



# EUE 2011

9º Encontro de Utilizadores Esri Portugal

## Visão Unívoca

2 e 3 de Março de 2011 • Centro de Congressos de Lisboa



**esri** Portugal

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ESPACIAL DE APOIO À DECISÃO PARA O PLANEAMENTO DE REDES ESCOLARES

## SEADPRE



**Ricardo Bento**

Grupo de Estudos Territoriais da UTAD  
Escola de Ciências e Tecnologia



**EUE 2011**

9º Encontro de Utilizadores Esri Portugal

**Visão Unívoca**



# O GETER-UTAD

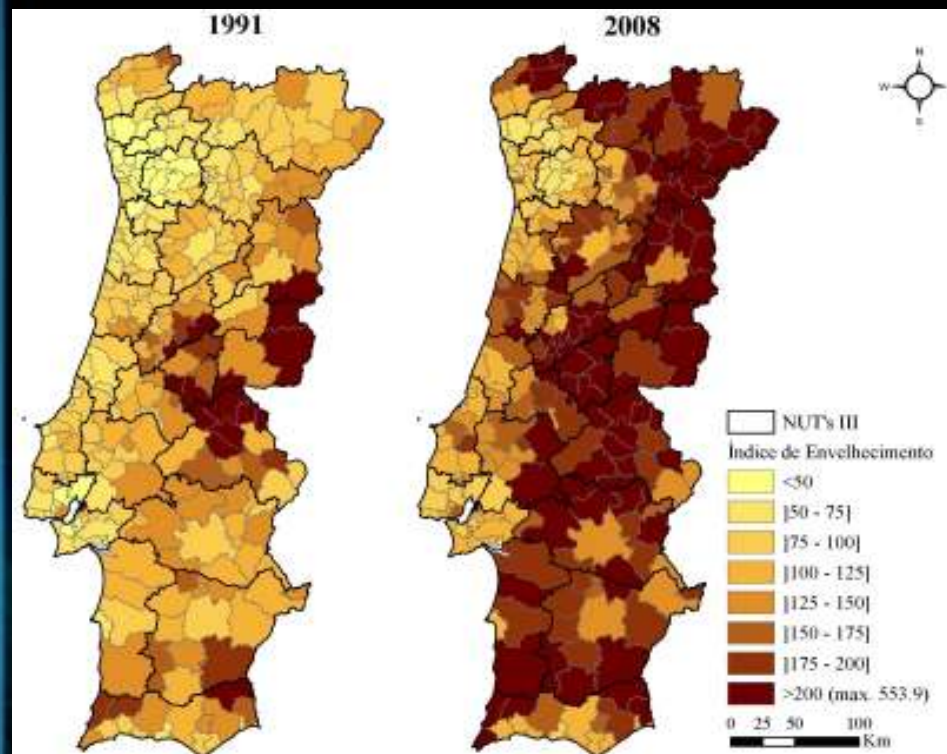
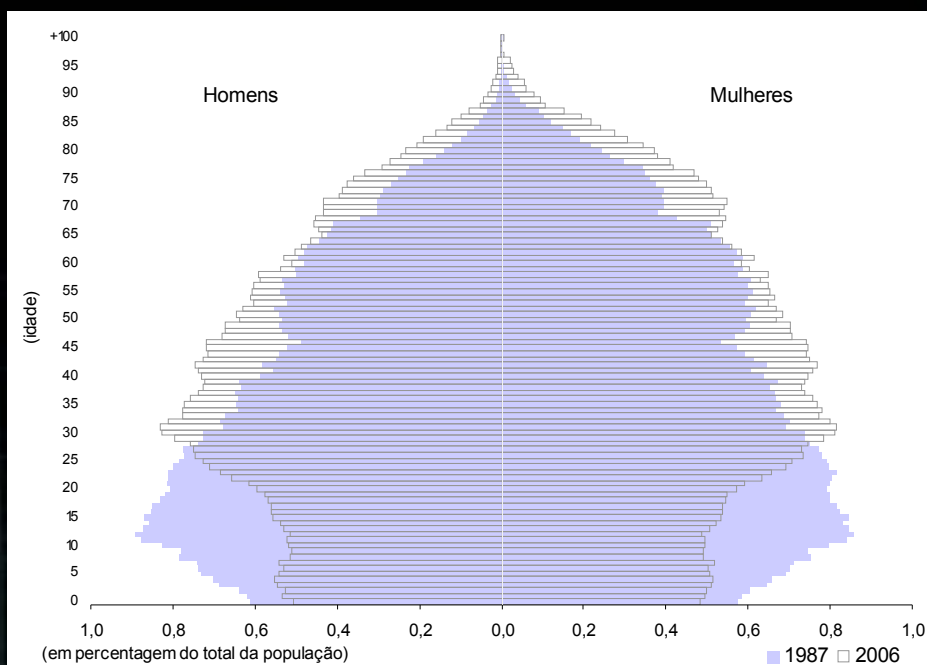
- Formado em 2002
- Equipa multidisciplinar
  - 6 Engenheiros Civis;
  - 1 Geógrafo;
  - 1 Engenheira Florestal;
  - 1 Ecóloga;
- Projectos de Extensão
  - Revisão/Elaboração IGT's (PDM, PU e PP, PROT's, PS, etc.);
  - Planos de Mobilidade;
  - ...
- Projectos de Investigação
  - Dispersão urbana;
  - Planeamento de Redes de Equipamentos Colectivos;
  - Mobilidade.

# RESUMO

- Enquadramento
- Problemáticas e Objectivos de Investigação
- Novo modelo de planeamento;
- Desenvolvimento do SEADPRE
  - Arquitectura;
  - Módulos desenvolvidos (modelos de geoprocessamento);
  - Interface.
- Caso Prático: Cenários de reordenamento intermunicipal da rede escolar da AMVDN
- Próximos passos...

# ENQUADRAMENTO

## Fortes alterações demográficas



Fonte: INE

Fonte: INE, Estimativas Anuais da População Residente.

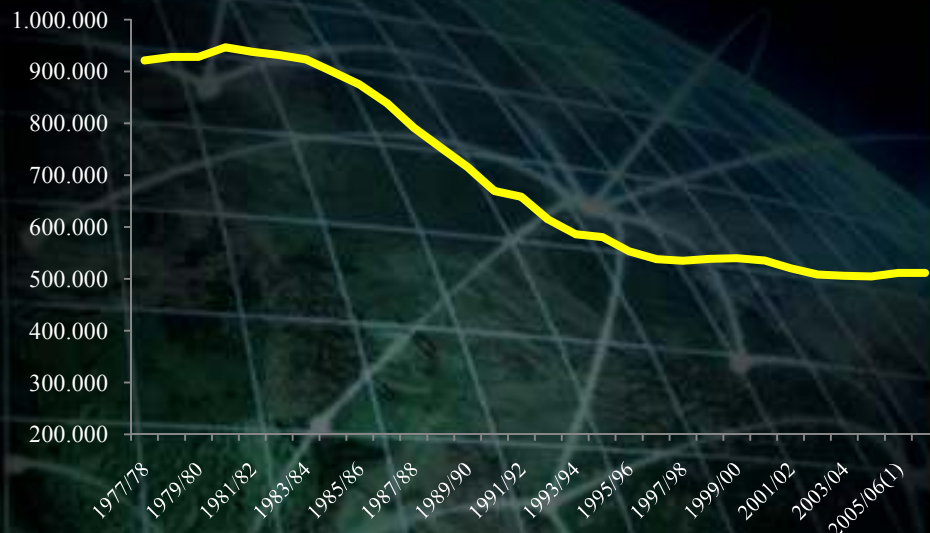
# ENQUADRAMENTO

Fortes alterações  
demográficas



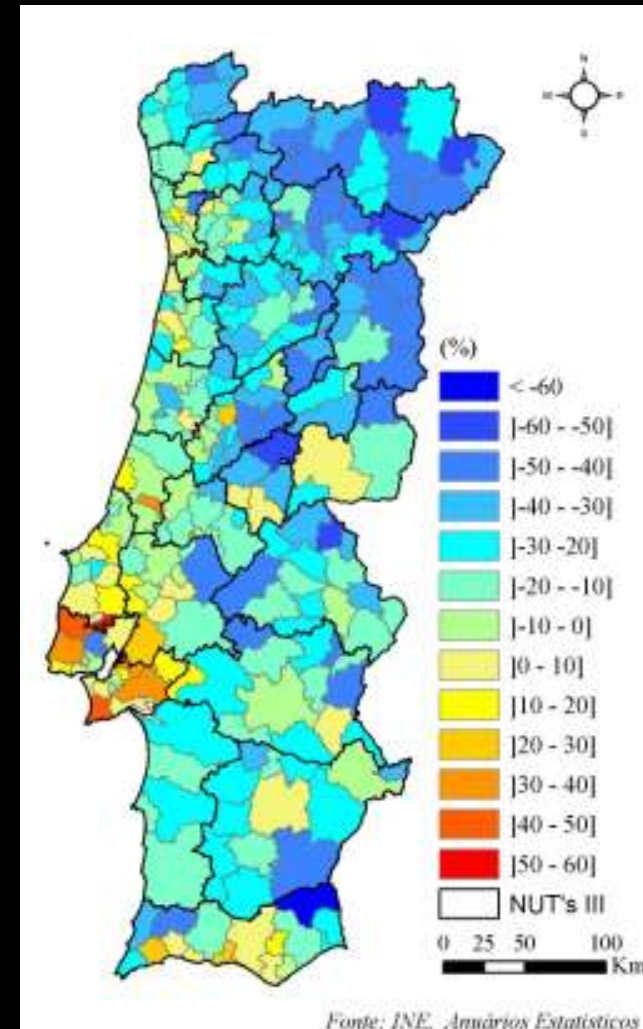
Redução substancial da  
procura escolar

Evolução do nº de alunos inscritos do 1º ciclo do ensino básico em Portugal



Fonte: (GIASE/ME, 2006a; 2006b)

Taxa de variação do nº de alunos inscritos no  
1º CEB (1996-2007)



# ENQUADRAMENTO

Fortes alterações  
demográficas

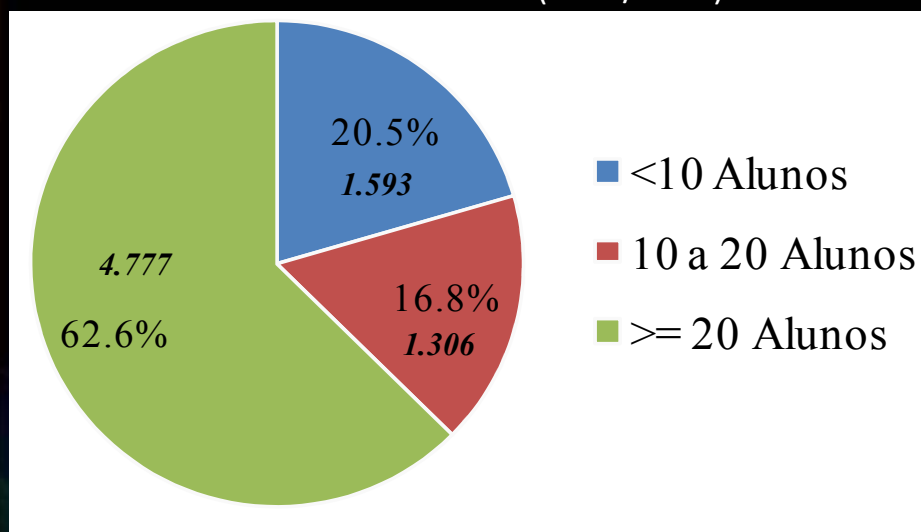


Redução substancial da  
procura escolar



Desajustamento global do  
parque escolar

Escolas que leccionam o 1º Ciclo por  
escalação de dimensão (2005/2006)



Fonte: GIASE/ME- Recenseamento Escolar Anual

# ENQUADRAMENTO

Fortes alterações  
demográficas



Redução substancial da  
procura escolar

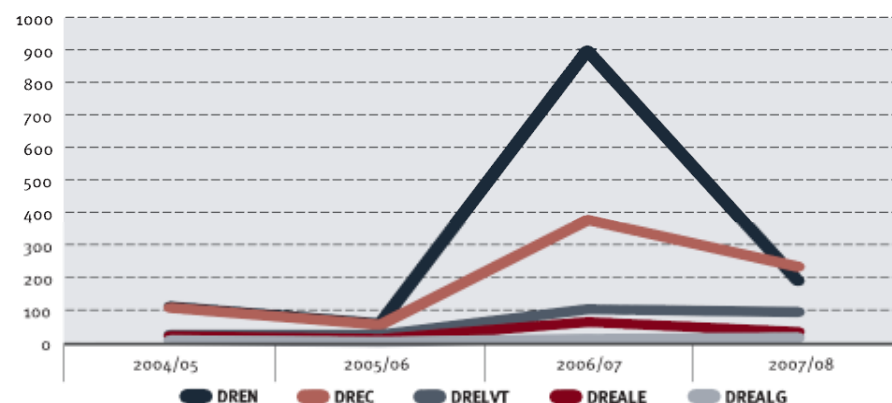


Desajustamento global do  
parque escolar



Processo nacional de  
reordenamento (2004)

Número de escolas fechadas nos anos lectivos de 2004/05 a 2007/08



Fonte: Relatório Nacional – Anexo 2 (GEPE), adaptado de (Matthews, et al., 2009, p.35)

# ENQUADRAMENTO

Fortes alterações  
demográficas



Redução substancial da  
procura escolar



Desajustamento global do  
parque escolar



Processo nacional de  
reordenamento (2004)

## Cartas Educativas - Ponto de Situação (2010)



<http://w3.gepe.min-edu.pt/Cartas/Mapa/MapaCartas.gif>

# PROBLEMÁTICAS E OBJECTIVOS DE INVESTIGAÇÃO

## “PROBLEMÁTICAS”

- Múltiplas entidades com visões antagónicas
- Carências ao nível da dimensão técnica de algumas propostas
- Processos de reordenamento “exclusivamente” municipais

## OBJECTIVOS DE INVESTIGAÇÃO

- Integrar modelos de localização-alocação no planeamento escolar  
*(racionalidade no processo!)*
- Desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão que permitisse avaliar e comparar múltiplos cenários
- Avaliar potencialidades do planeamento à escala intermunicipal

# NOVO MODELO DE PLANEAMENTO

- CARACTERÍSTICAS

- Baseado no modelo da *p-mediana* (*maximização da acessibilidade*)
- Planeamento hierárquico da rede escolar
- Integra restrições previstas pelo Ministério da Educação
  - Modularidade (EB1 – 4 salas | EB23 – 5 salas)
  - Distâncias máximas casa-escola (Irradiação)
  - Limites de capacidade por sala/turma
  - Limites de intervenção na rede (nº de encerramentos/aberturas)
- Outras restrições “não formais”
  - Alocação unívoca dos alunos às escolas
  - Coerência entre níveis de escolaridade
  - Hierarquia dos aglomerados (efeito cidade → vila → aldeia)

# NOVO MODELO DE PLANEAMENTO

Minimizar  $\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} d_{ij} u_{is} x_{ijs}$   
 Sujeito a:

$$\sum_{j \in J} x_{ijs} = 1, \forall i \in I, s \in S,$$

$$x_{ijs} \leq Y_{js}^E + Y_{js}^N, \forall i \in I, j \in J, s \in S,$$

$$\sum_{k \in J | d_{ik} \leq d_{ij}} x_{ijs} \geq Y_{js}^E, \forall i \in I, j \in J, s \in S,$$

$$\sum_{k \in J | d_{ik} \leq d_{ij}} x_{ijs} \geq Y_{js}^N, \forall i \in I, j \in J, s \in S,$$

$$z_{js}^E + z_{js}^N = \sum_{i \in I} x_{ijs} u_{is}, \forall j \in J, s \in S,$$

$$w_{js}^E \geq m_s Y_{js}^E, \forall j \in J, s \in S,$$

$$w_{js}^E \leq B_{js} Y_{js}^E, \forall j \in J, s \in S,$$

$$w_{js}^N \geq m_s Y_{js}^N, \forall j \in J, s \in S,$$

$$w_{js}^N \leq M_s Y_{js}^N, \forall j \in J, s \in S,$$

$$z_{js}^E \geq w_{js}^E c_s^{Emin}, \forall j \in J, s \in S,$$

$$z_{js}^E \leq w_{js}^E c_s^{max}, \forall j \in J, s \in S,$$

$$z_{js}^N \geq w_{js}^N c_s^{Nmin}, \forall j \in J, s \in S,$$

$$z_{js}^N \leq w_{js}^N c_s^{max}, \forall j \in J, s \in S,$$

$$z_{js}^E \geq B_{js} Y_{js}^N c_s^{max} R, \forall j \in J, s \in S,$$

$$Y_{js}^N \leq Y_{jt}^E + Y_{jt}^N + Y_{js}^E, \forall j \in J, \forall s, t \in S | s > t,$$

$$\sum_{j \in J} w_{js}^E \geq \left( \sum_{j \in J} w_{js}^0 \right) - F_s, \forall s \in S,$$

$$\sum_{j \in J} w_{js}^N \leq P_s, \forall s \in S,$$

$$x_{ijs} = 0, \forall i \in I, j \in J, s \in S | t_i > t_j,$$

$$x_{ijs} = 0, \forall i \in I, j \in J, s \in S | d_{ij} > D_s,$$

$$x_{ijs} \in \{0,1\}, \forall i \in I, j \in J, s \in S,$$

$$Y_{js}^E \in \{0,1\}, Y_{js}^N \in \{0,1\}, \forall j \in J, s \in S,$$

$$w_{js}^E \geq 0, w_{js}^N \geq 0, z_{js}^E \geq 0, z_{js}^N \geq 0, \forall i \in I, j \in J, s \in S.$$

# NOVO MODELO DE PLANEAMENTO

The screenshot displays the Xpress-MP software interface. The main window shows a script for a location planning model. The script includes declarations for sets of origins and destinations, data for distances and existing facilities, and logic for assigning new facilities to the nearest existing ones. The objective function aims to maximize accessibility, calculated as the sum of distances from origins to destinations, weighted by the number of facilities at each destination.

```
Model:array(destinos)of npxar
end-declarations

setparam("SQLverbose", true) / Enable ODBC message printing in case of error
setparam("SQLindexcol", true)

SQLexecute("select POINT_X from demand order by OBJECTID", Xorigem)
SQLexecute("select POINT_Y from demand order by OBJECTID", Yorigem)
SQLexecute("select POINT_X from supply order by OBJECTID", Xdestino)
SQLexecute("select POINT_Y from supply order by OBJECTID", Ydestino)

SQLexecute("select demand from demand order by OBJECTID", [procura])
SQLexecute("select supply from supply order by OBJECTID", [Modulos])
SQLexecute("select type from demand order by OBJECTID", [tipo_origem])
SQLexecute("select type from supply order by OBJECTID", [tipo_destino])

/Limite máximo de Distância
forall(i in origens, j in destinos|Distancia(i,j)>Dmax) Atrib(i,j)= 0

/Função Objectivo: maximizar acessibilidade
Distancia_agregada:= (sum(i in origens)sum(j in destinos|>i)Distancia(i,j)*procura(i)*Atrib(i,j))/1000

/Satisfação de procura
forall(i in origens)sum(j in destinos) Atrib(i,j)= i

/Possibilidade de atribuição
forall(i in origens, j in destinos) Atrib(i,j)<=|ExisteE(j)+ExisteH(j)|

/Atribuição ao mais próximo para escolas existentes
forall (i in origens, j in destinos)sum(k in destinos|Distancia(i,k)<=Distancia(i,j)|Atrib(i,k)>= ExisteH(j)
/Atribuição ao mais próximo para escolas novas
forall (i in origens, j in destinos)sum(k in destinos|Distancia(i,k)<=Distancia(i,j)|Atrib(i,k)>=ExisteH(j)

/Atribuição ao mais próximo para escolas existentes
forall(i in origens, j in destinos)sum(k in destinos|Distancia(i,k)<=Distancia(i,j)|Atrib(i,k)>=ExisteH(j)
```

The Run window on the right shows the following optimization statistics:

Current optimization statistics			
Metric	Processed		
Rows(constants)	32172	Rows(constants)	991
Columns(variables)	11016	Columns(variables)	381
Nonzero elements	1146356	Nonzero elements	3708
Global entries	11016	Global entries	381
Sets	0	Sets	0
Set members	0	Set members	0

Global search results:

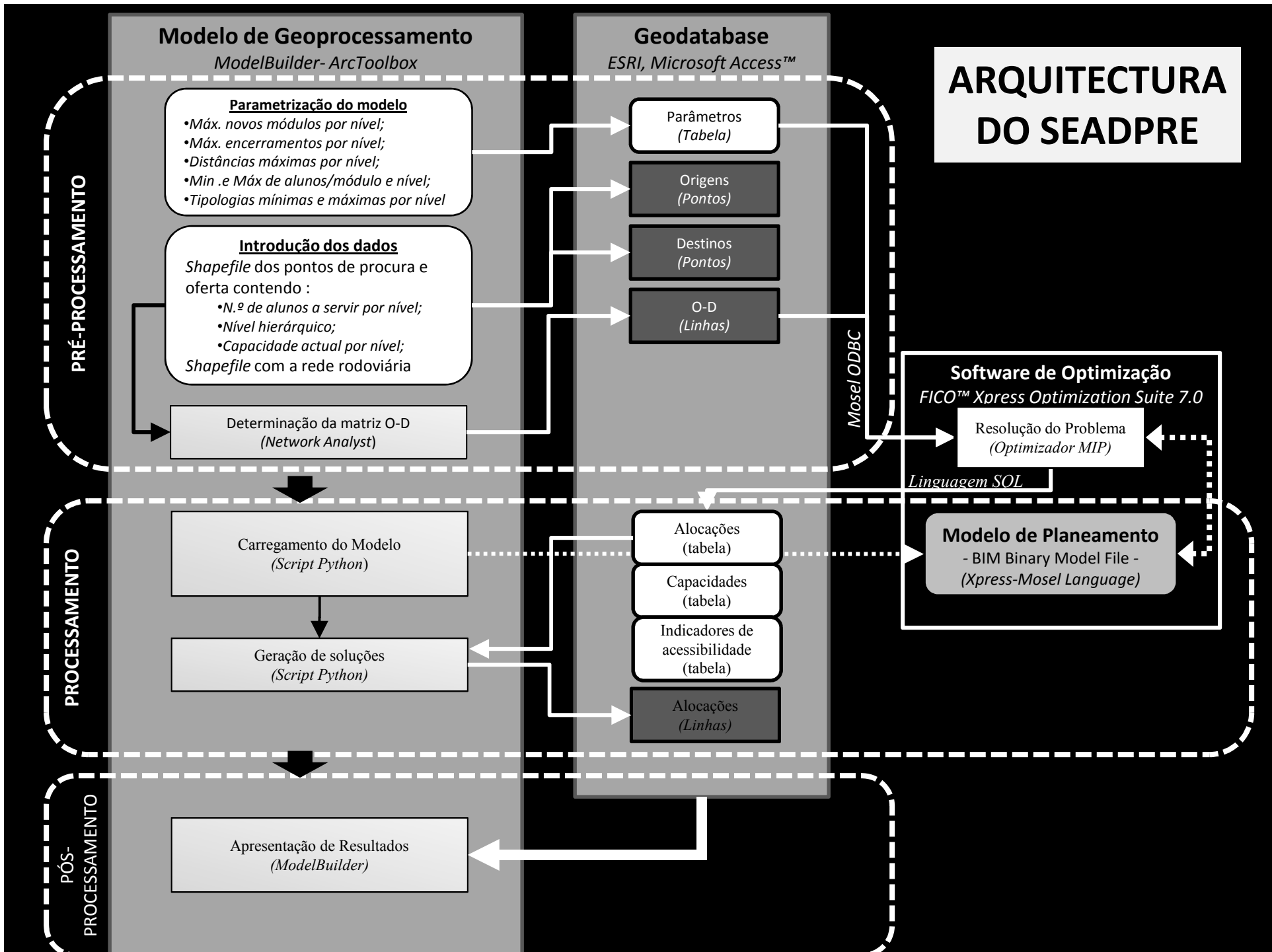
Global search:	
LP evaluation:	Global search:
Algorithm: Simplex dual	Current node: 1
Simplex iterations: 260	Depth: 1
Objective: 7616.25	Active nodes: 0
Status: LP Optimal	Best bound: 8454.18
Time: 2.6s	Best solution: 8454.18
	Gap: 0%
	Status: Solution is optimal
	Time: 3.1s

Time overheads:

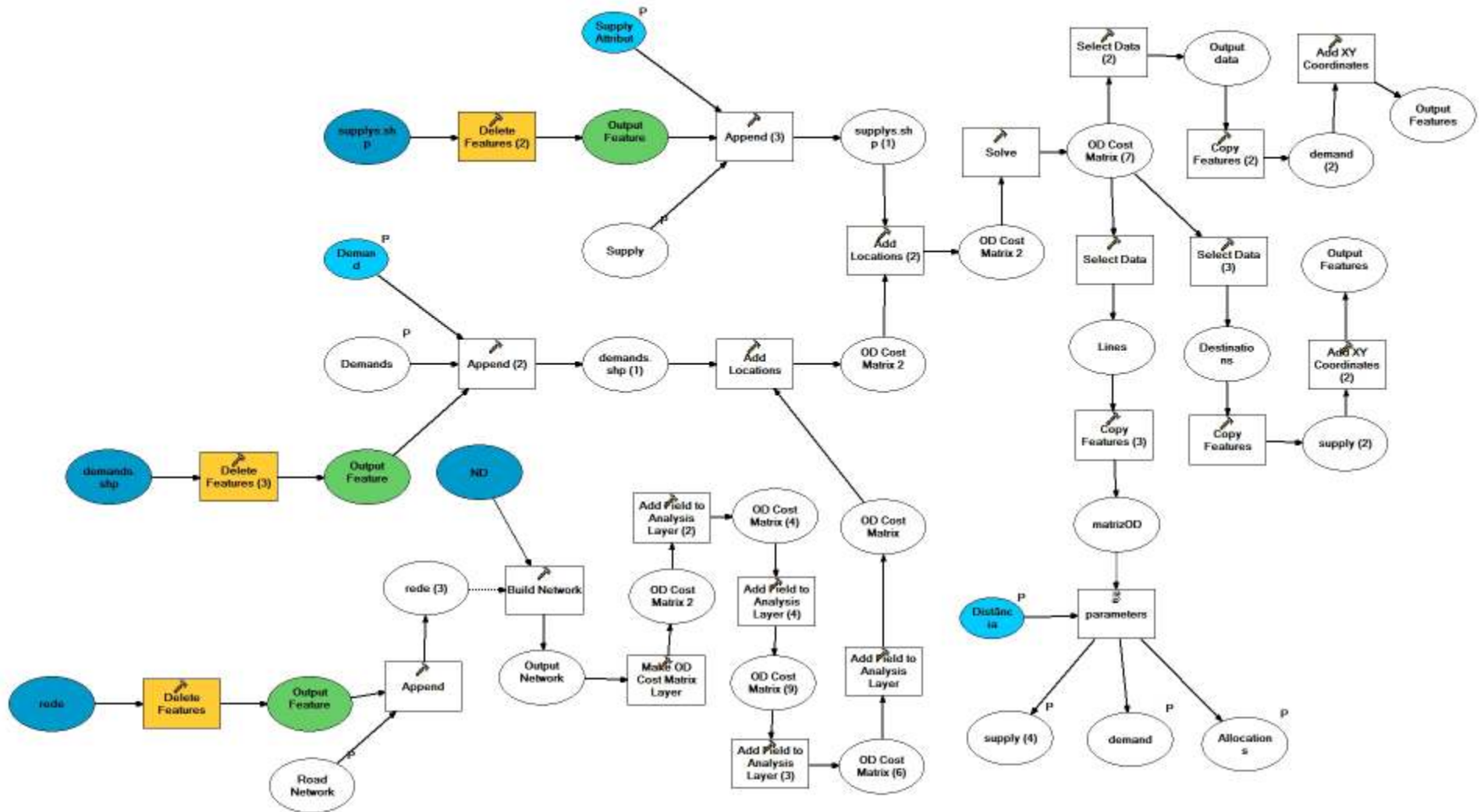
Probing graphs:	0.6s
Writing output:	0.0s
Parsing:	0.0s
Updating status:	0.6s

Output/Input: Stats | Matrix | Solutions | Objective | MP search | BB tree  
User graph: 25

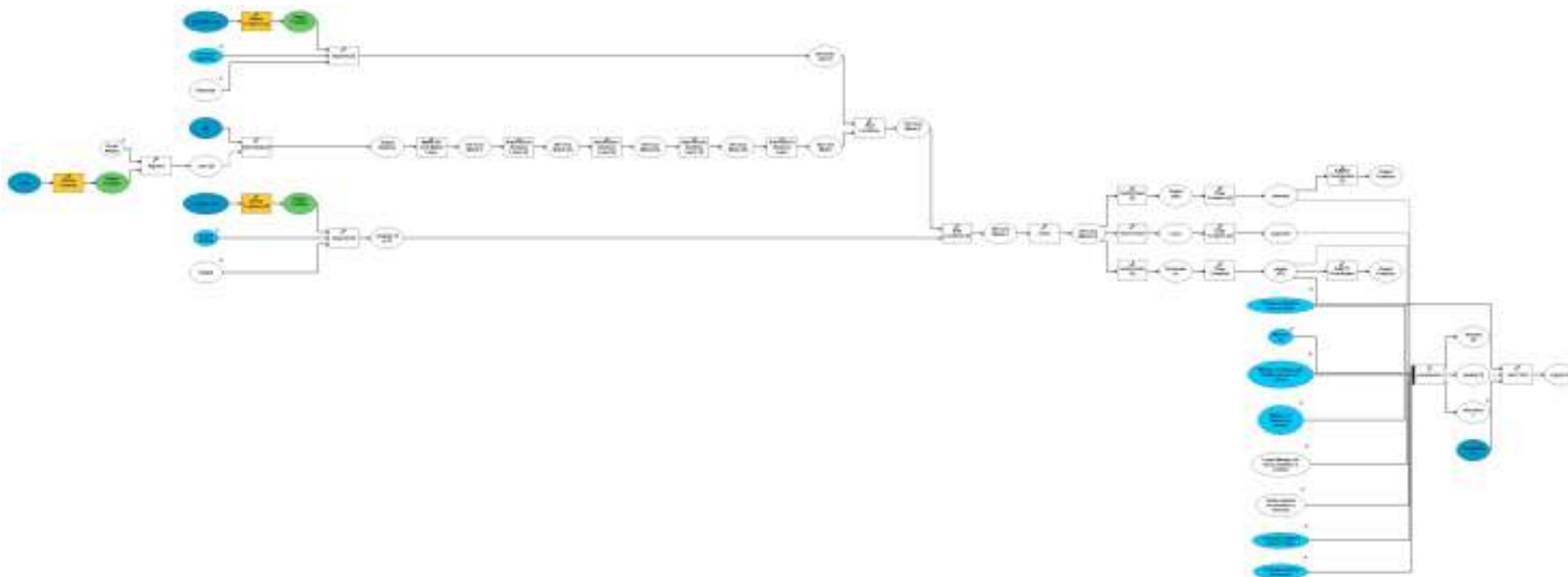
# ARQUITECTURA DO SEADPRE



# SEADPRE – Módulos e Modelos Desenvolvidos



# SEADPRE – Modelos e Módulos Desenvolvidos

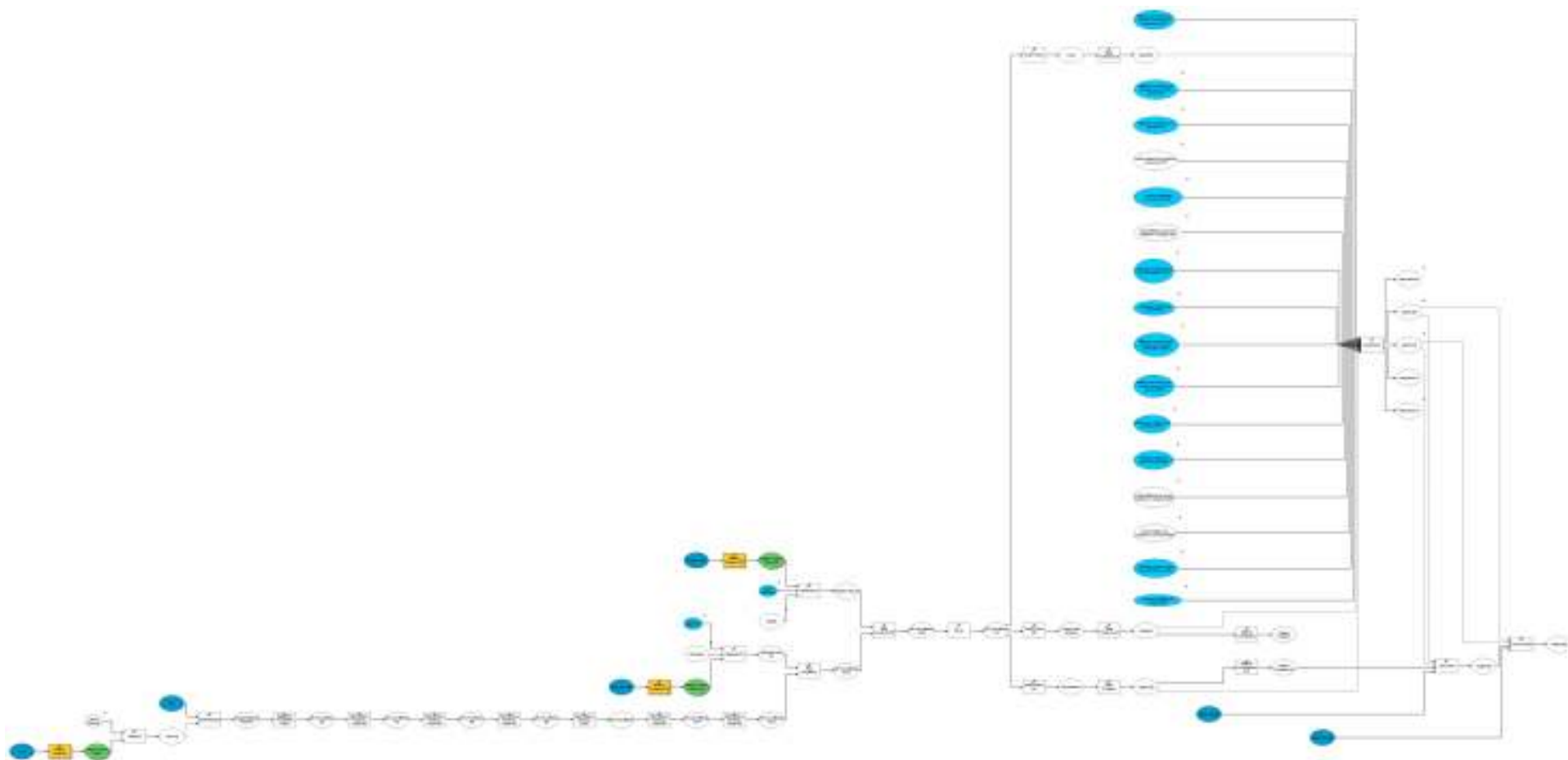


# SEADPRE – Modelos e Mód

Demands

Demand Attributes (optional)

- Name (Text)
- Type (Short)
- Demand (float)



1	Tipologia máxima para Escolas Novas-EB23
5	
	Tipologia mínima de escola-EB23
2	

# SEADPRE - Interfaces

**Módulos do SEADPRE**

- ArcToolbox
  - SEADPRE-Model1-Existing Schools - Students Allocation
  - SEADPRE-Model2-School Redeployment-1 level
  - SEADPRE-Model3-School Redeployment-2 levels

**Entrada de Dados**

**Menu de Ajuda**

Escolha os pontos onde se localiza a procura. Estes deverão possuir os seguintes atributos para que o modelo possa correr com sucesso:

- 1- Name - Campo com um atributo identificador de cada centro de procura (do tipo texto)
- 2- Type - Tipo de centro de procura. Sendo a análise feita à escala da freguesia deverá ter um campo onde os centros de procura são classificados em função do tipo de freguesia, como por exemplo:
  - 0 - freguesia rural;
  - 1- freguesia peri-urbana e/ou com um lugar que seja uma Vila;
  - 2- freguesia urbana e/ou sede de Concelho

**Apresentação Gráfica de Resultados**

**Legenda**

**Resultados**

**Resultado: Solução ótima encontrada**  
 Distância Agregada Total (DA): 31273,5 km  
 Nível 1  
 DA: 11265,6 km  
 Módulos Encomendados: 4  
 Módulos Novos: 18  
 Alunos transportados: 1209  
 DA alunos transportados: 9414,52 km  
 Nível 2  
 DA: 20007,9 km  
 Módulos Encomendados: 3  
 Módulos Novos: 3  
 Alunos transportados: 2103  
 DA alunos transportados: 16220,1 km

**Freguesias por intervalo de Distância**

Intervalo (km)	Nível 1	Nível 2
<1,5	~20	~15
1,54	~10	~15
4-6	~35	~35
6-12	~15	~15
12-20	~10	~10
>20	~5	~5

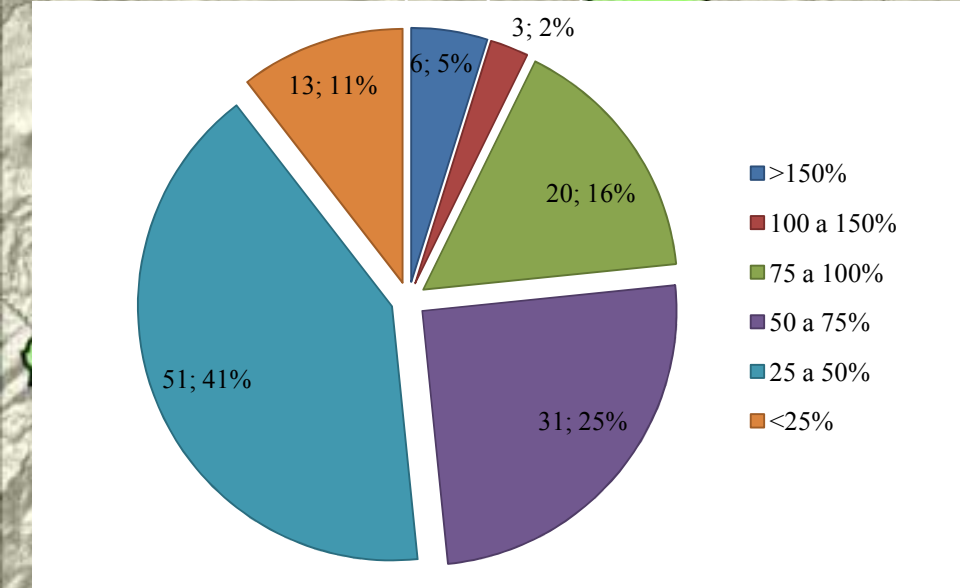
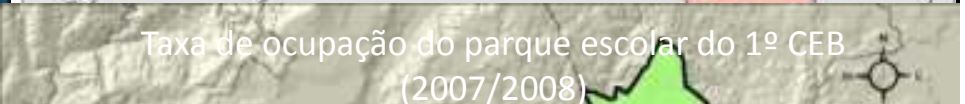
# SEADPRE – Aplicação à AMVDN

- **7 municípios**

- Alijó
- Mesão Frio
- Murça
- Peso da Régua
- Sabrosa
- Santa Marta de Penaguião
- Vila Real

102  
freguesias

- Dinâmica demográfica regressiva
- Previsão de alunos para 2014
  - 1º CEB - 3987 alunos
  - 2º e 3º CEB – 5611 alunos
- Parque Escolar desajustado



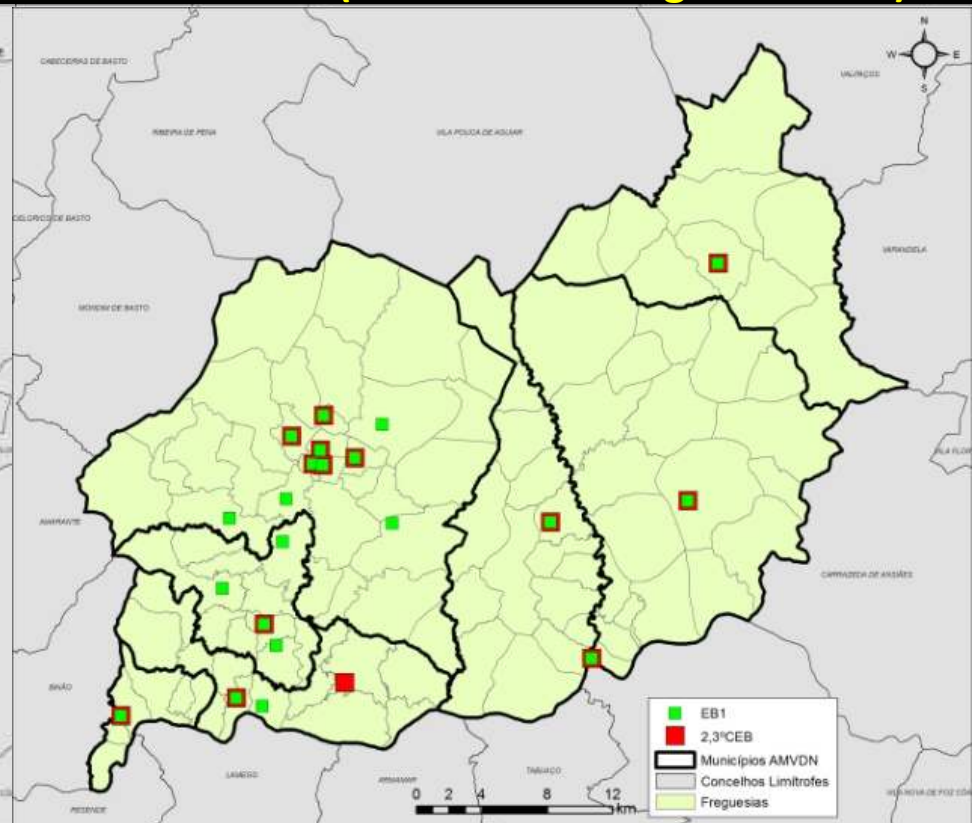
# SEADPRE – Aplicação à AMVDN

- Propostas das Cartas Educativas
  - Redução forte do parque escolar;
  - Concentração da oferta nas sedes de concelho e vilas

Rede Escolar do ensino básico 2006/2007



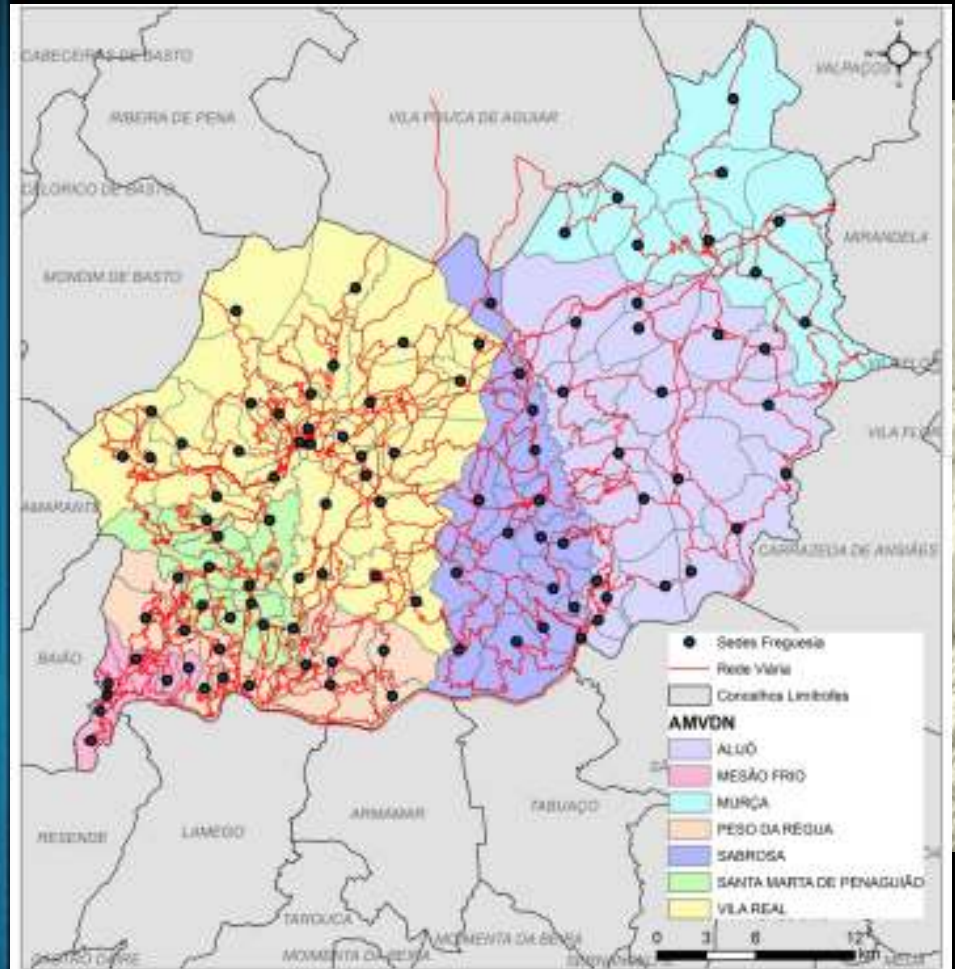
Rede Escolar do ensino básico 2010/2011



# SEADPRE – Aplicação à AMVDN

- Preparação dos dados

- Georeferenciação da procura (sedes de freguesia CAOP 2010)
  - [Dicofre]
  - [Nome]
  - [Nível\_hierárquico]
  - [Procura\_1CEB]
  - [Procura\_23CEB]
- Georeferenciação da oferta (coincidente com a procura)
  - [Dicofre]
  - [Capacidade\_1CEB]
  - [Capacidade\_23CEB]
- Rede Viária
  - Topologicamente corrigida



# SEADPRE – Aplicação à AMVDN

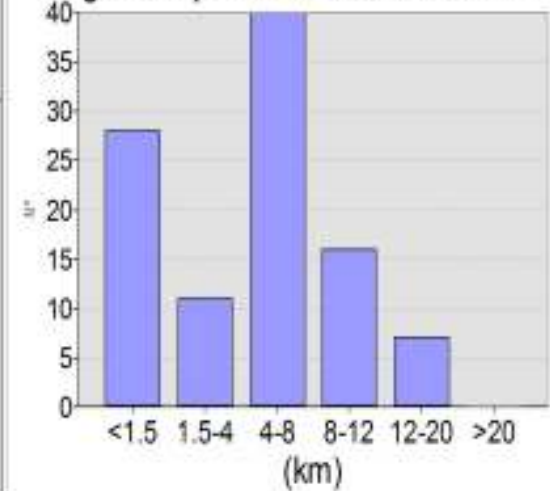


# SEADPRE – Aplicação à AMVDN

## PROPOSTA SEADPRE- 1º CEB (módulo 1)



Freguesias por Intervalo de Distância

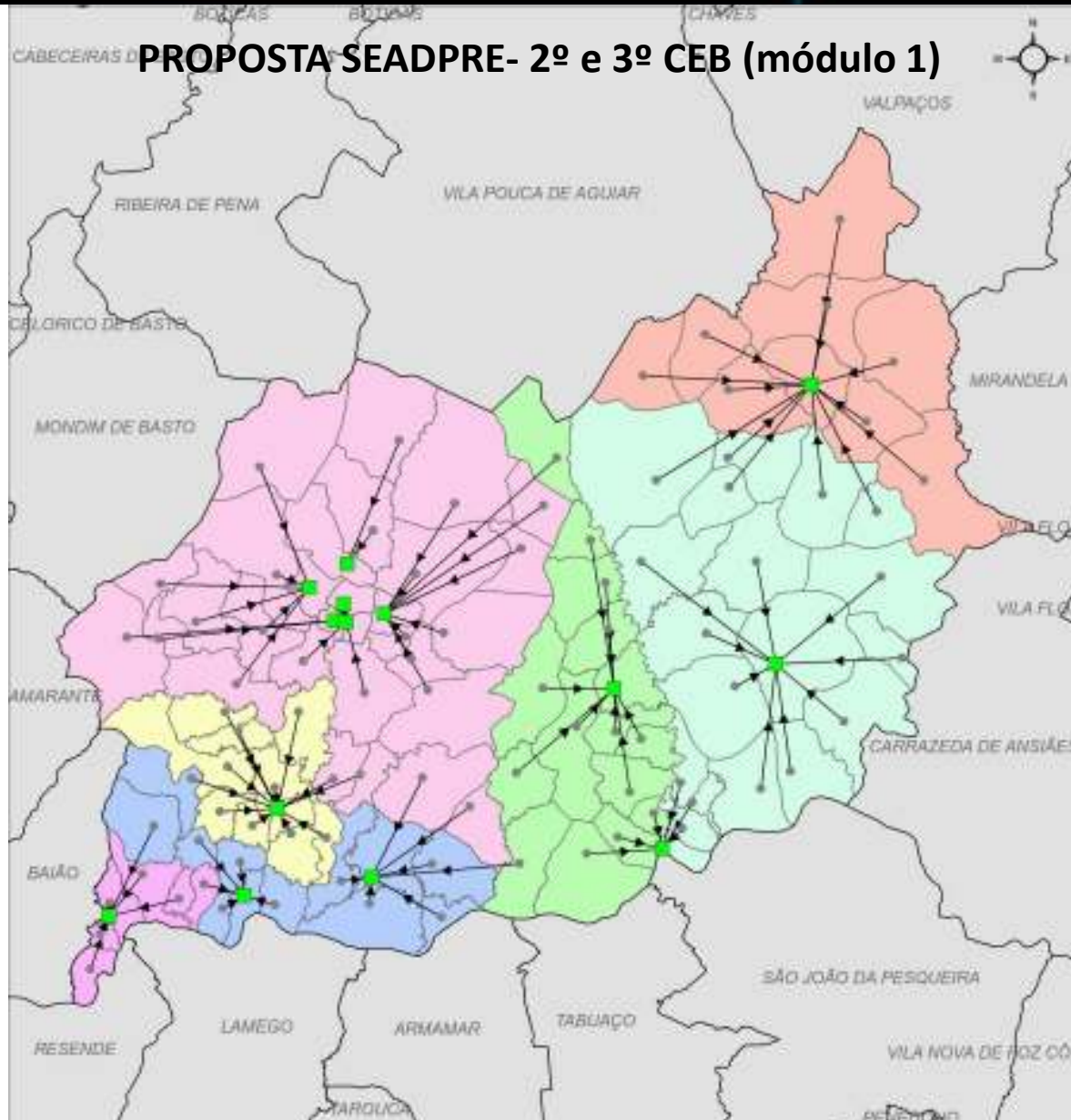


Distância Agregada(DA): 8783.4 km  
Alunos Transportados: 1105  
DA (alunos transportados): 7701.15 km

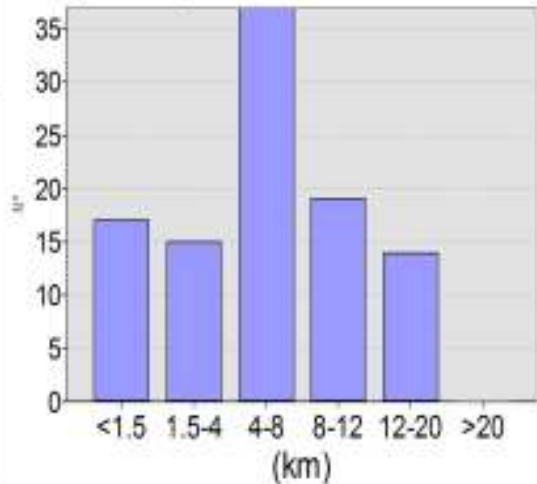


# SEADPRE – Aplicação à AMVDN

## PROPOSTA SEADPRE- 2º e 3º CEB (módulo 1)



Freguesias por Intervalo de Distância



Distância Agregada(DA): 19088.4 km  
Alunos Transportados: 2012  
DA (alunos transportados): 15633.5 km

- supply
- demand
- allocations
- CANCELHOS LIMITROFES

### AMVDN

- ALIJÓ
- MESÃO FRIO
- MURÇA
- PESO DA RÉGUA
- SABROSA
- SANTA MARTA DE PENAGUIÃO
- VILA REAL

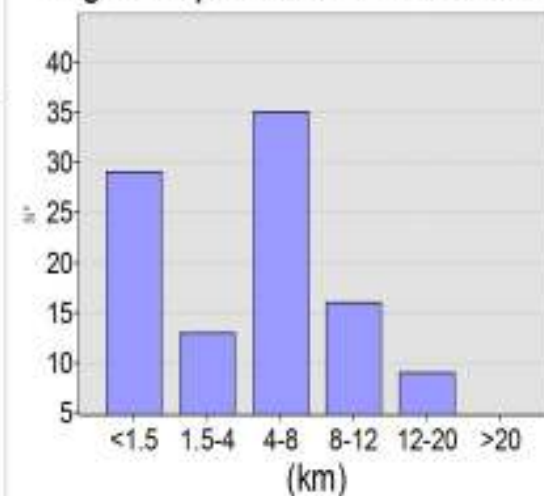
0 3 6 12 km

# SEADPRE – Aplicação à AMVDN

## PROPOSTA SEADPRE- 1ºCEB (módulo 2)



Freguesias por Intervalo de Distância



Dados:

Máximo de Módulos a Encerrar: ∞

Máximo de Módulos a Abrir: ∞

Resultado: Solução óptima encontrada

Distancia Agregada(DA): 8454.18 km

Módulos Encerrados: 10

Módulos Novos: 17

Alunos transportados: 972

DA alunos transportados: 7133.79 km

supply

- ▲ manutenção
- encerramento
- ampliação
- abertura
- ⊗ redução
- demand

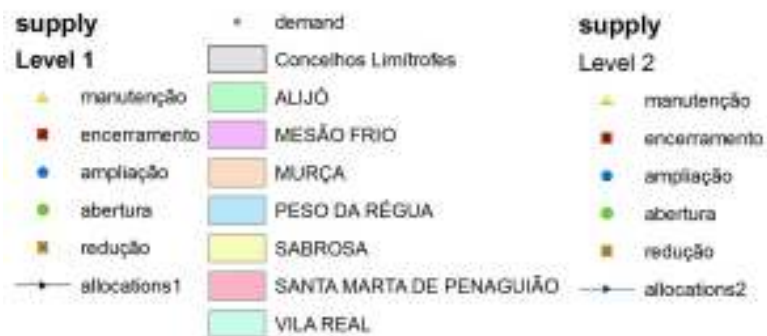
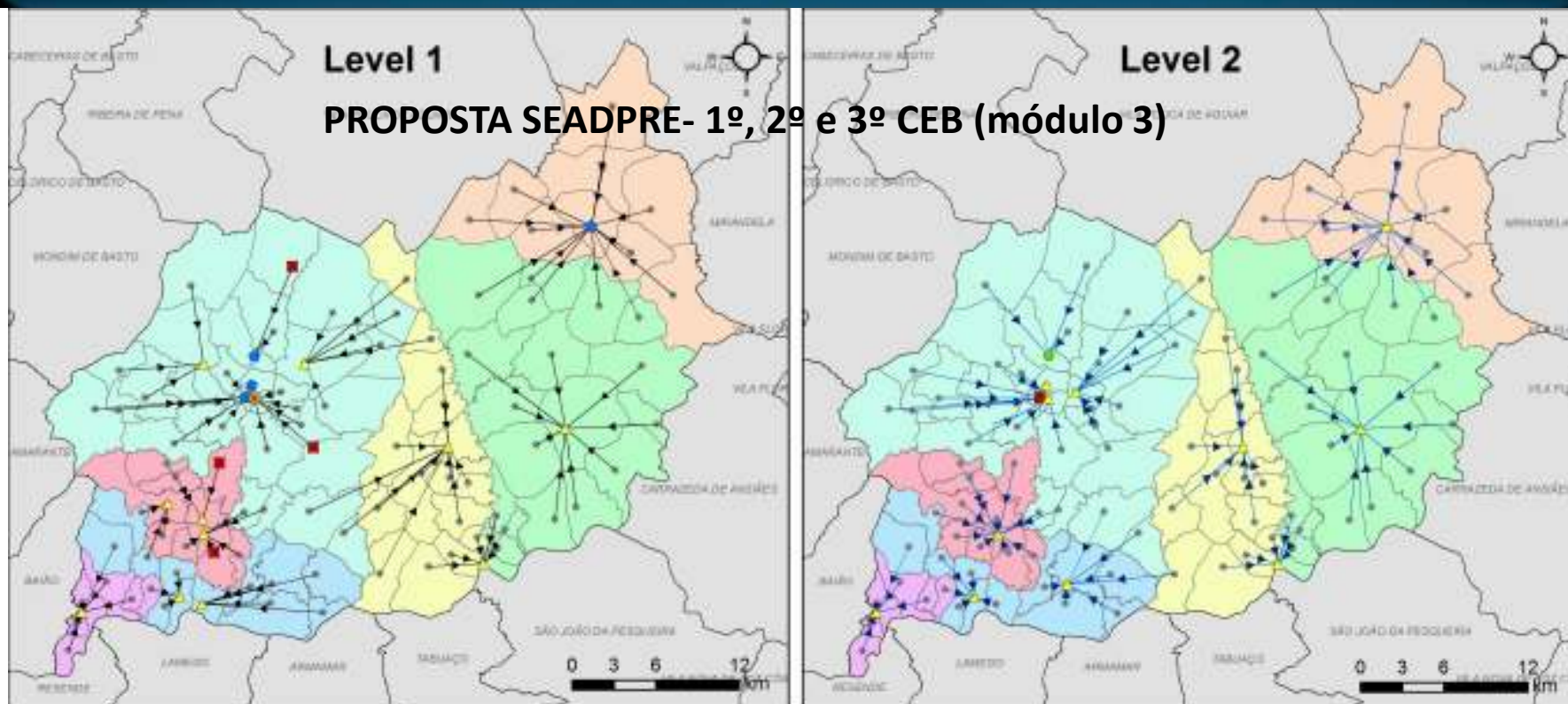
→ allocations

Concelhos Limitrofes

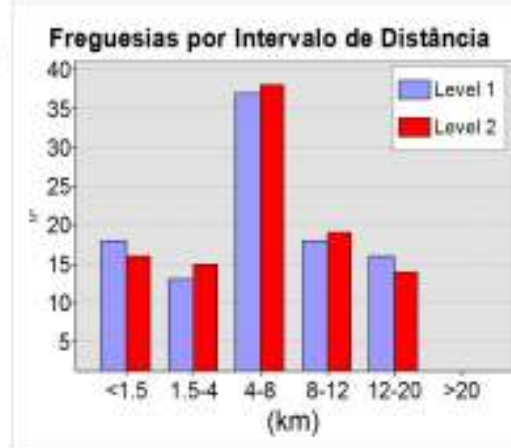
**AMVDN**

- ALIJÓ
- MESÃO FRIO
- MURÇA
- PESO DA RÉGUA
- SABROSA
- SANTA MARTA DE PENAGUIÃO
- VILA REAL

# SEADPRE – Aplicação à AMVDN



Resultado: Solução ótima encontrada  
 Distancia Agregada Total (DA): 32833.3 km  
 Nivel 1  
 DA: 12825.4 km  
 Módulos Encerrados: 7  
 Módulos Novos: 8  
 Alunos transportados: 1355  
 DA alunos transportados: 10894.7 km  
 Nivel 2  
 DA: 20007.9 km  
 Módulos Encerrados: 2  
 Módulos Novos: 3  
 Alunos transportados: 2103  
 DA alunos transportados: 16220.1 km



## Próximos passos..

- Procurar formatar o SEADPRE de modo a poder ser partilhado e/ou utilizado *online*  
(Geoprocessing Model and Script Tool Gallery)
- Avaliar o desenvolvimento directamente na plataforma ArcGIS sem recurso a software de optimização externo  
(nova função location-allocation do ArcGIS 10 ??)
- Recorrer a softwares de optimização open-source (GLPK, Ip\_solve, etc.)

# DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ESPACIAL DE APOIO À DECISÃO PARA O PLANEAMENTO DE REDES ESCOLARES

## Agradecimentos:

- FCTUC da Universidade de Coimbra  
*(Prof. Dr. António Pais Antunes)*
- Escola de Ciências e Tecnologia da UTAD  
*(Prof. Dr. Luís Ramos)*
- Fair Isaac Corporation  
*(FICO™ Xpress Optimization Suite 7.0)*

## SEADPRE



**Ricardo Bento**

[rbento@utad.pt](mailto:rbento@utad.pt)

Grupo de Estudos Territoriais da UTAD  
Escola de Ciências e Tecnologia

 **EUE 2011**  
9º Encontro de Utilizadores Esri Portugal  
**Visão Unívoca**

 **esri** Portugal