

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA O PROCESSO DECISÓRIO COM GEOPROCESSAMENTO

**WEBINAR**

*Prof. Paulo Roberto Fitz*

*CENTRO UNIVERSITÁRIO RITTER DOS REIS – BRASIL*

*e-mail: paulo.fitz@gmail.com*

*paulo\_fitz@uniritter.edu.br*



# **GERAÇÃO DE CRITÉRIOS PARA O PROCESSO DECISÓRIO COM GEOPROCESSAMENTO**

## **ROTEIRO**

- **Introdução**
- **Objetivo geral**
- **Conceitos relativos ao processo decisório**
- **Tipos de metodologias e paradigmas envolvidos**
- **MCDA – Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão**
- **Aplicação de MCDA em geoprocessamento:**
  - **Elaboração de critérios**
  - **Ponderação dos critérios**
  - **Análise dos resultados**

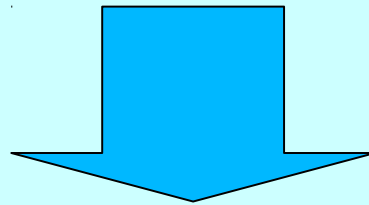
# **INTRODUÇÃO**

**Uma das dificuldades encontradas quando do uso das técnicas de geoprocessamento diz respeito à construção de critérios suficientemente robustos para o cruzamento de planos de informações .**

# **INTRODUÇÃO**

## **OBJETIVO GERAL**

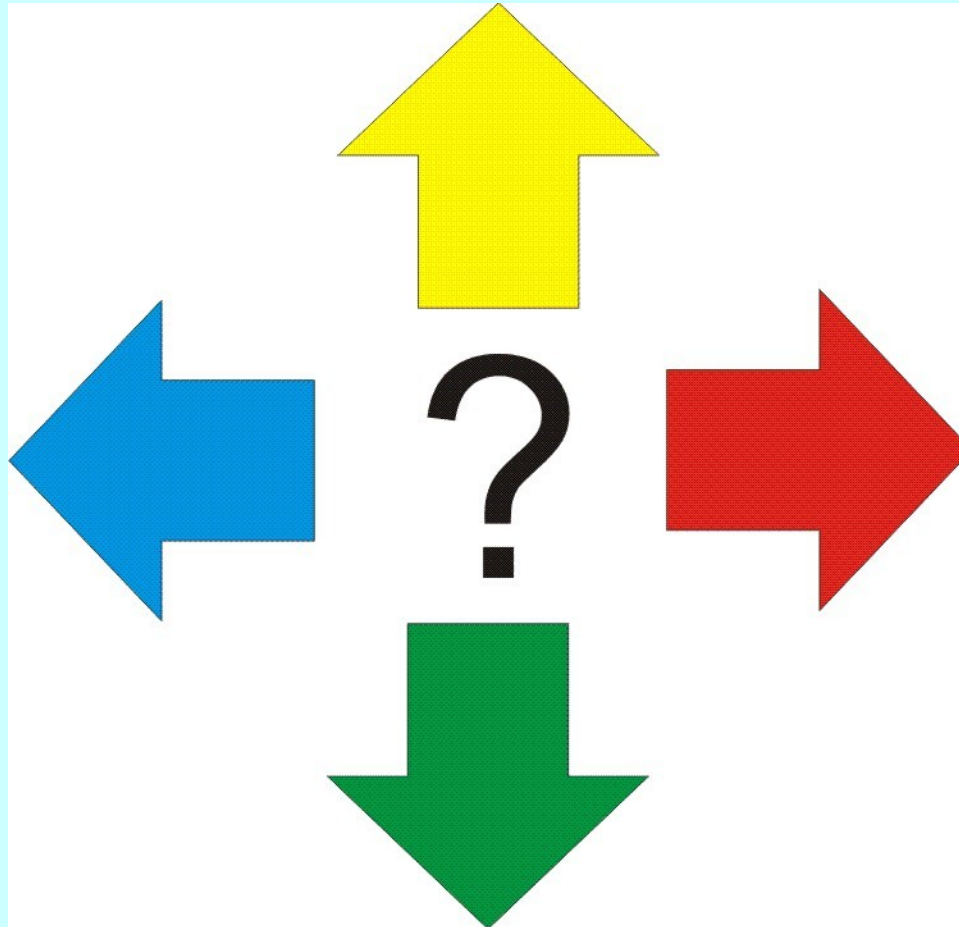
**Apresentar metodologias para a construção de critérios a serem utilizados quando da aplicação das técnicas de geoprocessamento.**



**Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão (MCDA)**

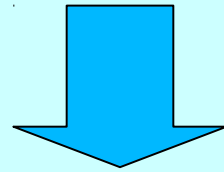
# O PROCESSO DECISÓRIO

## DECISÃO

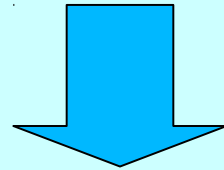


# O PROCESSO DECISÓRIO

## DECISÃO



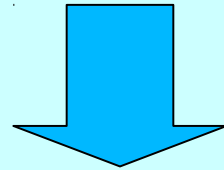
Tomar ou não determinada atitude



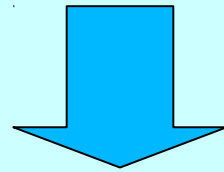
como tomá-la

# O PROCESSO DECISÓRIO

## DECISÃO



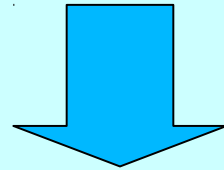
Trata-se de um processo



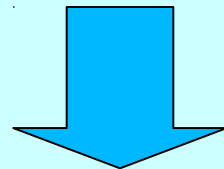
Possui etapas e duração (in)determinada

# O PROCESSO DECISÓRIO

## DECISÃO



Em geral → vários “atores”



Pessoas envolvidas no desencadeamento do processo decisório



# O PROCESSO DECISÓRIO

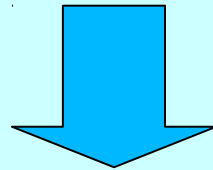
## ATORES ENVOLVIDOS

### Atores Intervenientes:

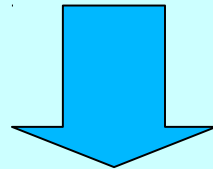
- ***decisores***: possuem o poder da decisão;
- ***clientes***: incumbidos pelo decisor para representá-lo no processo de apoio à decisão;
- ***facilitador***: recomenda uma decisão → nunca será neutro.

# O PROCESSO DECISÓRIO

**AÇÕES**



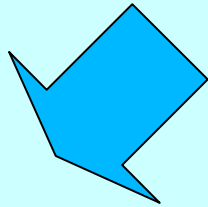
decisões, alternativas, objetos, candidatos etc.



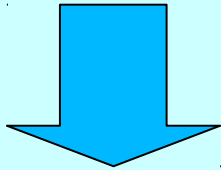
trabalhados durante o processo decisório

# O PROCESSO DECISÓRIO

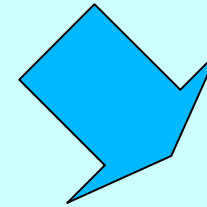
## TIPOS DE METODOLOGIAS



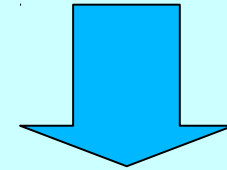
### MONOCRITÉRIO



otimizam um dado critério



### MULTICRITÉRIO



consideram mais de um aspecto; avaliam as ações segundo um conjunto de critérios

# O PROCESSO DECISÓRIO

## TIPOS DE METODOLOGIAS

**Métodos monocritério:** otimizam um dado critério.

- Ex.: critério “escoamento superficial” dada uma determinada declividade do terreno em uma área com diferentes tipos de solo.

TIPOS DE SOLO	ESCOAMENTO SUPERFICIAL/DECLIVIDADE DO TERRENO
a	< 5%
b	5% a 10%
c	10% a 15%
d	5% a 10%

Melhor ação: solo **a**

*a P (b I d) P c (“a” é preferível a “b”, que é indiferente a “d”) e que são preferíveis à ação “c”.*

# O PROCESSO DECISÓRIO

## TIPOS DE METODOLOGIAS

**Métodos multicritério:** consideram mais de um aspecto.

- avaliam as ações segundo um conjunto de critérios → problemas para a escolha da melhor ação.

TIPOS DE SOLO	DECLIVIDADE DO TERRENO	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO
a	< 5%	0% a 25%
b	5% a 10%	25% a 50%
c	10% a 15%	> 75%
d	5% a 10%	50% a 75%

*c R d, a R b, b R c, a R c, a R d, conclui-se que **d P b** (declividades iguais e áreas de preservação diferentes). (R = incomparabilidade)*

➤ **Como se percebe, conforme são adicionados critérios, tanto mais dificuldades são encontradas para a escolha da melhor ação.**

# O PROCESSO DECISÓRIO

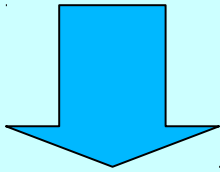
## PARADIGMAS CIENTÍFICOS

Ensslin et al. (2001, p.29-30)

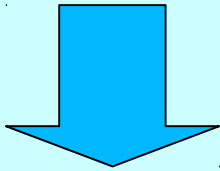
Abordagem racionalista

X

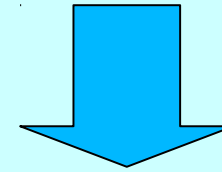
Abordagem construtivista



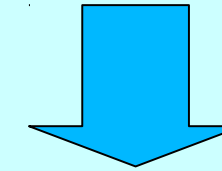
Busca da ***solução “ótima”***



MCDM → Multicriteria Decision Making



***solução de “consenso”***



MCDA → Multicriteria Decision Aid

# O PROCESSO DECISÓRIO

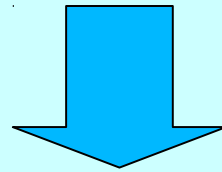
## METODOLOGIAS MULTICRITÉRIO

### Abordagem multicritério e o apoio à decisão

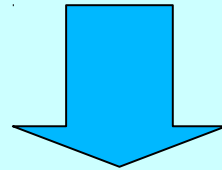
- ❖ **APOIO À DECISÃO:** *paradigma construtivista* (MCDA → Multicriteria Decision Aid)
- ❖ **TOMADA DE DECISÃO:** *paradigma racionalista* (MCDM → Multicriteria Decision Making)

# O PROCESSO DECISÓRIO

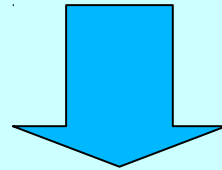
## METODOLOGIAS MULTICRITÉRIO EM APOIO À DECISÃO



Abordagem construtivista



*solução de “consenso”*



MCDA → Multicriteria Decision Aid



# O PROCESSO DECISÓRIO

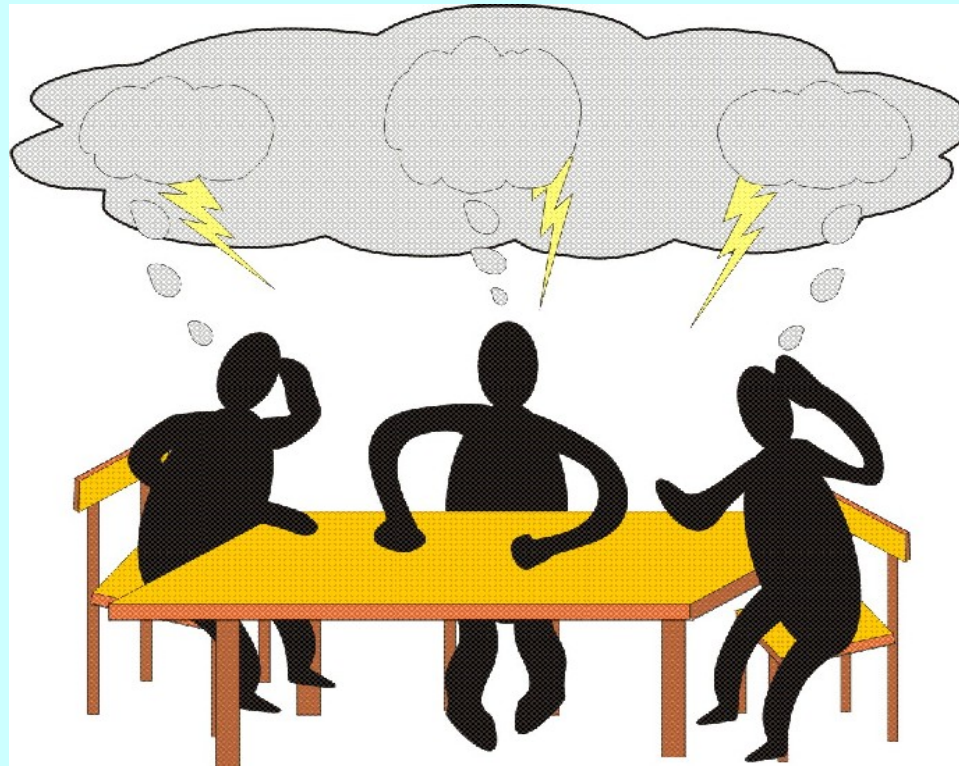
## APLICAÇÃO DE MCDA

- Rotulagem do problema;
- Definição dos EPAs (Elementos Primários de Avaliação);
- Elaboração e hierarquerização de conceitos:
  - Geração dos mapas cognitivos;
  - Análise dos mapas cognitivos;
  - Construção da árvore de valores.
- Geração dos critérios de avaliação:
  - Planos de informações e “pesos”;
  - Análise das ações potenciais.

# O PROCESSO DECISÓRIO

## APLICAÇÃO DE MCDA

- Praticamente em todas as etapas do processo há participação direta dos atores através de *brainstormings*.



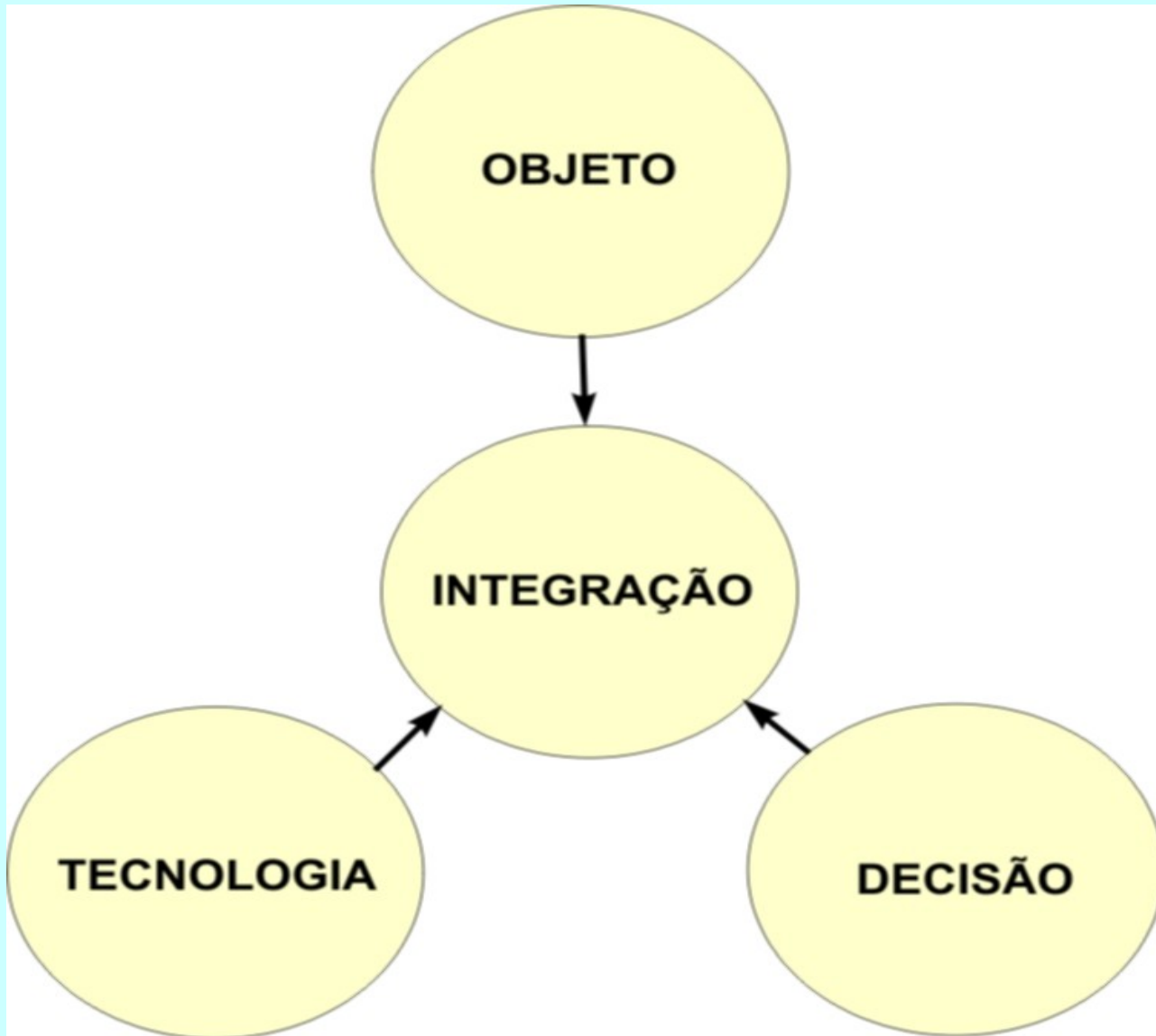
# O PROCESSO DECISÓRIO

## APLICAÇÃO DE MCDA

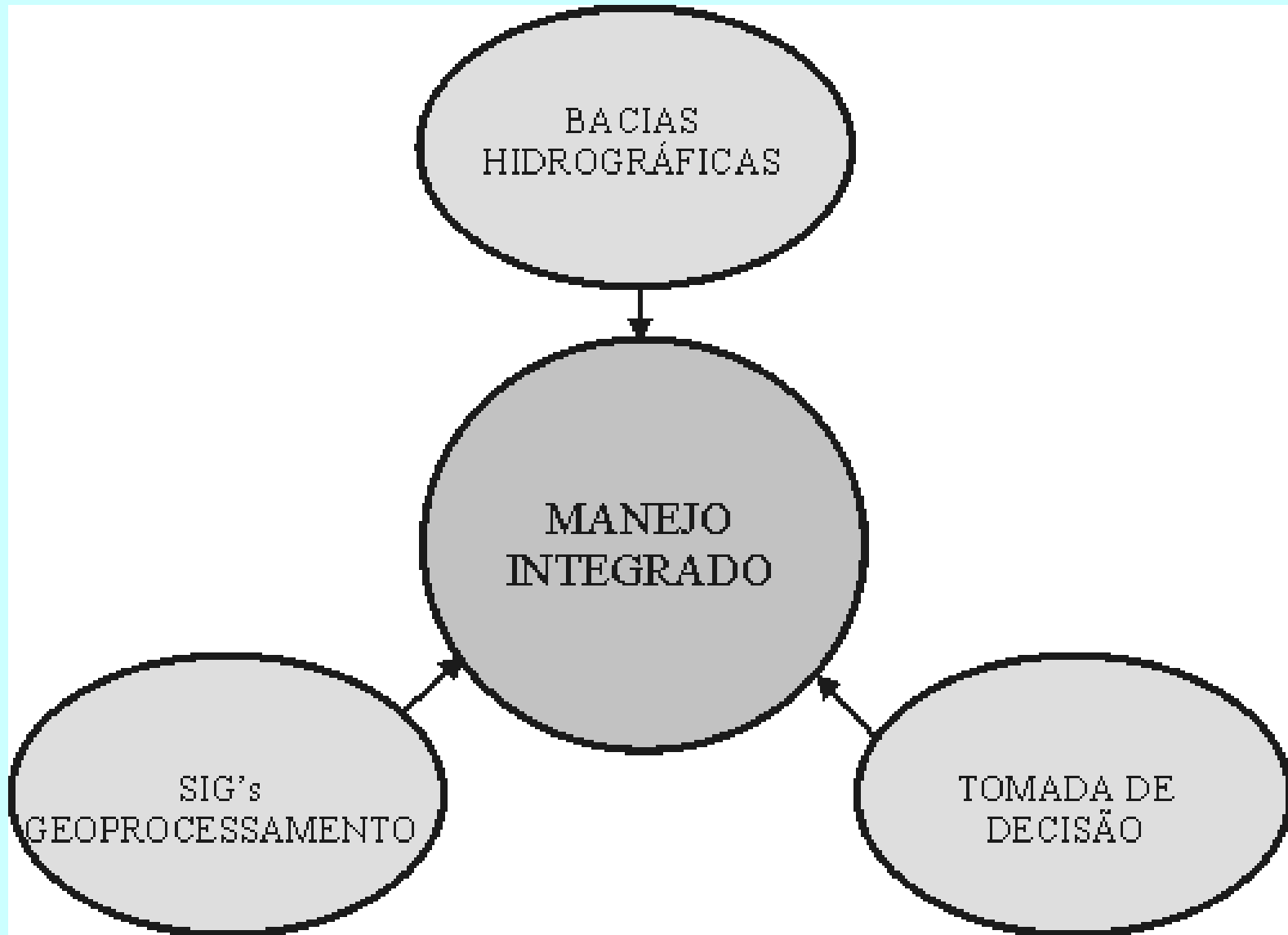
### Rotulagem do problema:

- Manejo de uma MBH (Microbacia hidrográfica) visando sua sustentabilidade ambiental

# O PROCESSO DECISÓRIO



# O PROCESSO DECISÓRIO



Agregação de SIGs, Tomada de Decisão e Bacias Hidrográficas

# Área de Estudo:

MBH de Inhandava,

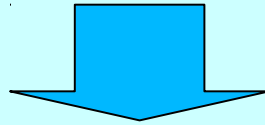
Maximiliano de Almeida, RS



# **O PROCESSO DECISÓRIO**

## **APLICAÇÃO DE MCDA**

### **Elementos Primários de Avaliação (EPAs):**



**Busca da melhor situação possível (aspectos desejáveis, objetivos, metas, possíveis dificuldades etc.)**

- Uso do solo adequado à sua capacidade;
  - Áreas de preservação protegidas;
    - Cultivo em áreas próprias;
  - Solo permanentemente coberto;
    - Cursos d'água “limpos”;
- Estradas planejadas e bem estruturadas; e
- Paisagem com relevo bem estruturado.

# O PROCESSO DECISÓRIO

## Elaboração de conceitos → Mapas cognitivos

### Mapas cognitivos:

- Representam a percepção, as representações mentais do(s) decisor(es) a respeito de uma dada situação em um dado momento.



# O PROCESSO DECISÓRIO

## Elaboração de conceitos → Mapas cognitivos

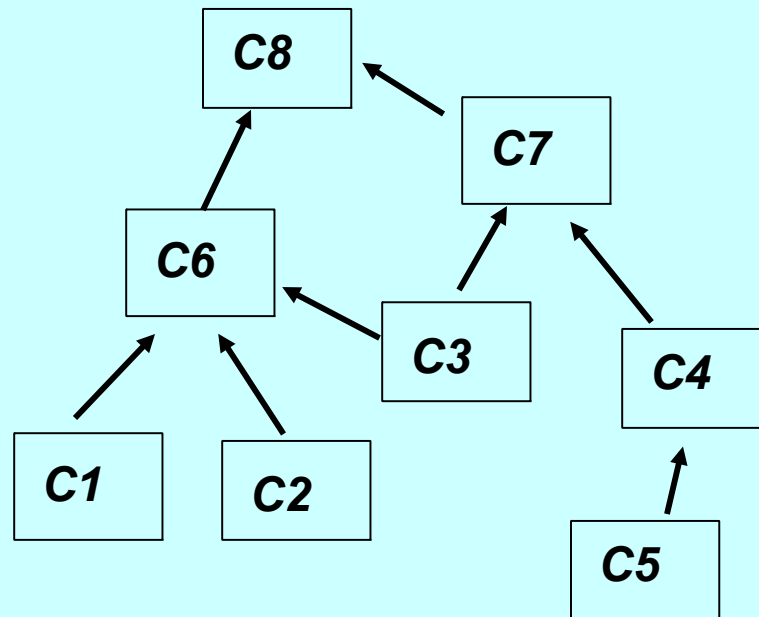
### Mapas cognitivos:

- São construídos por conceitos elaborados a partir dos EPAs via questionamentos dirigidos aos atores.
- Os conceitos são dotados de pólos opostos, como por exemplo:
  - Solo permanentemente coberto ... solo exposto por longos períodos.
  - Áreas de preservação protegidas ... retirada da vegetação original, existente.

# O PROCESSO DECISÓRIO

## ANÁLISE DE MAPAS COGNITIVOS

### Estrutura dos Mapas Cognitivos e Modelos Multicritério



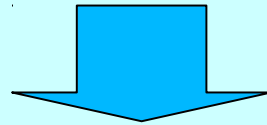
#### ***Estrutura de um Mapa Cognitivo:***

- um meio pode atingir a um ou mais conceitos-fins.

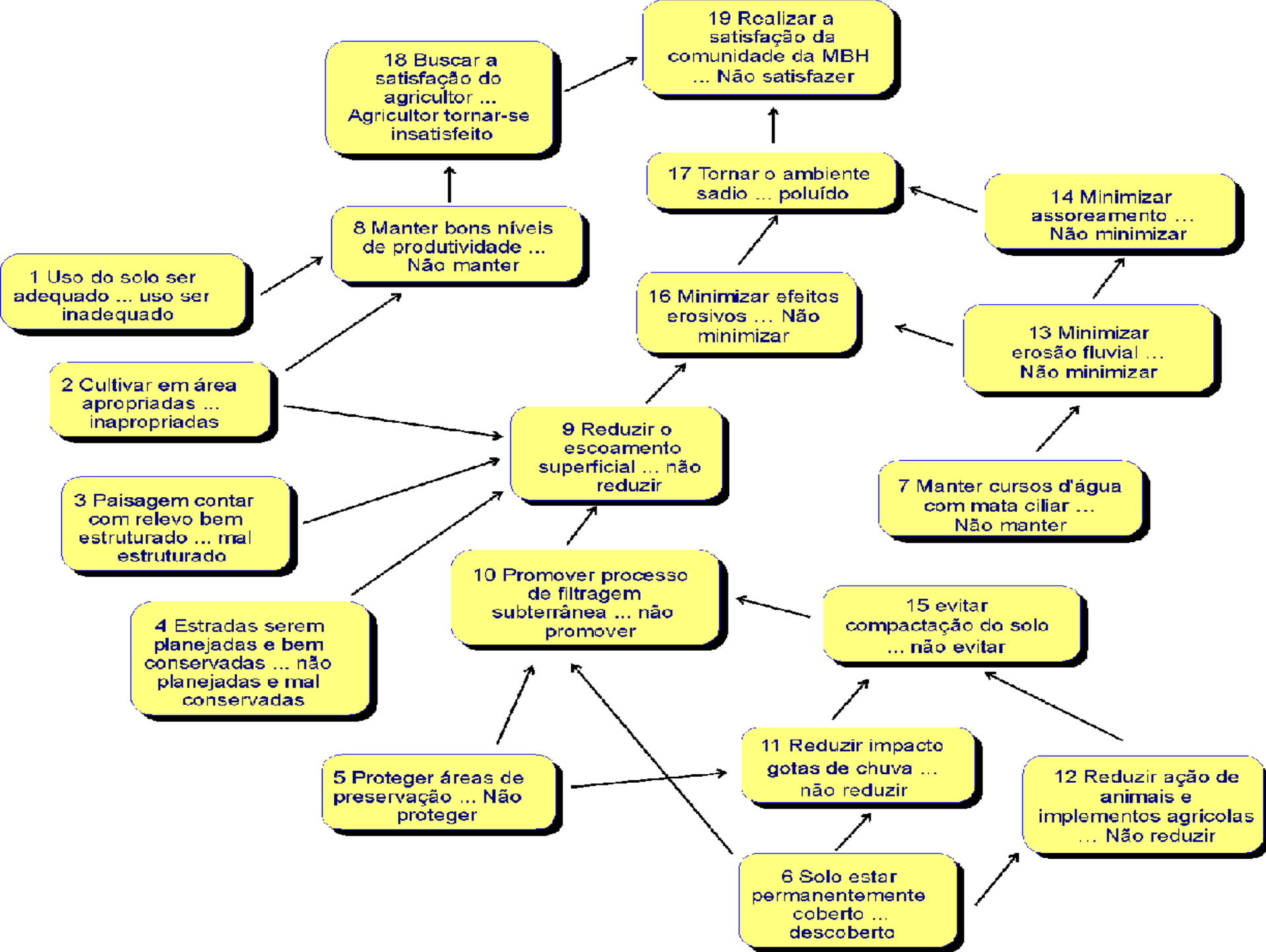
# **O PROCESSO DECISÓRIO**

## **ANÁLISE DE MAPAS COGNITIVOS**

**Estruturação do Mapa Cognitivo para o problema rotulado**

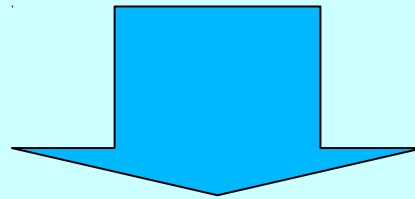


Manejo de uma MBH visando sua sustentabilidade ambiental

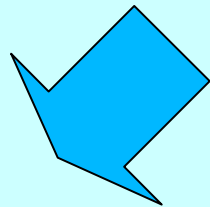


# **O PROCESSO DECISÓRIO**

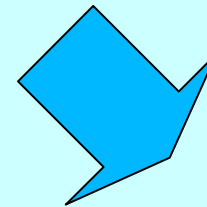
**ANÁLISE DE MAPAS COGNITIVOS**



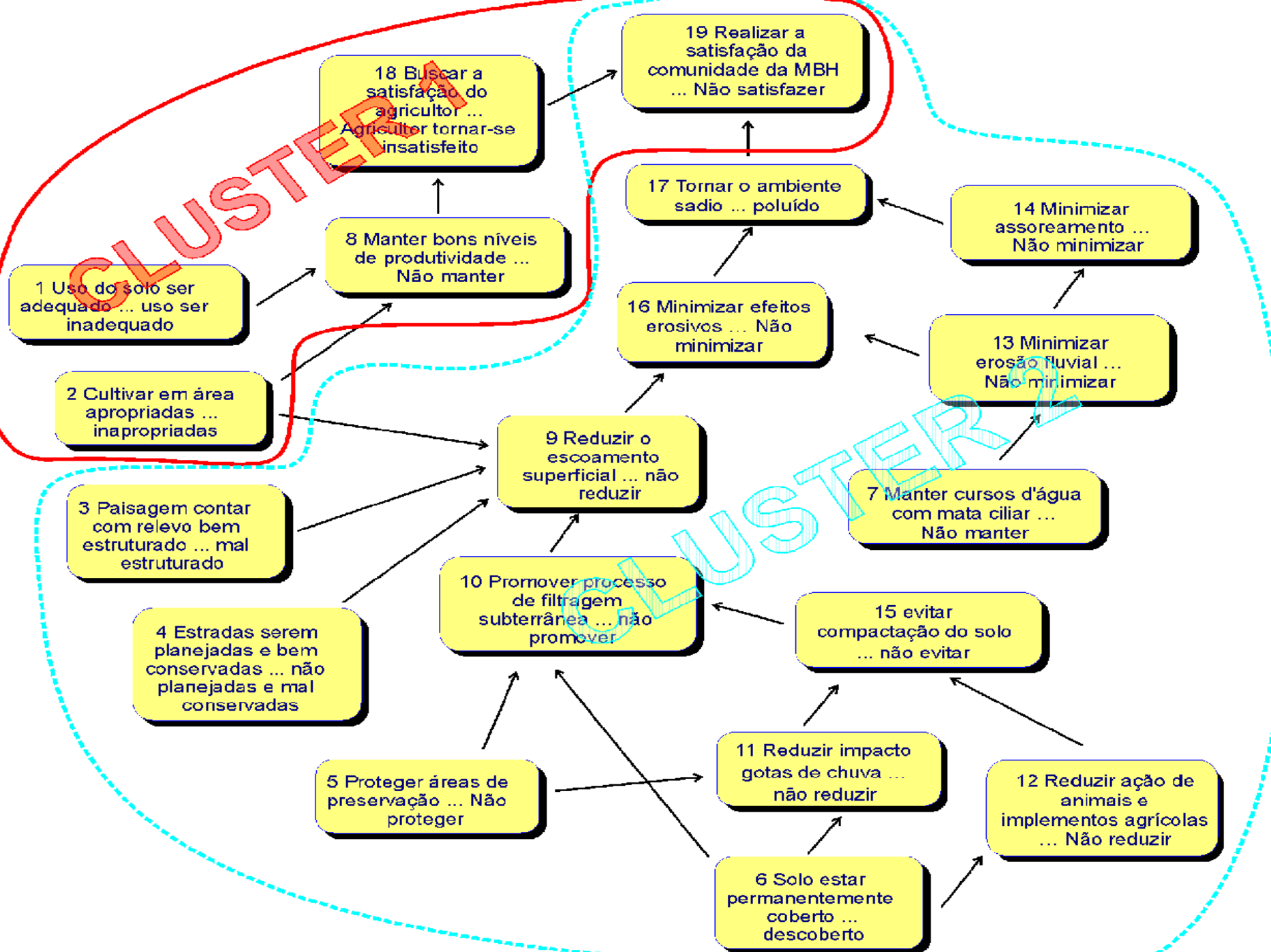
**ANÁLISE DE CLUSTERS**



**PRODUTIVIDADE  
(CLUSTER 1)**

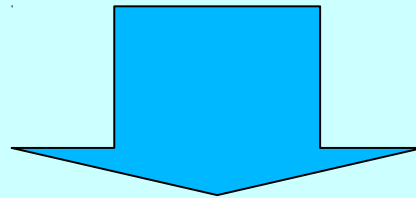


**QUALIDADE AMBIENTAL  
(CLUSTER 2)**

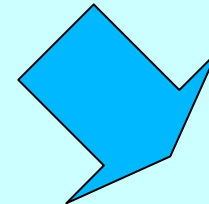
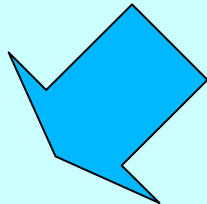


# **O PROCESSO DECISÓRIO**

## **ANÁLISE DE MAPAS COGNITIVOS**

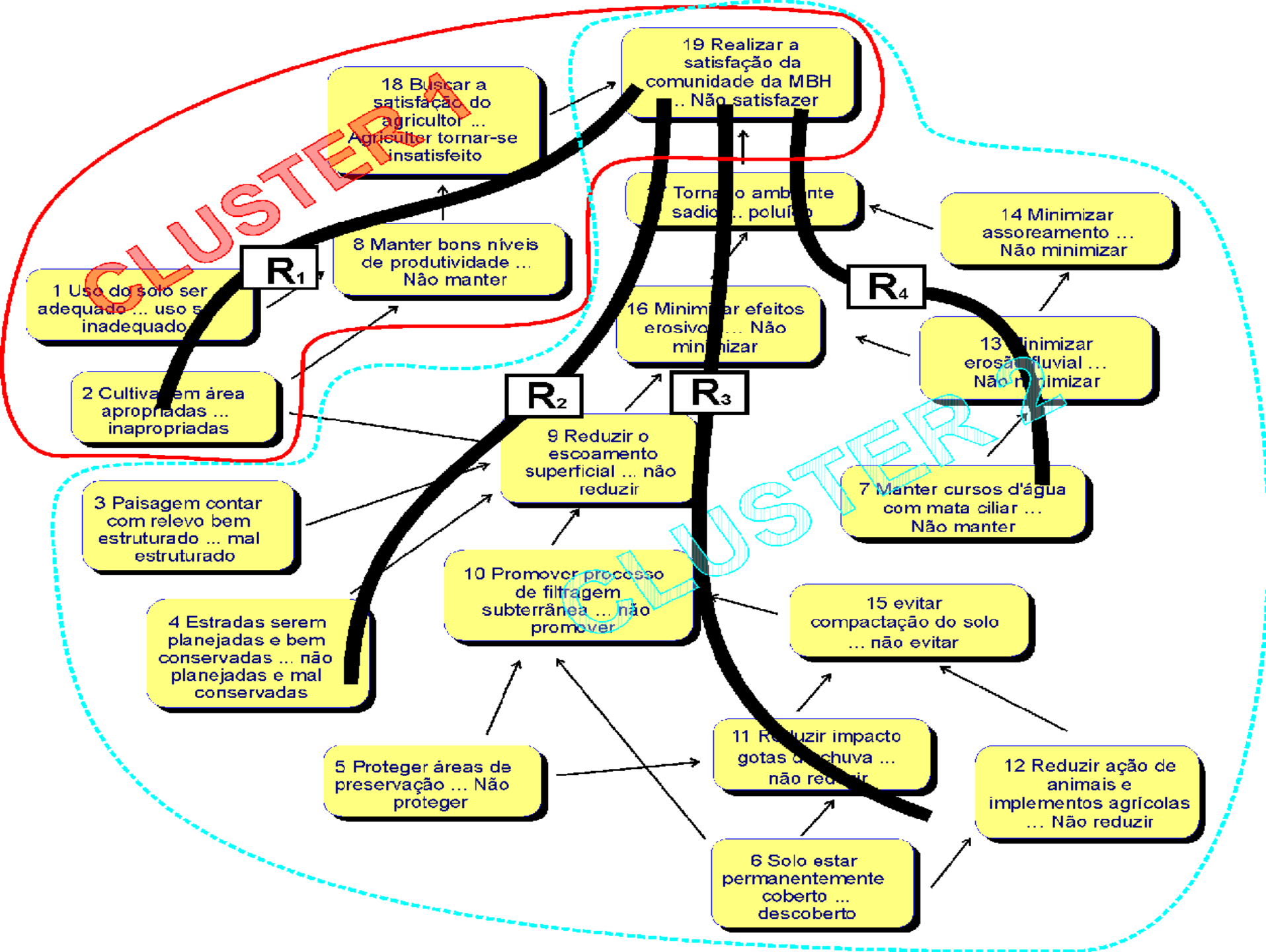


## **ANÁLISE DOS RAMOS (1 a 4) DOS CLUSTERS**



**PRODUTIVIDADE**

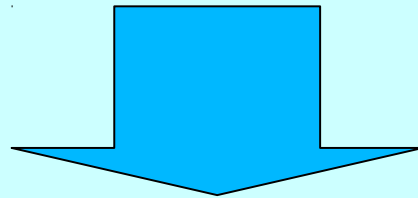
**QUALIDADE AMBIENTAL**



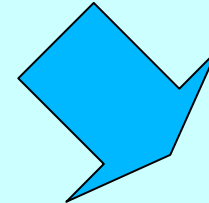
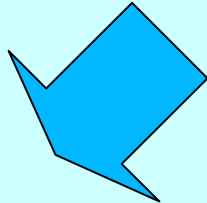


# O PROCESSO DECISÓRIO

## ANÁLISE DE MAPAS COGNITIVOS

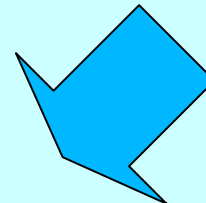
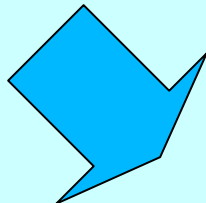


## ANÁLISE DOS RAMOS (1 a 4) DOS CLUSTERS



**PRODUTIVIDADE**

**QUALIDADE AMBIENTAL**

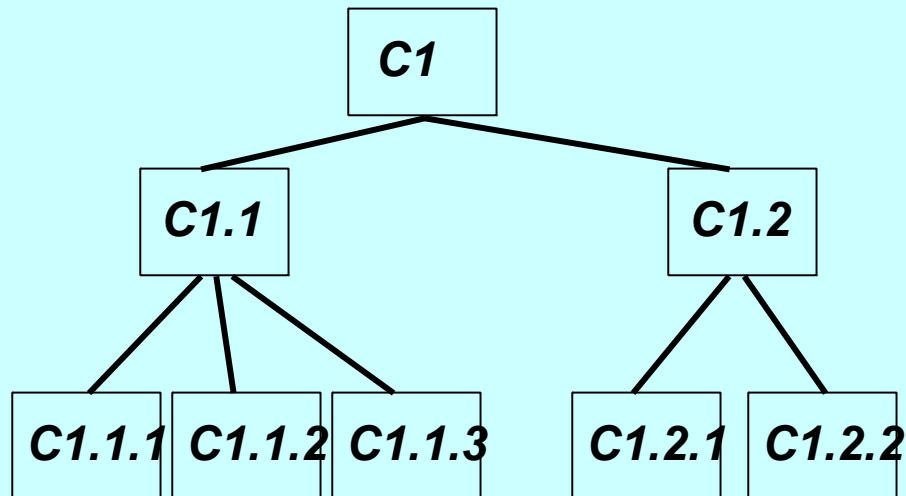


**ÁRVORE DE VALORES**

# O PROCESSO DECISÓRIO

## ANÁLISE DE MAPAS COGNITIVOS

Estrutura dos Mapas Cognitivos e Modelos Multicritério  
Árvore de Valores → critérios (PVs)



***Estrutura de um Modelo Multicritério:***

- árvore de valores;
- critério superior é definido pelo conjunto dos de nível inferior.

# O PROCESSO DECISÓRIO

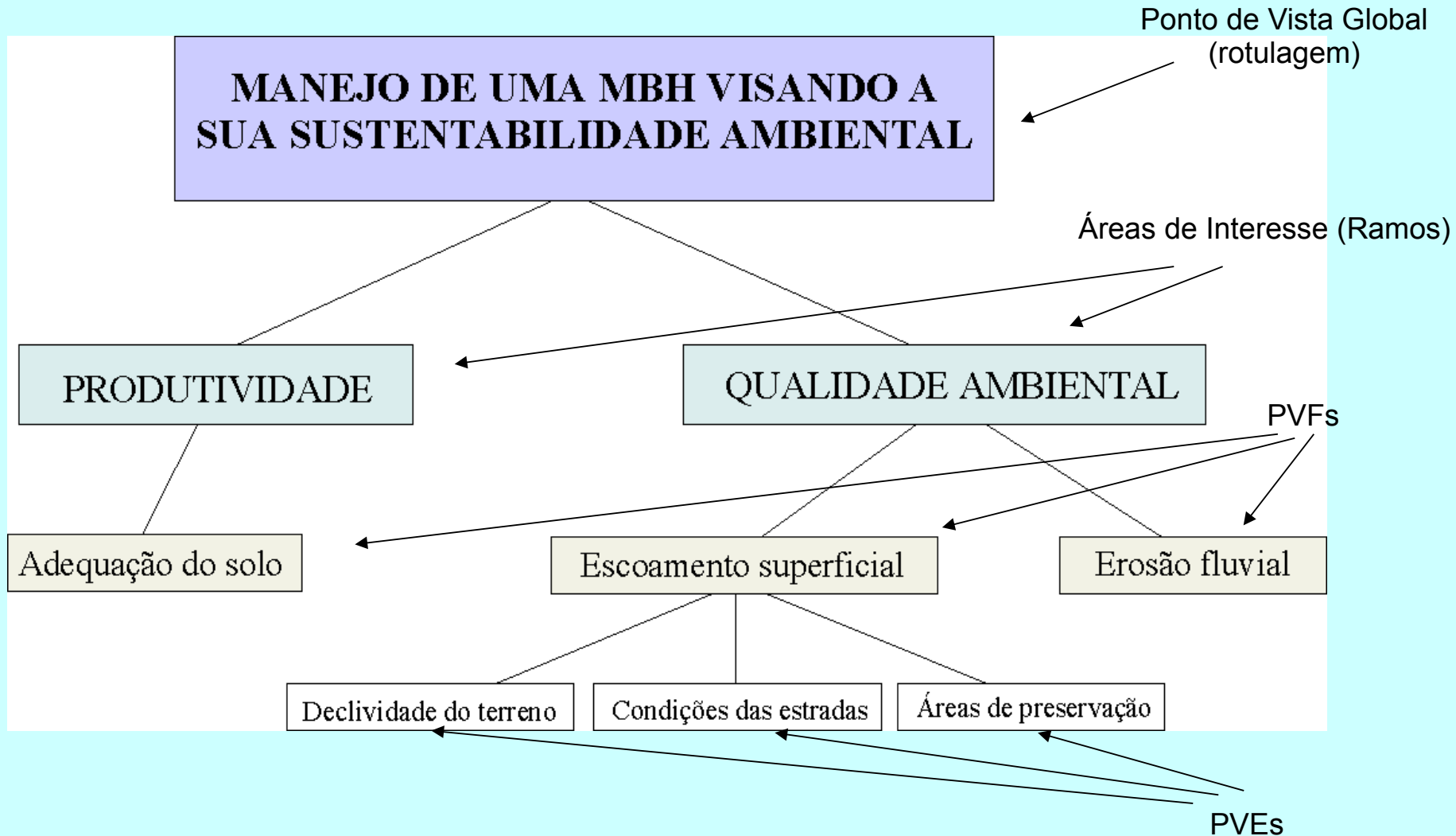
## ANÁLISE DE MAPAS COGNITIVOS

### *PVFs - Pontos de Vista Fundamentais:*

- *Aspectos que o(s) decisor(es) consideram essenciais e desejáveis no processo de avaliação das ações.*
- *Os critérios de avaliação são definidos pelos PVs.*

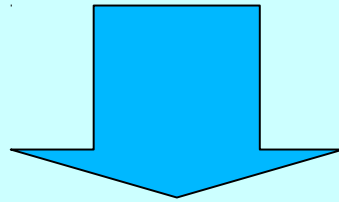
# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

## Árvore de valores → Pontos de Vista



# **GERAÇÃO DE CRITÉRIOS**

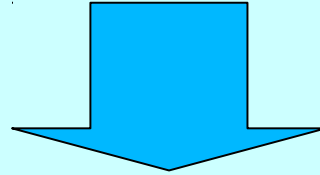
**AÇÕES (objetos) POTENCIAIS DOS PVFs**



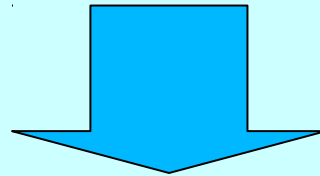
**Tipos de solos da área de estudo**

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

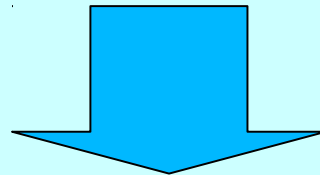
**PVFs**



**Descritores**

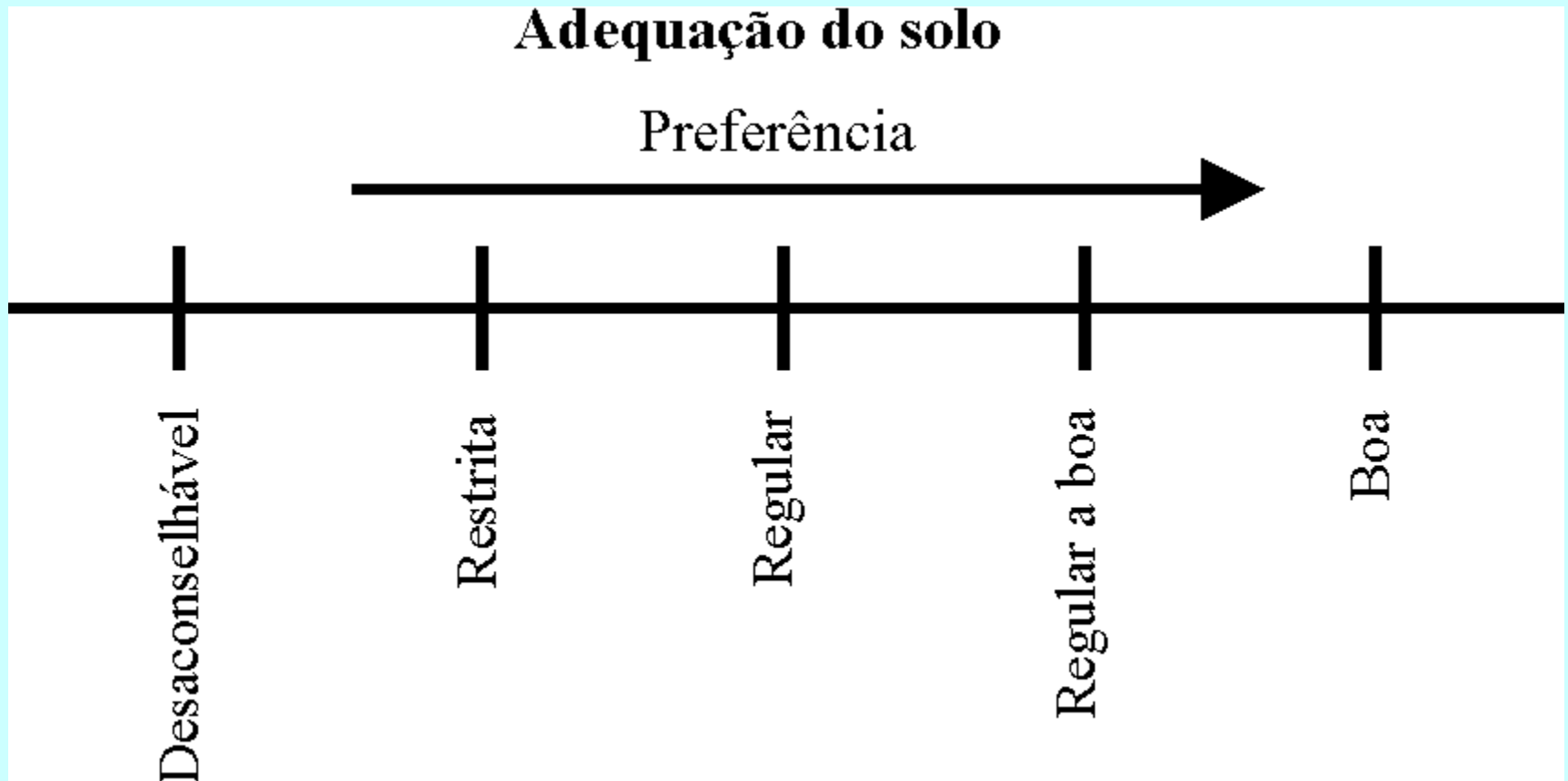


**Níveis de impacto**



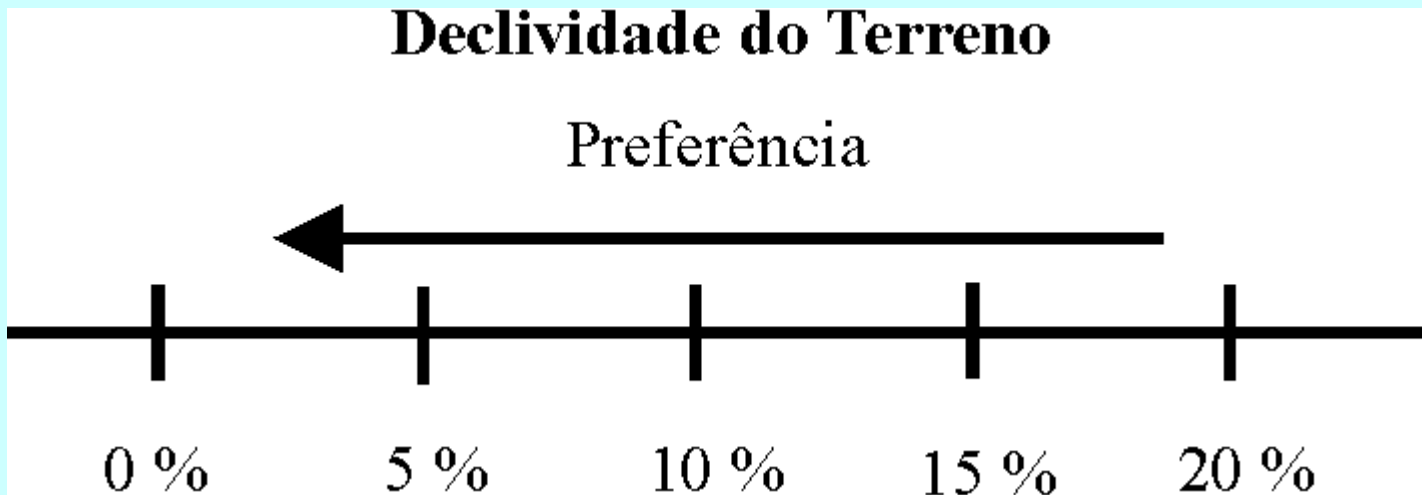
**Funções de valor**

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS



Descritor do PVF *adequação do solo*  
(vinculado à área de interesse (ramo) "produtividade")

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS



Descritor do PVE *declividade do terreno* (vinculado à área de interesse “qualidade ambiental”)



# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS



Níveis de referência “bom” e “neutro” do PVF *adequação do solo*

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5		Solo com boa adequação ao cultivo
N4	Bom	Solo com adequação ao cultivo de regular a boa
N3		Solo com regular adequação ao cultivo
N2	Neutro	Solo com uso restrito ao cultivo
N1		Solo desaconselhável ao cultivo

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Descrição
N5		Plantio em áreas com declividades menores ou iguais a 5%
N4	Bom	Plantio em áreas com declividades maiores do que 5% e menores ou iguais a 10 %
N3		Plantio em áreas com declividades maiores do que 10% e menores ou iguais a 15%
N2	Neutro	Plantio em áreas com declividades maiores do que 15 e menores ou iguais a 20%
N1		Plantio em áreas com declividades maiores do que 20%

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

**Além destas ações, foram realizados testes de independência entre os PVs, onde foram feitas indagações do tipo:**

- Considerando-se um terreno com um solo com boas características, é preferível dispor-se, na área, de declividades menores do que 5% ou maiores do que 20%?
- Considerando-se um terreno com um solo cujas características sejam desfavoráveis, é preferível dispor-se, na área, de declividades menores do que 5% ou maiores do que

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

- As funções de valores foram criadas com o uso do software Macbeth a partir da diferença de atratividade (escala de 0 = sem atratividade a 6 = atratividade extrema) entre cada situação.
- Após, foi feita uma transformação onde os valores 0 e 100 representam os níveis neutro e bom, respectivamente.

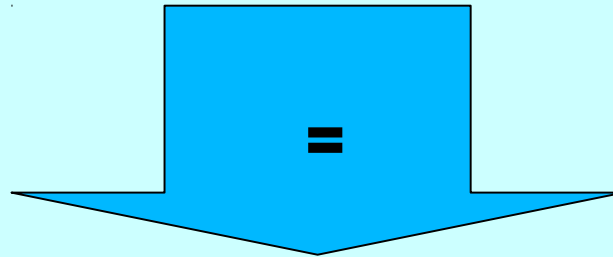
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Função de valor original	Função de valor transformada
N5		100	140
N4	Bom	84,62	100
N3		69,23	60
N2	Neutro	46,15	0
N1		0	-120

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

**FUNÇÃO DE VALOR**

+

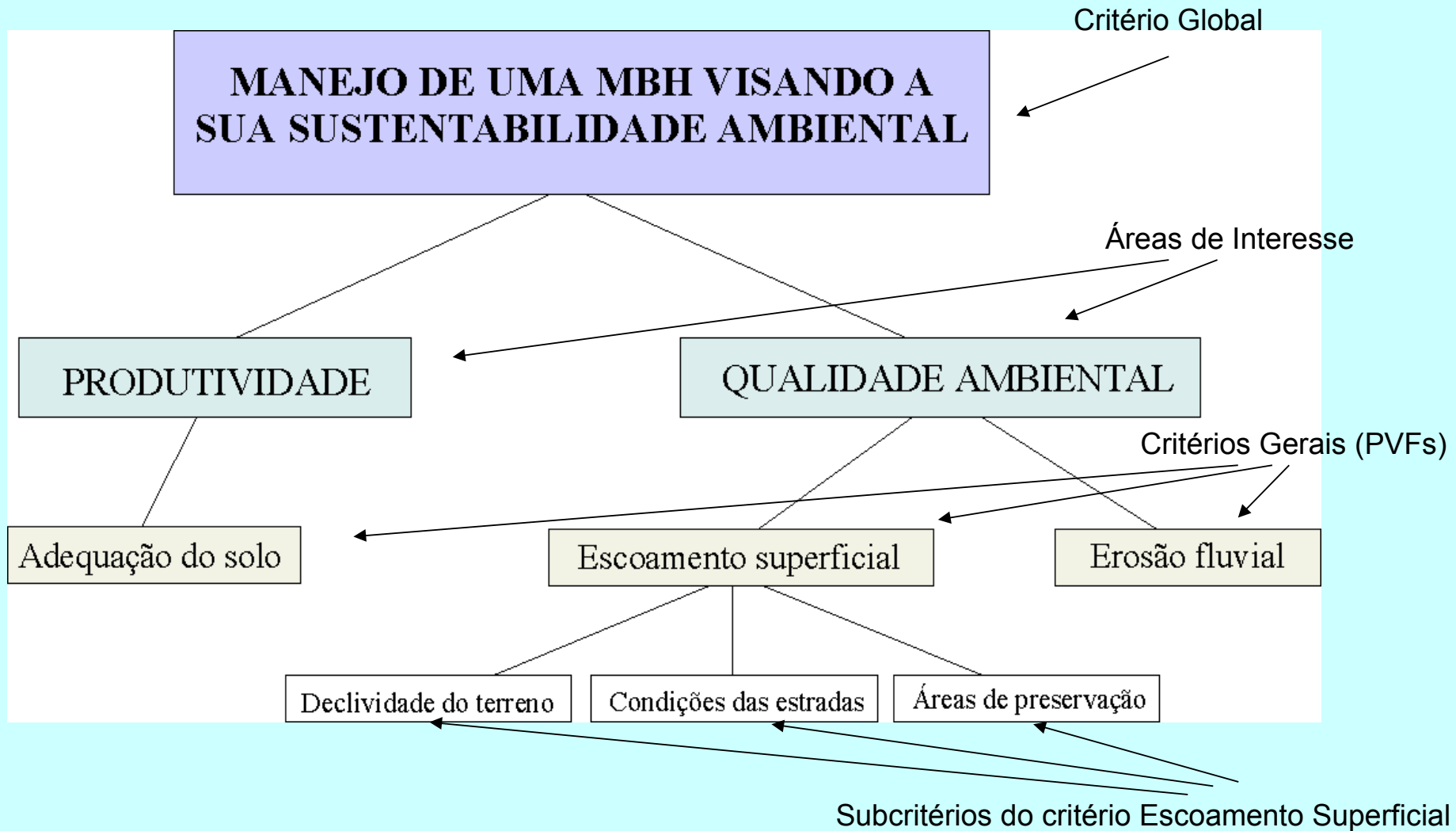
**DESCRITOR**



**CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO**

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

## Árvore de valores → Critérios de Avaliação



# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

## ***CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO: função de valor***

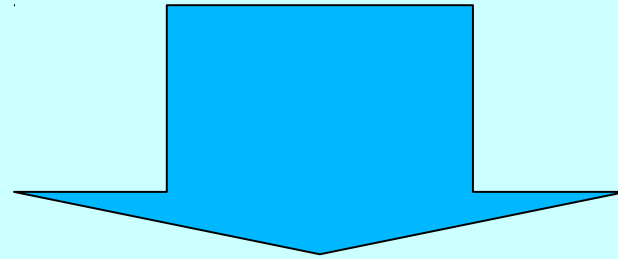
Níveis de Impacto	Níveis de Referência	Função de valor transformada
N5		140
N4	Bom	100
N3		60
N2	Neutro	0
N1		-120

Função de valor transformada do critério *adequação dos solos*

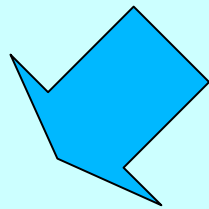


# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

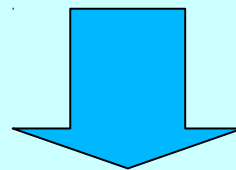
## DESEMPENHO DAS AÇÕES POTENCIAIS (tipos de solos)



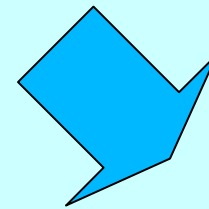
**Taxas de substituição (pesos) dos critérios de avaliação**



**Escoamento Superficial**



**Erosão Fluvial**



**Adequação dos Solos**

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

Matriz de ordenação do conjunto de critérios gerais

	<b>Escoame nto Superfici al</b>	<b>Erosão Fluvial</b>	<b>Adequação dos solos</b>	<b>Som a</b>	<b>Orde m</b>
<b>Escoame nto Superfici al</b>	-	1	1	2	1°
<b>Erosão Fluvial</b>	0	-	1	1	2°
<b>Adequaç</b>	0	0	-	0	3°

Obs.: o valor 1 indica a ação preferencial

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

Matriz de julgamento semântico dos critérios

	Escoamento Superficial I	Erosão Fluvial	Adequação dos solos	A0
Escoamento Superficial I	-	C3	C5	C6
Erosão Fluvial	-	-	C3	C6
Adequação dos solos	A0 é acrescentada para não haver taxas nulas.			C5

Obs.:

- O código C6 indica a ação preferencial.

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

Taxas de substituição (pesos) dos critérios

CRITÉRIO	TAXA DE SUBSTITUÇÃO
<b>Escoamento Superficial</b>	45,83%
<b>Erosão Fluvial</b>	33,33%
<b>Adequação dos solos</b>	20,84%

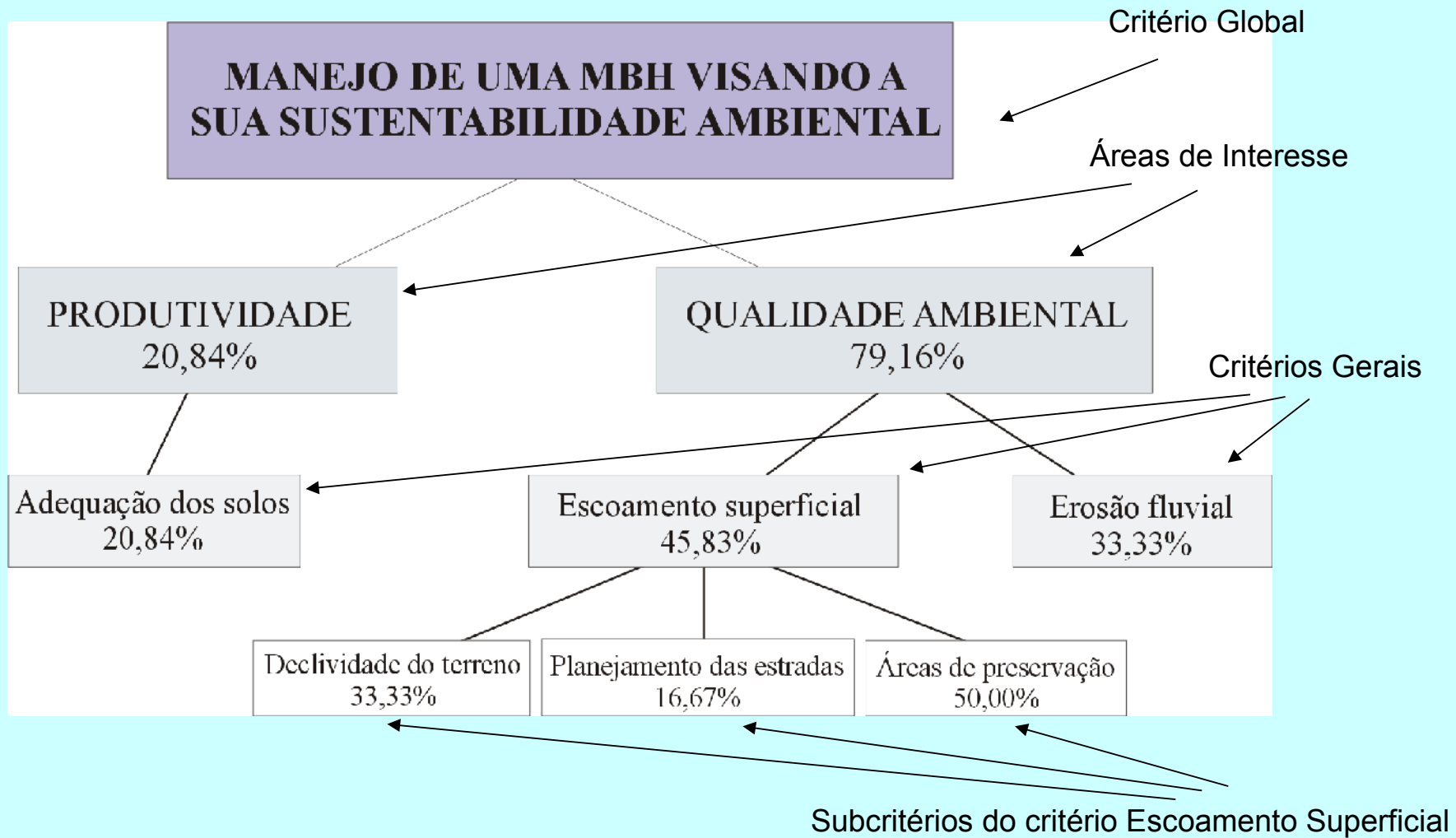
Obs.:

- O mesmo procedimento foi realizado para os subcritérios do critério “escoamento superficial”.

# GERAÇÃO DE CRITÉRIOS

## ÁRVORE DE VALOR

com as taxas de substituição adotadas para os critérios e subcritérios



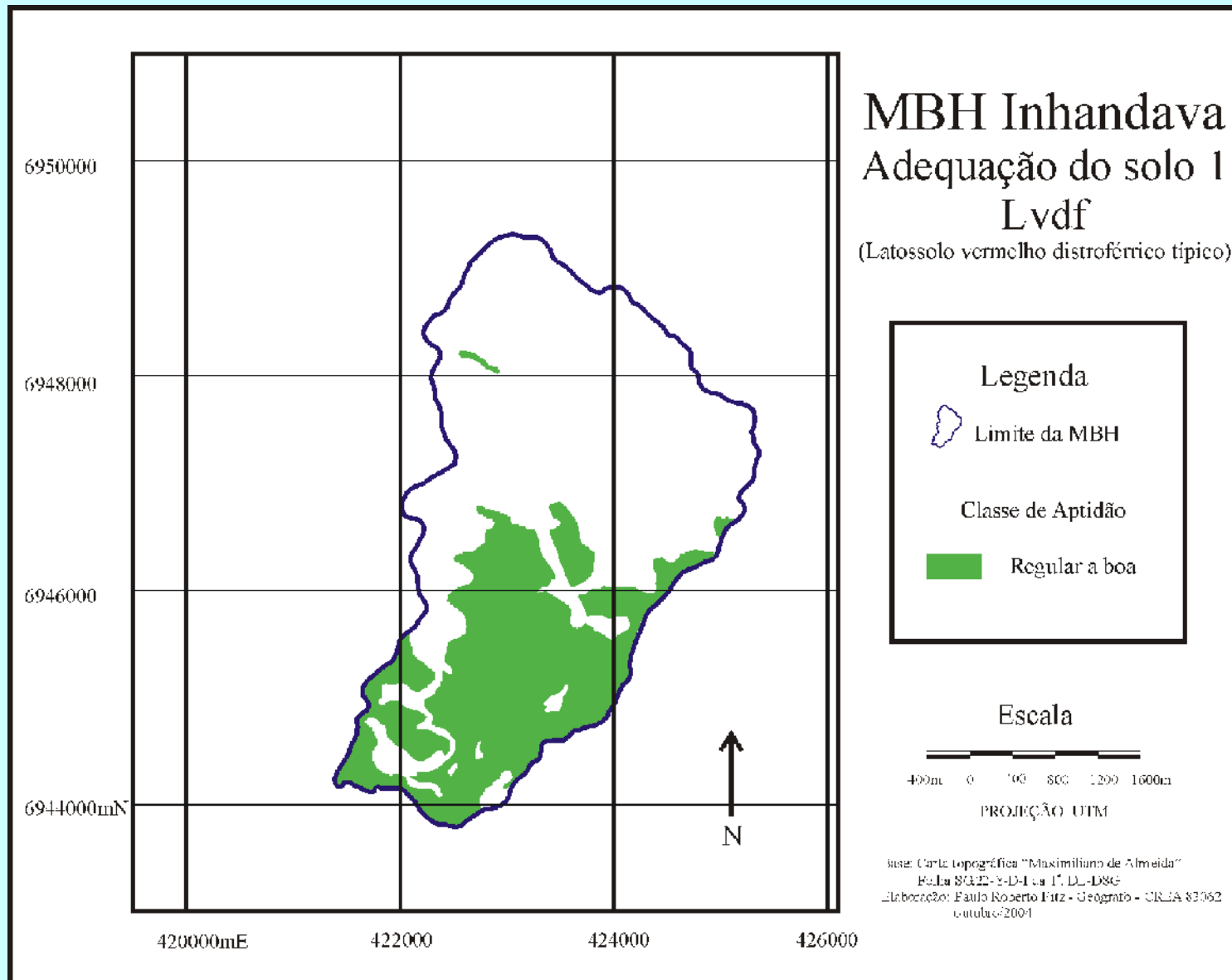
# RESULTADOS

## CRUZAMENTOS DAS INFORMAÇÕES

- Os diferentes tipos de solo → ações potenciais → foram individualizados → 9 (nove) mapas, cada qual com um tipo de solo específico.
- Cada mapa (solo) foi cruzado com o critério correspondente.
- Para visualizar melhor, serão apresentados os mapas correspondentes às áreas ocupadas pela ação potencial “solo 1”
  - Lvdf – Latossolo vermelho distroférico típico.

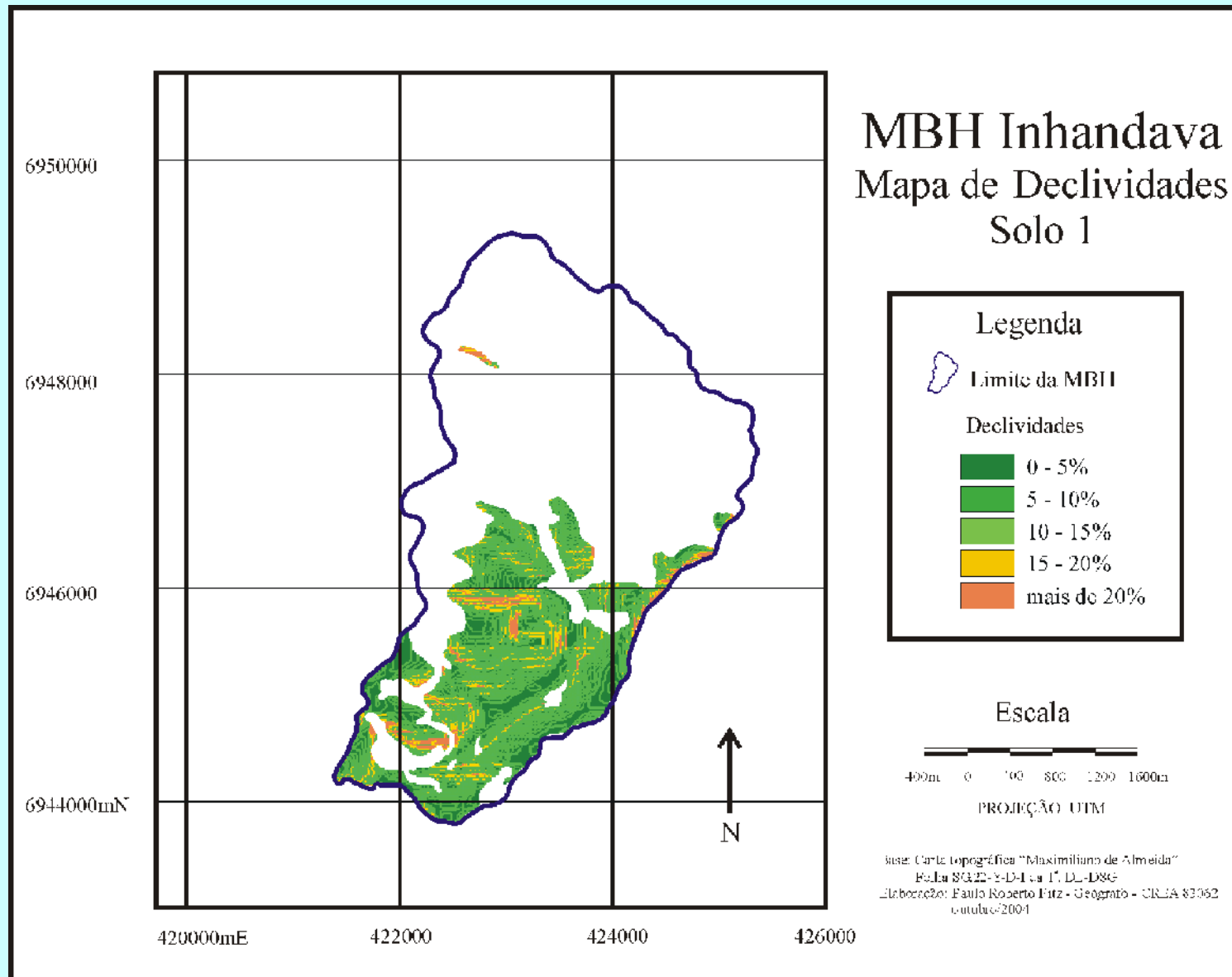
# RESULTADOS

## CRUZAMENTOS DAS INFORMAÇÕES



# RESULTADOS

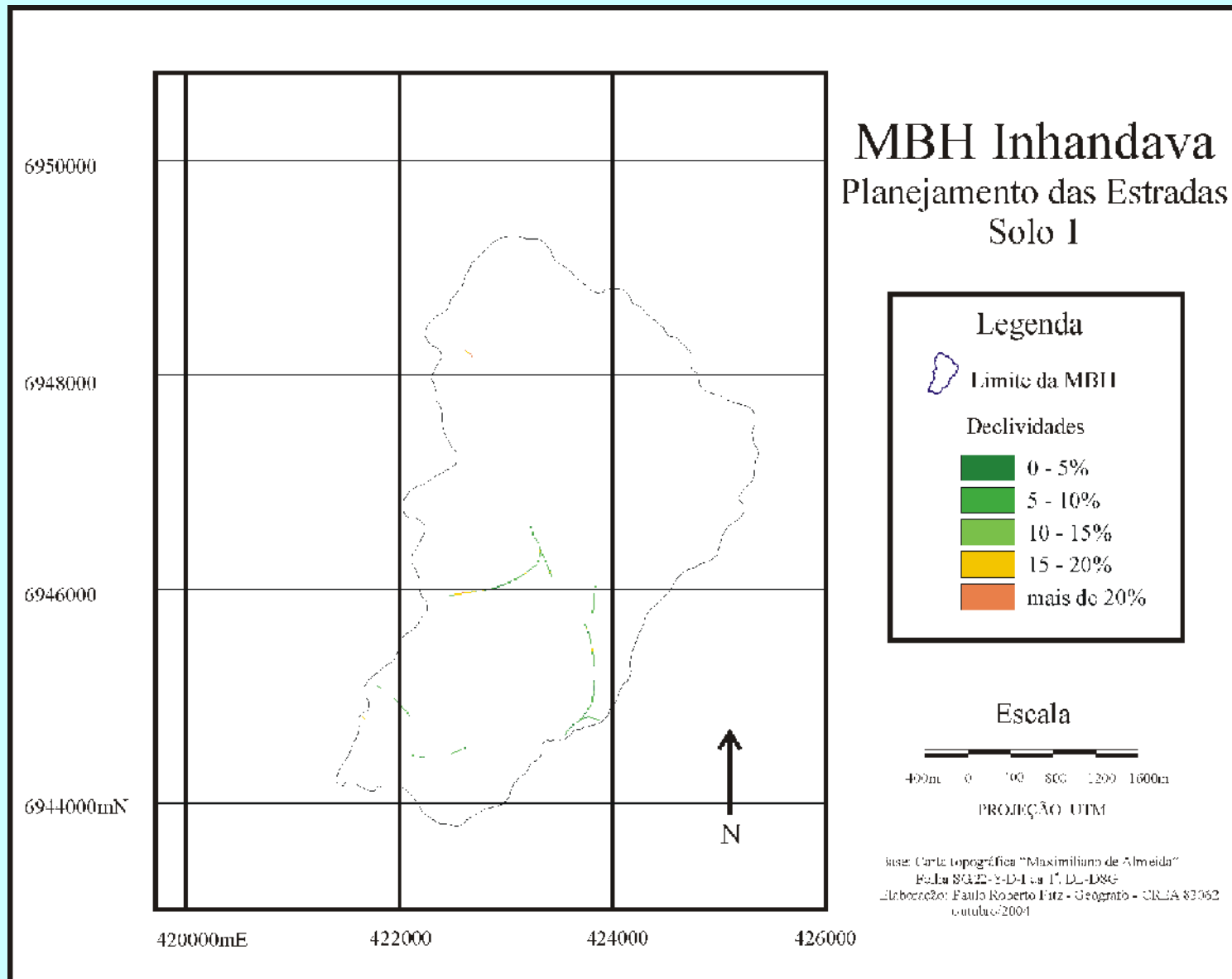
## CRUZAMENTOS DAS INFORMAÇÕES





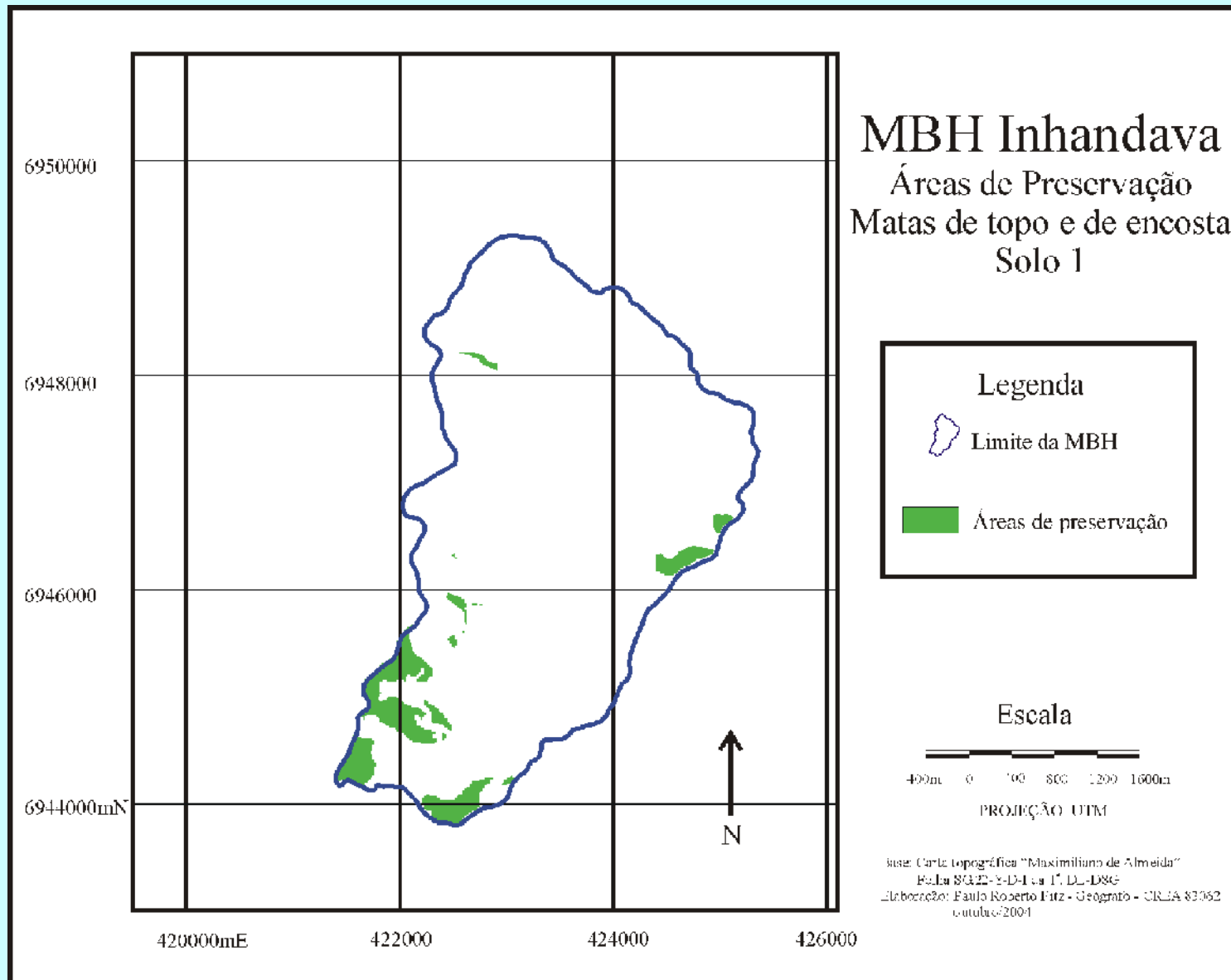
# RESULTADOS

## CRUZAMENTOS DAS INFORMAÇÕES



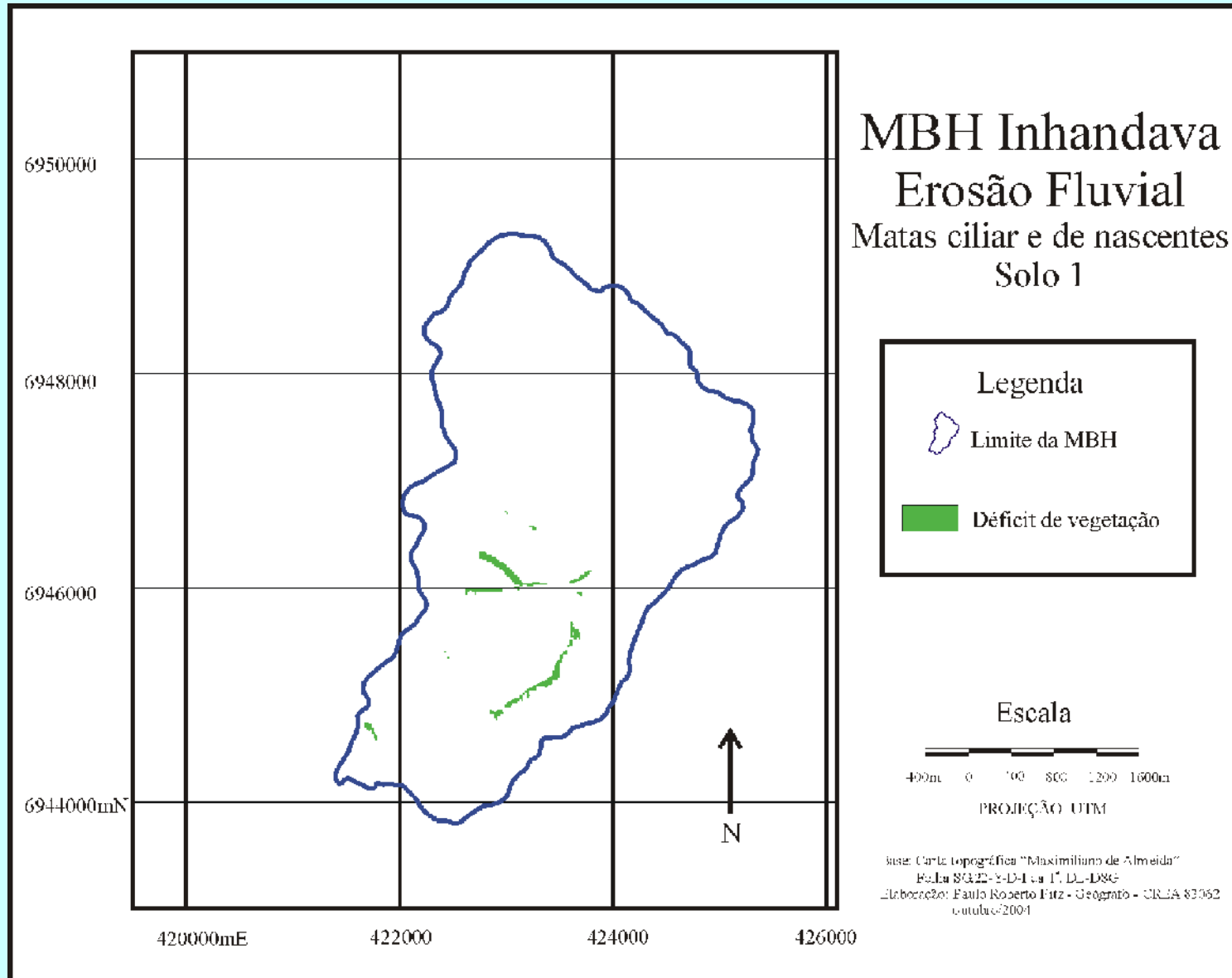
# RESULTADOS

## CRUZAMENTOS DAS INFORMAÇÕES



# RESULTADOS

## CRUZAMENTOS DAS INFORMAÇÕES



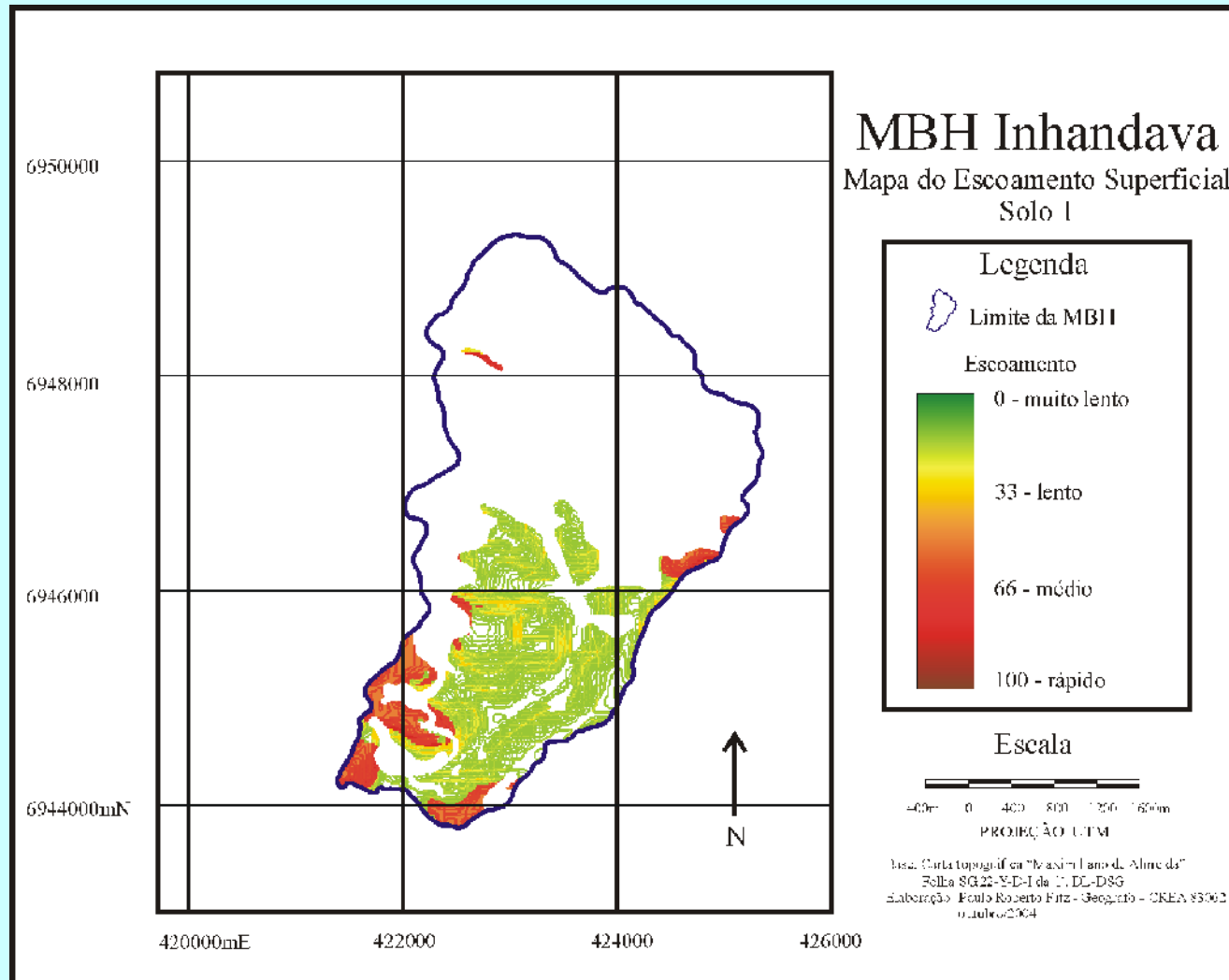
# RESULTADOS

## CRUZAMENTOS DAS INFORMAÇÕES

- A partir dos mapas (planos de informação) → avaliações locais e globais das ações potenciais → *tipos de solos*.
- Comparações caso a caso → tipos de solos (ações potenciais) com relação aos critérios e subcritérios utilizados com suas ponderações.

# ANÁLISES E RESULTADOS

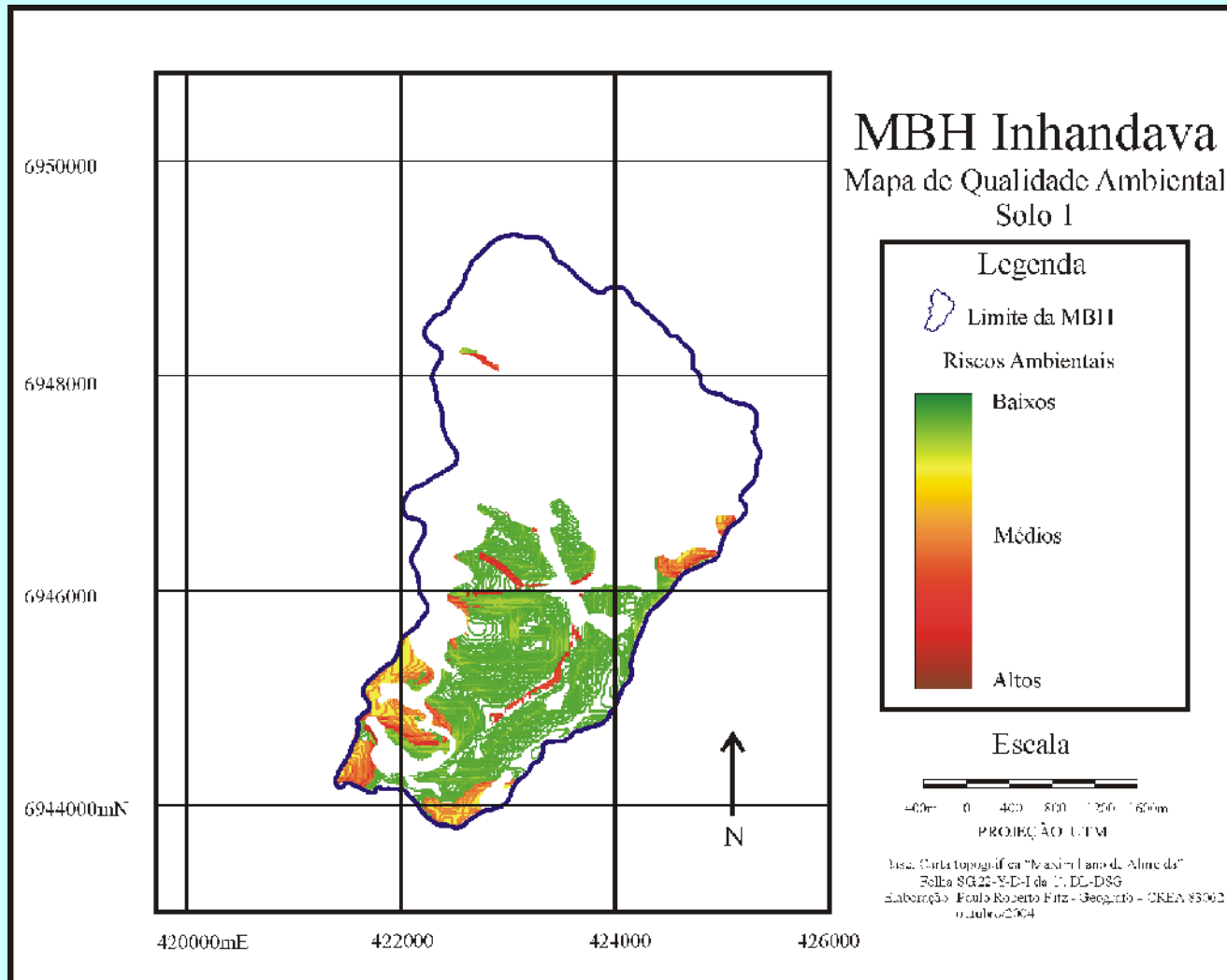
## ANÁLISE DAS AÇÕES POTENCIAIS: Escoamento Superficial – solo 1



# ANÁLISES E RESULTADOS

## ANÁLISE DAS AÇÕES POTENCIAIS:

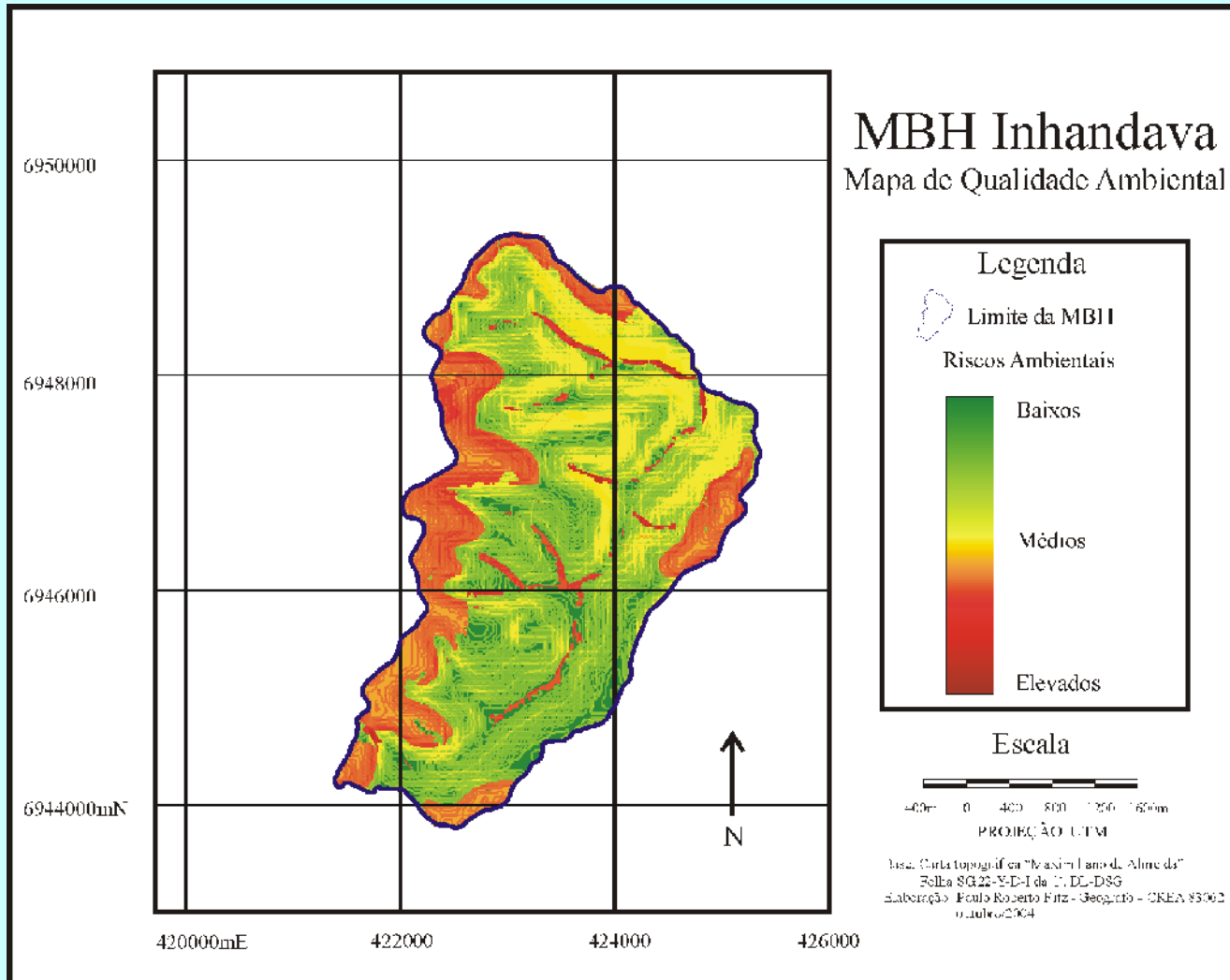
**Área de Interesse “Qualidade Ambiental” – solo 1 (cruzamento dos critérios escoamento superficial e erosão fluvial)**



# ANÁLISES E RESULTADOS

## ANÁLISE DAS AÇÕES POTENCIAIS:

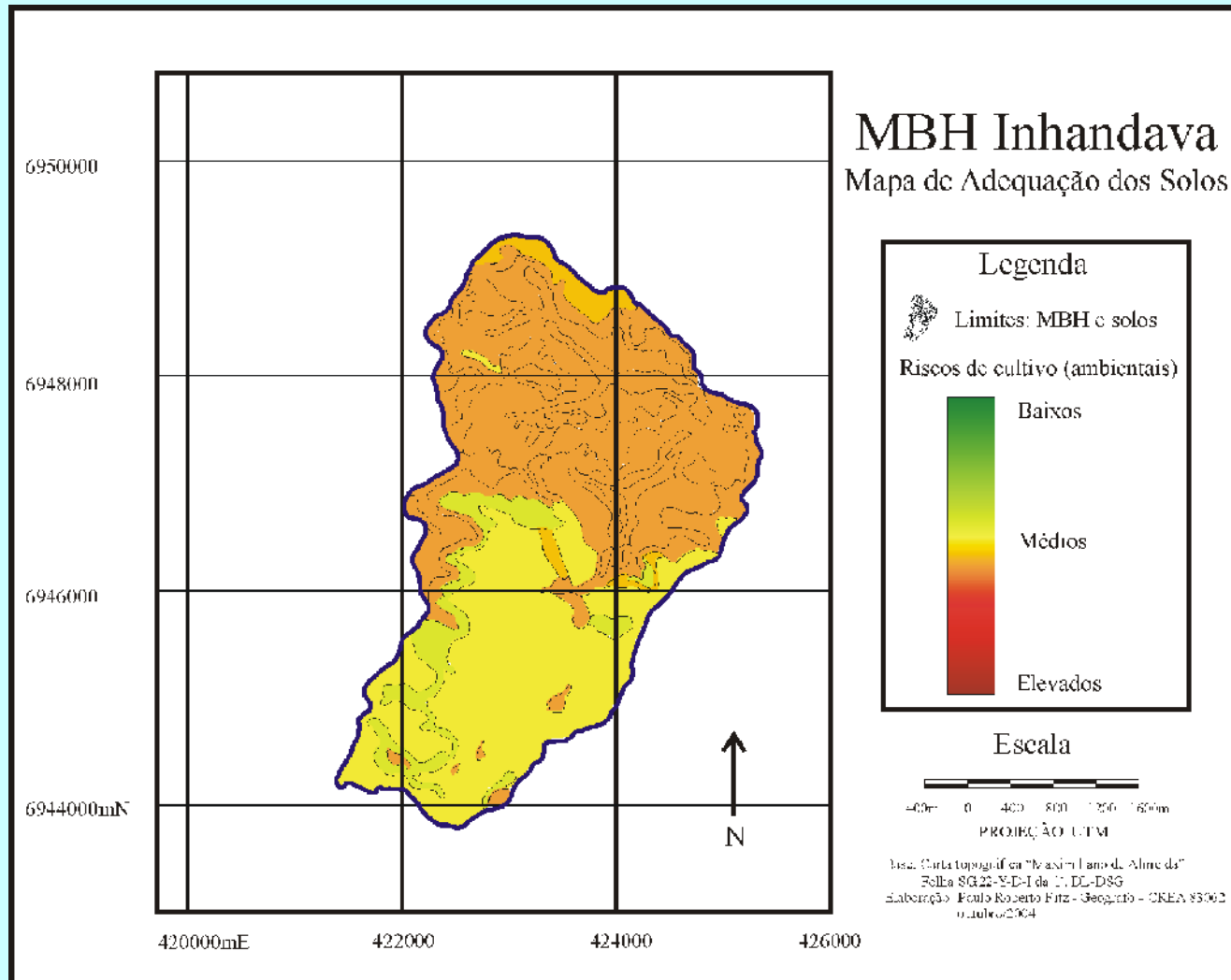
Área de Interesse “Qualidade Ambiental” – (cruzamento dos critérios escoamento superficial e erosão fluvial)



# ANÁLISES E RESULTADOS

## ANÁLISE DAS AÇÕES POTENCIAIS:

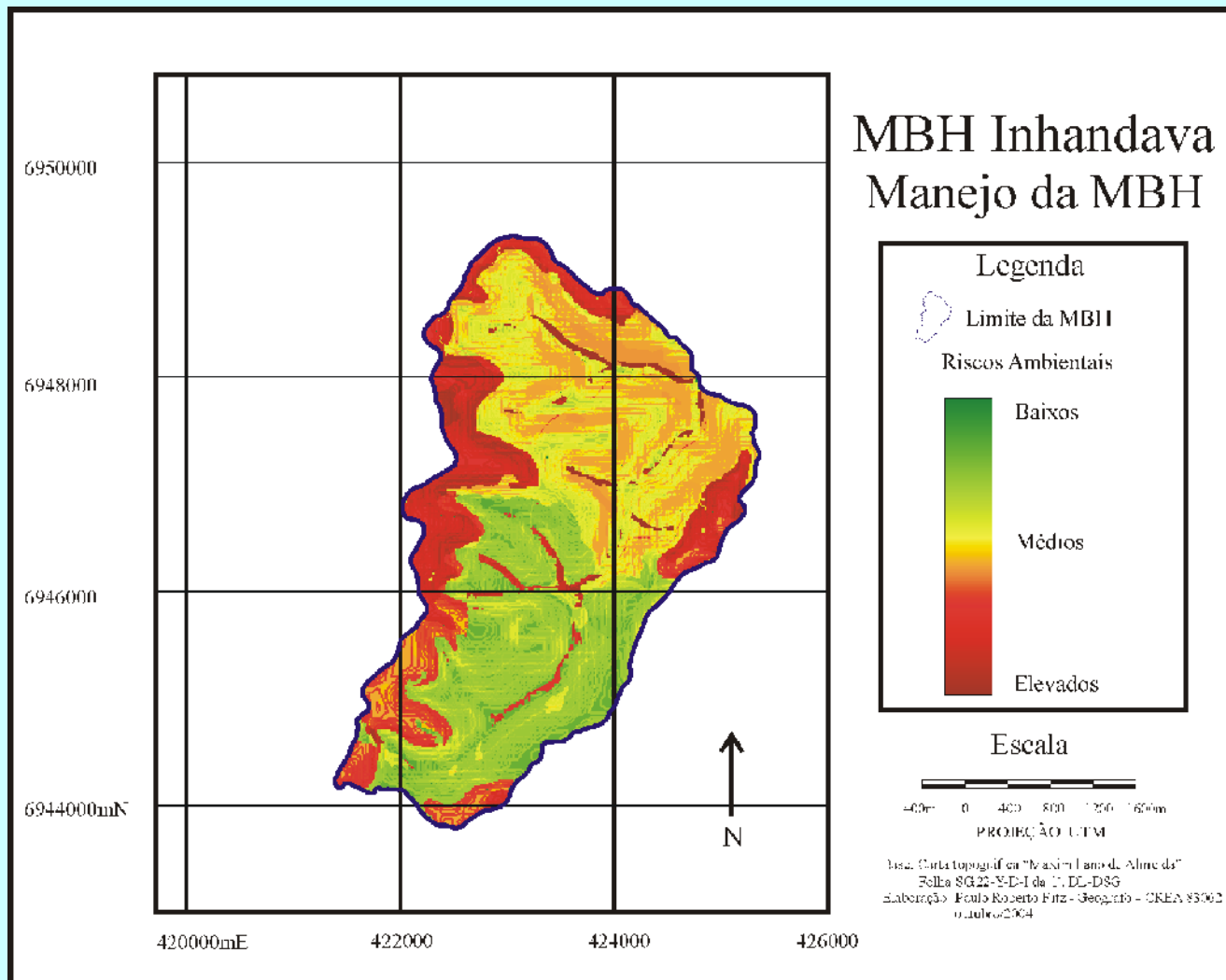
Área de Interesse “Produtividade” → critério adequação dos solos





# ANÁLISES E RESULTADOS

## ANÁLISE DAS AÇÕES POTENCIAIS: Cruzamento final: manejo da MBH



# **ANÁLISES E RESULTADOS**

## **ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DAS AÇÕES POTENCIAIS**

- Após a análise global das ações potenciais → análise de sensibilidade.
- Modelo considerado robusto → pequenas alterações promovidas em seus parâmetros não causam grandes variações em seus resultados.
- Modelo utilizado → robusto para uma variação de 10% induzida nos critérios.

# CONCLUSÕES

- A utilização de MCDA é trabalhosa, porém conduz a resultados bastante satisfatórios.
- Para fazer uso de MCDA é aconselhável a constituição de equipes multidisciplinares → transdisciplinaridade.
- Os resultados obtidos demonstram a propriedade de aplicação de MCDA para a geração de critérios a serem utilizados em SIGs.

# BIBLIOGRAFIA INDICADA

- ENSSLIN, Leonardo; MONTIBELLER NETO, Gilberto; NORONHA, Sandro Mac Donald. **Apoio à Decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**. Florianópolis: Insular, 2001.
- FITZ, Paulo Roberto. **Geração de múltiplos critérios para apoio à decisão em dados geoprocessados. Um estudo de caso: a microbacia hidrográfica de Inhandava, em Maximiliano de Almeida, RS**. 2005. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FITZ, Paulo Roberto. **Geração de critérios para o processo decisório na aplicação das técnicas de geoprocessamento**. In: Geosul, Florianópolis, v. 22, n. 44, p 95-116, jul./dez. 2007.
- FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- HASENACK, Henrich. O geoprocessamento no processo de tomada de decisão. In: **Boletim Gaúcho de Geografia n. 20**. Porto Alegre: AGB/PA, 1995. p. 185 – 188.
- LONGLEY, Paul A.; GOODCHILD, Michael F.; MAGUIRE, David J.; RHIND, David W. **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Porto Alegre, Artmed, 2012.
- MONTIBELLER NETO, Gilberto. **Mapas cognitivos: uma ferramenta de apoio à estruturação de problemas**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do autor, 2000.
- SOUZA, Francisco Carlos Bragança de. **Sistema de apoio à decisão em ambiente espacial aplicado em um estudo de caso de avaliação de áreas destinadas para deposição de resíduos sólidos na região metropolitana de Porto Alegre**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.