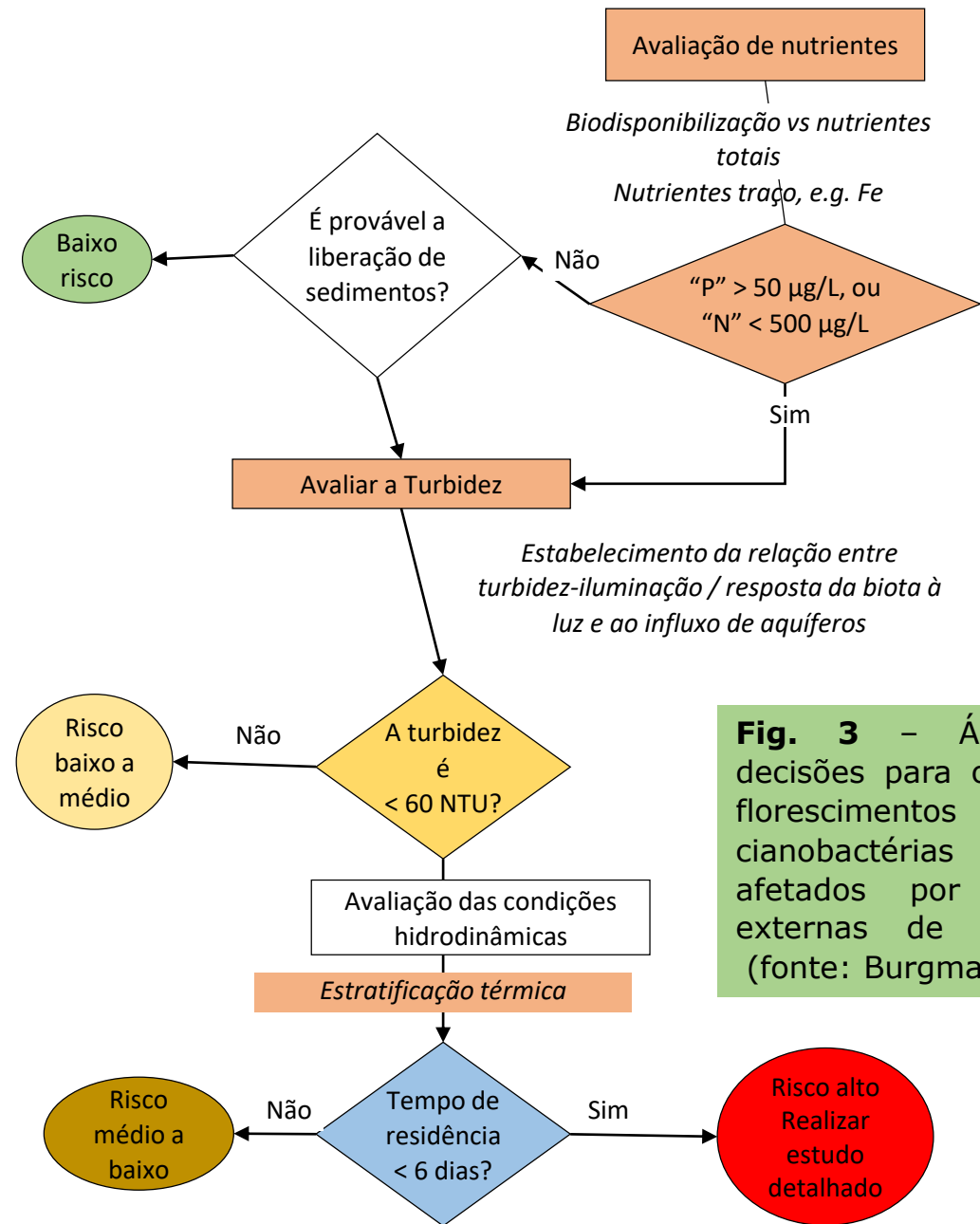
No segundo caso (Fig. 2), as estimativas de riscos somente são feitas após uma análise que considere a interação entre essas medidas QUANTITATIVAS.

# Caso 1 - Eutrofização

A eutrofização é um fenômeno extremamente comum decorrente de ações antrópicas. Ela resulta de um aporte descontrolado de nutrientes essenciais potencialmente limitantes para a produção primária, especialmente o fósforo e o nitrogênio. Uma das manifestações mais evidentes da eutrofização de corpos hídricos é o florescimento de cianobactérias (*waterbloom*) que causa uma série de problemas ambientais tais como mau odor, morte de peixes, deplecionamento do oxigênio dissolvido, problemas para o tratamento de água e, em casos extremos, risco de intoxicação de animais e mesmo do homem.

Certas variáveis ambientais, tais como a turbidez, a temperatura da água e a estratificação térmica são importantes não somente para a compreensão da dinâmica de um *waterbloom*, mas sobretudo porque esses fatores podem ser usados para a previsão do fenômeno e, portanto, devem ser levados em consideração na tomada de decisões de um gestor ambiental.

A Figura 3 propõe um modelo conceitual que orienta o gestor a adotar medidas de prevenção e mitigação de um *waterbloom* nas águas sob a sua jurisdição. Pelo modelo proposto, o monitoramento dos nutrientes (N e P) e da turbidez em tempo real pode, bem como o estabelecimento de limites críticos para essas variáveis, ser uma valiosa ferramenta de gestão de riscos para o empreendedor que venha a enfrentar esse risco ambiental em seu empreendimento.



# Caso 2 – Mortes de Peixes

O segundo exemplo (Fig. 4) trata da morte de peixes em lagos, represas e rios, um fenômeno que frequentemente é uma das maiores preocupações de um gestor de recursos hídricos. A morte de peixes, além de ser uma clara demonstração de que as ações humanas presentes causaram um grave distúrbio ecológico normalmente desperta nas populações humanas que usam o recurso hídrico um estado de alerta quase que imediato.

Os empreendimentos cujas atividades possam estar potencialmente associadas ao evento são fustigados por autoridades ambientais, mídia, ONG's, etc levando, em muitos casos, a perdas significativas de produtividade e capacidade operacional em várias cadeias produtivas associadas ao uso dessas águas.

No exemplo ilustrado na Fig. 4 é proposto um modelo conceitual que relaciona o evento de mortandade de peixes ao comportamento das variáveis: oxigênio dissolvido, nitrogênio (amônio, que é a principal forma de N excretado pelos peixes), níveis de vazão, temperatura da água, densidade de algas, demanda de oxigenção dos sedimentos, número de dias nos quais o ambiente ficou com hipoxia (déficit ou mesmo ausência de oxigênio na coluna de água). O indicador *Pfiesteria* é um dinoflagelado que tem sido associado com waterblooms e mortes de peixes.

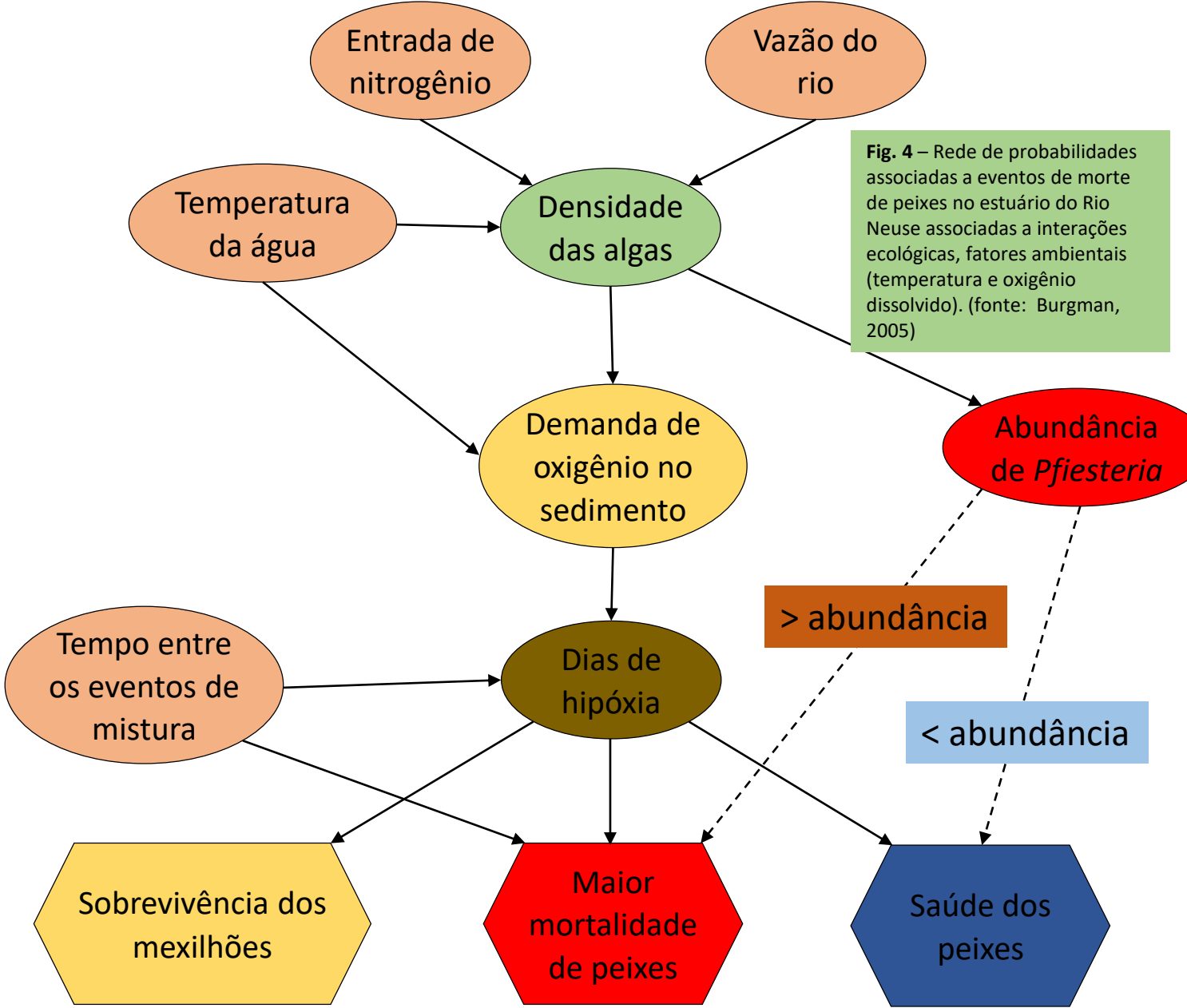


Fig. 4 – Rede de probabilidades associadas a eventos de morte de peixes no estuário do Rio Neuse associadas a interações ecológicas, fatores ambientais (temperatura e oxigênio dissolvido). (fonte: Burgman, 2005)



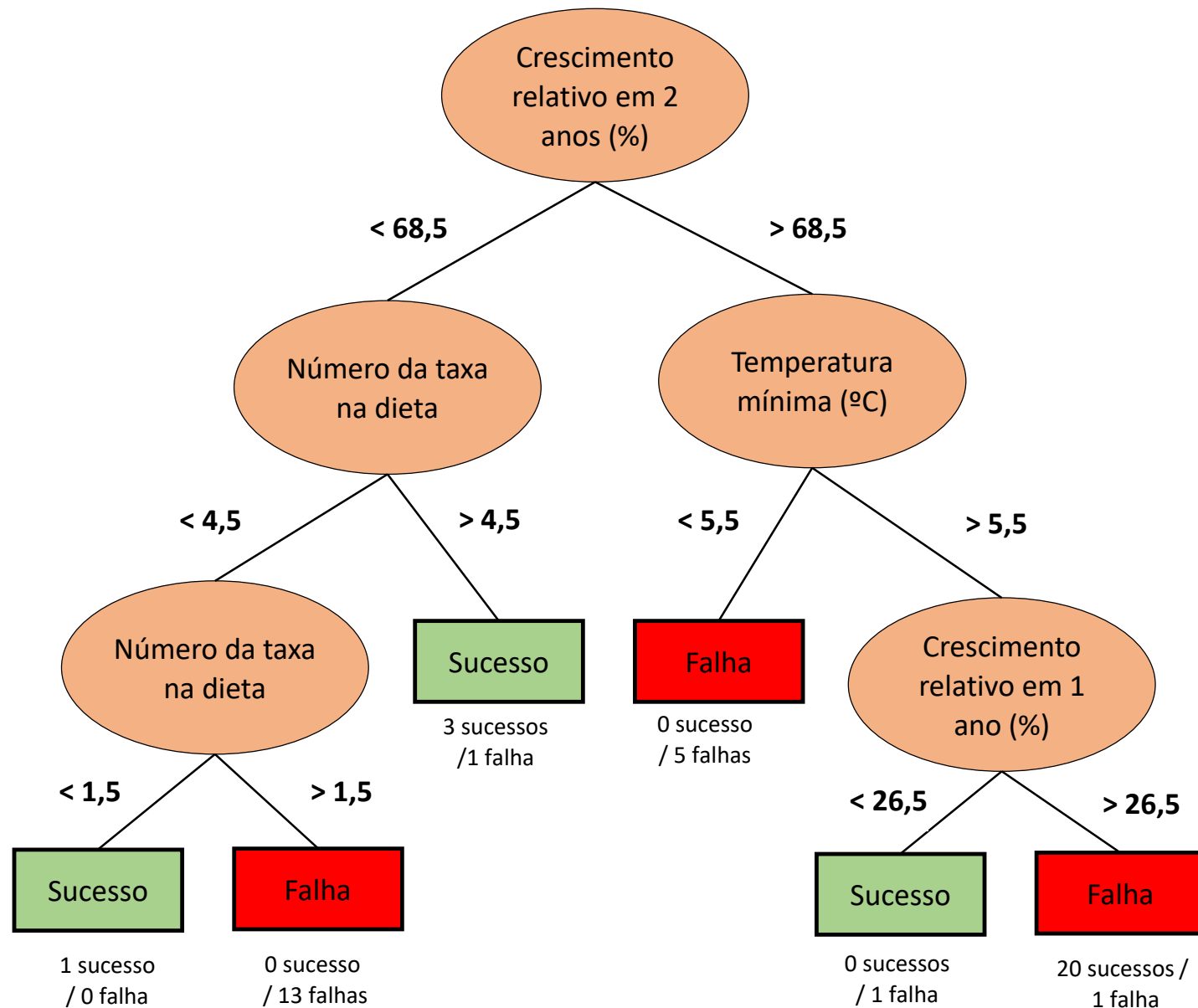
# Caso 3 – Invasões biológicas

O terceiro caso (Fig. 5), refere-se ao risco de invasão por espécies exóticas de peixes nos grandes lagos da América do Norte. Espécies exóticas causam profundos impactos ecológicos, sociais e econômicos. Dentre os principais impactos, podemos citar a extinção local de espécies nativas, mudanças profundas na rede trófica com piora na qualidade da água e eutrofização.

Dentre os prejuízos sócio econômicos, temos a queda nos níveis de pesca, a ocorrência de zoonoses ou novas parasitoses que possam afetar populações humanas. Outros problemas tais como queda no abastecimento de água e queda da atividade industrial ou de produção de hidroeletricidade são comuns. A invasão do mexilhão dourado (*Limnoperma fortunei*) na bacia do Paraná que tem obrigado às hidroelétricas a frequentes interrupções na geração para a limpeza da tubulação afetadas pelo mexilhão.

No modelo ao lado, a temperatura da água, informações sobre conteúdo estomacal de peixes predadores, e dados sobre a biologia reprodutiva dos peixes nativos podem ser informações cruciais na avaliação o risco de invasão por espécies exóticas.

Em todos os 3 casos citados acima, há um modelo conceitual no qual se baseia toda a análise de riscos ambientais com informações QUANTITATIVAS e um conhecimento ecológico do sistema que se pretende controlar. Essa é uma abordagem ainda extremamente rara no Brasil, diga-se de passagem.



**Fig. 5** Fluxograma de sucessos e fracassos no estabelecimento de espécies exóticas nos Grandes Lagos da América do Norte. As elipses representam pontos onde os gestores do ambiente podem interferir (pontos de tomadas de decisão) e os retângulos, resultados finais decorrentes das decisões.

# Análise de Riscos Ambientais

Para onde vamos?

O modelo de análise de riscos proposto na Fig. 6, ao lado, mostra um fluxograma mais robusto para a análise de riscos. Além de introduzir no processo as relações de causa e efeito, ele ainda introduz de modo mais preciso a questão da quantificação no desenho dos mecanismos de controle dos impactos observados.

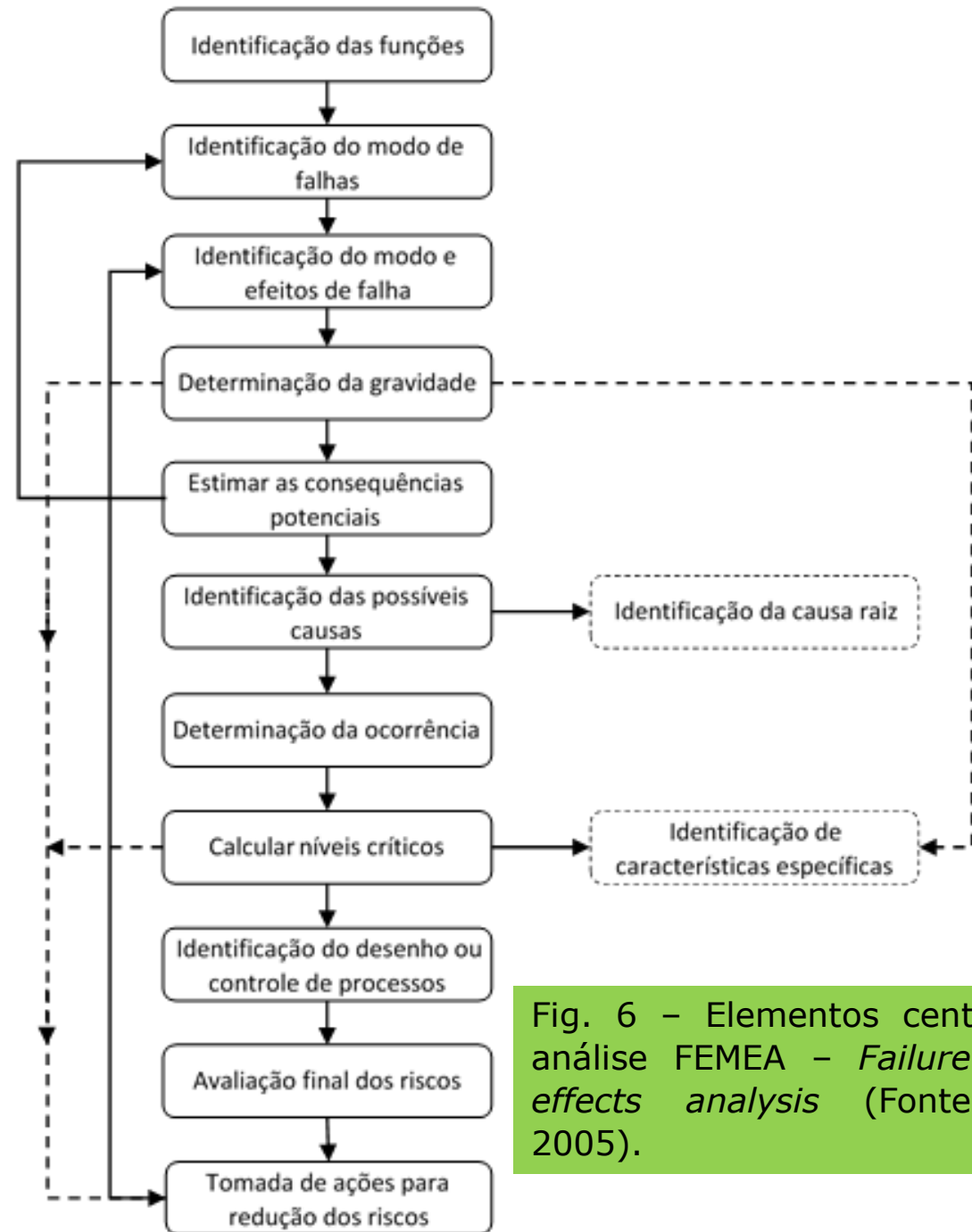


Fig. 6 – Elementos centrais de uma análise FMEA – *Failure modes and effects analysis* (Fonte: Burgman, 2005).

# Recomendações e Conclusões

A literatura científica sobre a análise de riscos ecológicos tem se expandido nas duas últimas décadas, principalmente em decorrência do crescente comprometimento dos recursos hídricos em função das atividades humanas (vide alguns exemplos em: Bai et cols (2011), Beliaeff & Burgeot (2001), Burgman, 2005, Hall et cols (1998), Hobday, et cols (2011), Landis, W. & J.K. Wieggers (1997), Norton et cols (1992), Pekey et cols (2004), Van der Oost et cols (2003) e Yi et cols (2011).

Pela comparação dos trabalhos acima citados, podemos observar que existe a tendência de aprimoramento conceitual e quantitativo da análise de risco ambiental envolvendo os recursos hídricos.

Acreditamos ser necessária a adoção de dois novos paradigmas nessa análise:

- (a) A elaboração de um modelo conceitual que procure relacionar um dado impacto ambiental a variáveis que possam ser medidas quantitativamente e o estabelecimento de valores e limites que possam direcionar a adoção das medidas de prevenção ou mitigação cabíveis.
- (b) A adoção de uma abordagem quantitativa na análise de riscos ambientais envolvidos na gestão dos recursos hídricos e na prevenção de riscos envolvidos em possíveis acidentes e catástrofes de maiores proporções tais como aconteceu em Fundão/Samarco, em 05/11/2016.

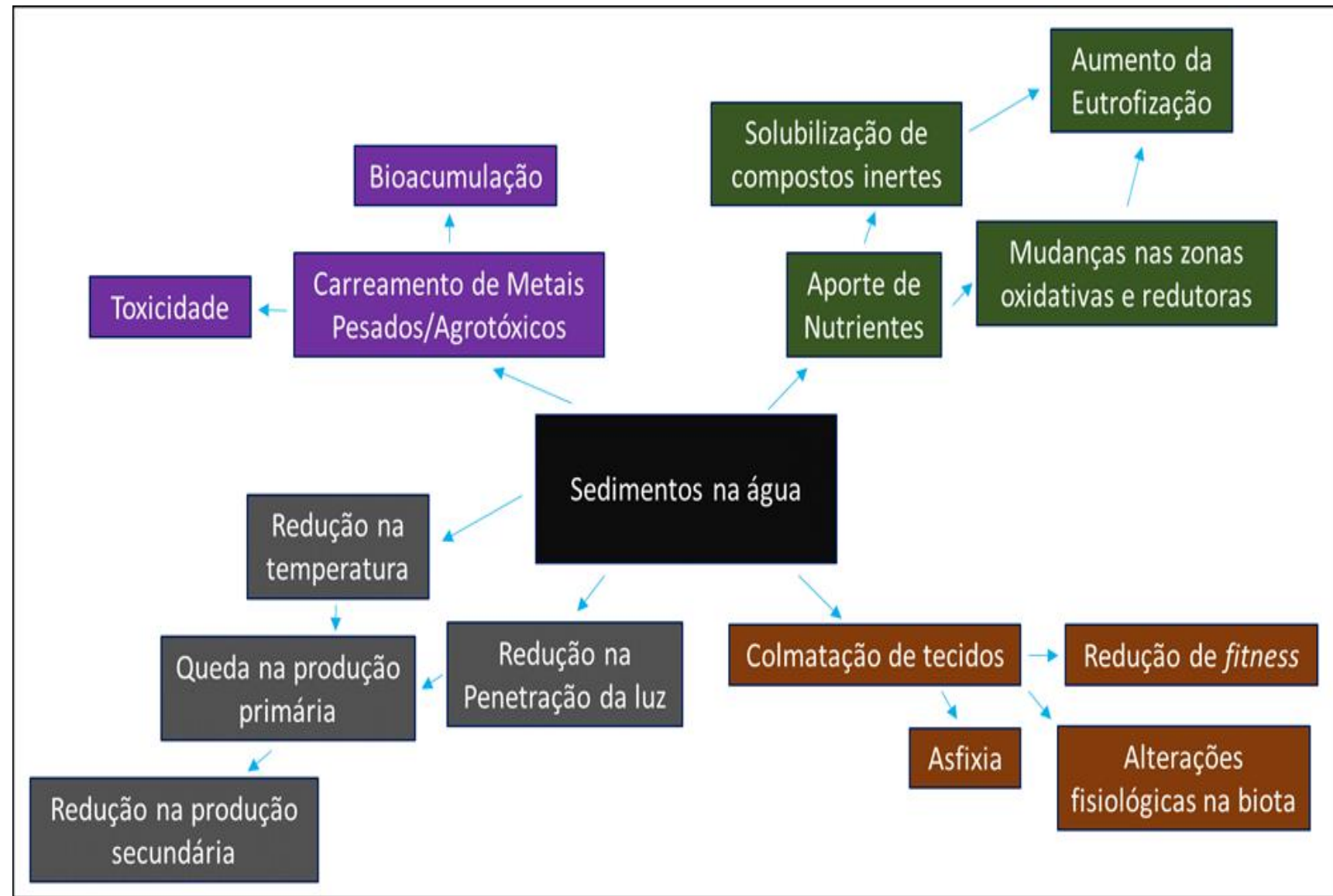
Considerando os exemplos de casos de estudo acima selecionados, pode-se afirmar que é essencial a adoção de **um modelo conceitual quantitativo em toda análise de riscos.**

# Modelo Análise de Riscos

## Efeitos da Mineração de ferro no rio Doce

Modelo baseado no entendimento da dinâmica espaço-temporal dos níveis de turbidez da água nas calha do rio Doce, incluindo os valores observados antes e depois do acidente em Fundão na calha central do rio Doce e dos seus principais tributários. O modelo liga a turbidez a uma série de variáveis abióticas e bióticas.

Esse modelo, a ser desenvolvido pela técnica do *Fuzzy Mapping* que objetiva determinar quais seriam os PONTOS CRÍTICOS (no tempo ou espaço) onde decisões devem ser tomadas.



**Figura 7** - Sugestão esboçada para a utilização de Fuzzy mapping considerando turbidez da água.

## Literatura

- Bai, J., B. Cui, B. Chen, K. Zhang, W. Deng, H. Gao, R. Xiao 2011. Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments from a typical plateau lake wetland, China. *Ecological Modelling*, 222:301-306.
- Burgman. M. 2005. *Risk decisions for ecological conservation and Management*. Cambridge. 502 pgs.
- BELIAEFF, B. & T. BURGEOT 2001. INTEGRATED BIOMARKER RESPONSE: A USEFUL TOOL FOR ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(6): 1316-1332.
- Hall, L., M. C. Scott & W.D. Killen. 1998. Ecological assessment of copper and cadmium in surface waters of Chesapeake Bay Watershed. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 17(6); 1172-1189.
- Hobday, A.J., A.D.M. Smith, I.C. Stobutzki, C. Bulman, R. Daley, J.M. Dambacher, R.A. Deng, J. Dowdney, M. Fuller, D. Furlani, S.P. Griffiths, D. Johnson, R. Kenyon, I.A. Knuckey, S.D. Ling, R. Pitcher, K.J. Sainsbury, M. Sporcic, T. Smith, C. Turnbull, T.I. Walker, S.E. Wayte, H. Webb, A. Williams, B.S. Wise, S. Zhou. 2011. Ecological risk assessment for the effects of fishing. *Fisheries Research*, 108:372-384.
- Landis, W. & J.K. Wieggers. 1997. Perspective: Design considerations and a suggested approach for regional and comparative ecological risk assessment. *Human and Ecological Risk Assessment*, 3(3): 287-297.
- NORTON, S. B., D. J. RODIER, J. H. GENTILE, W. H. VAN DER SCHALIE, W.P. Wood & M. W. SLIMKAK. 1992. A FRAMEWORK FOR ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT AT THE EPA. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 11:1663-1672.
- Pekey, H. , D. Karakas, S. Ayberk, L. Tolun , M. Bakoglu. 2004. Ecological risk assessment using trace elements from surface sediments of Izmit Bay (Northeastern Marmara Sea), Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 48:946-953.
- Van der Oost, R. , J. Beyer & N. P.E. Vermeulen. 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 13: 57-149.
- Yi, Y., Z. Yang, & S. Zhang. 2011. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin. *Environmental Pollution*. 159:2575-2585.





# 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@ufsj.edu.br](mailto:rpcoelho@ufsj.edu.br)

Web site:

[http://www.rmpcecologia.com/disciplinas/impactos/impactos\\_rmpc\\_ufsj.htm](http://www.rmpcecologia.com/disciplinas/impactos/impactos_rmpc_ufsj.htm)